

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCIV.

1907

---

SERIE QUINTA

---

RENDICONTI

---

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

---

VOLUME XVI.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1907

trazione minore di emoglobina e si compia con maggiore intensità, che non in presenza di soluzioni più concentrate di catalasi. Solo per soluzioni concentratissime, si vede anche qui una maggiore facilità di ossidazione della resina, dovuta evidentemente alla maggior concentrazione di ossigeno.

Anche adoperando argento colloidale, invece di emoglobina, i risultati sono gli stessi, sebbene meno evidenti, perchè l'argento ha anche azione catalasica notevole.

Concludendo possiamo dire, che esiste un antagonismo tra l'azione della catalasi e quella dell'emoglobina, o in genere delle perossidasi, rispetto alla ossidazione della resina di guaiaco per opera dei perossidi, cioè rispetto alla formazione di ossigeno attivo. Quanto maggiore — entro certi limiti — è la concentrazione della catalasi, tanto maggiore deve essere anche quella della perossidasi, per ottenere l'ossidazione. Questa è la dimostrazione diretta dell'azione protettiva che la catalasi esercita di fronte alla perossidasi, distruggendo e rendendo innocui i perossidi nell'organismo.

**Fisiologia.** — *Sulla fisiologia del cuore dei pesci Teleostei* (1).  
Nota di WILHELMINA KOLFF, presentata dal Socio L. LUCIANI.

Sono relativamente poco numerose e sparse le notizie che noi possediamo sulla fisiologia del cuore nella classe dei pesci, epperò ho creduto opera utile istituire su quest'oggetto in alcuni Teleostei d'acqua dolce (*Barbus fluviatilis*, *Telestes muticellus*, *Anguilla vulgaris*) una serie sistematica di ricerche sperimentali le quali riguardano: 1° l'attività normale del cuore ed i meccanismi sussidiari della propulsione del sangue; 2° la registrazione grafica dei movimenti del cuore e l'analisi dei loro principali caratteri; 3° i riflessi cardiaci; 4° l'azione del vago sul cuore; 5° gli effetti delle modificazioni della temperatura ambiente sull'attività cardiaca. Comunicherò nella presente Nota i risultati sintetici di queste ricerche: l'esposizione particolareggiata di esse sarà pubblicata tra breve.

1°. *L'attività normale del cuore ed i meccanismi sussidiari della propulsione del sangue.* — Le condizioni circolatorie del sangue nei pesci sono specialissime. Come è noto, il cuore è composto di un ventricolo unico e di una unica orecchietta; ed anche il circolo del sangue è unico perchè la rete capillare branchiale respiratoria è intercalata direttamente tra il cuore e l'aorta discendente o dorsale che irrorà tutto il corpo di sangue arterioso. La posizione e l'entità di questa rete capillare costituiscono una condizione particolarmente sfavorevole per l'esplicazione dell'attività cardiaca. Infatti la presenza di un'estesa rete capillare subito al principio del circolo

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto di Fisiologia della R. Università di Roma.

sanguigno deve di certo rallentare notevolmente l'impeto del sangue ed attenuare di molto la pressione che potesse avere appena uscito dal cuore. Ma poi è anche probabile che quest'impeto e questa pressione non siano molto energici perchè la delicatezza degli endotelii capillari non reggerebbe nè all'uno nè all'altra. Ne viene di conseguenza che già a priori possiamo ritenere che nei pesci la propulsione circolatoria non può essere molto energica e che, comunque, essa non debba dipendere che in piccola parte dall'attività cardiaca. Infatti molte osservazioni militano a favore di questa tesi. Il ventricolo del cuore è nei Teleostei relativamente piccolo e debole (Brünings 1899); al microscopio non si osserva, come pure rilevò Brünings, nelle condizioni normali un polso arterioso nei vasi periferici. La pressione sotto la quale il sangue si trova nell'alveo circolatorio è tanto esigua che quando si tiene un pesce verticale colla testa in basso, il seno venoso e l'orecchietta del cuore si gonfiano oltremodo ed il cuore non è più capace a vuotarsi (Hill 1898). Quando in questa condizione si taglia la coda al pesce non si vede uscire neppure una goccia di sangue (Brünings 1899). Ciò stabilito resta il problema da quali forze sussidiarie il sangue circolante è mosso. Già alcuni autori hanno raccolto osservazioni in proposito. Schönlein (1896) rileva che nei selacei esiste una pressione negativa nella cavità pericardica, pressione negativa la quale è aumentata notevolmente durante ogni sistole ventricolare per la diminuzione di volume del cuore che vi corrisponde, e perchè il foglietto parietale del pericardio è formato da una membrana rigida intimamente attaccata agli organi circostanti al cuore, sicchè funge da parete fissa. Per queste disposizioni il sangue venoso viene aspirato continuamente e con ritmici acceleramenti nel seno venoso e nell'orecchietta del cuore. Queste disposizioni speciali che favoriscono la circolazione venosa vennero trovate da Brünings quasi identiche anche nei teleostei. Egli nega però che in questi esista una pressione negativa all'infuori della durata della sistole, ed attribuisce al cuore chiuso nella cavità pericardica, le funzioni di una pompa aspirante e premente. Al bulbo aortico, organo non contrattile ma eminentemente elastico compete la funzione di attenuare l'impeto delle ondate sistoliche e di mantenere nell'aorta ascendente o ventrale e nelle arterie branchiali una pressione moderata ed eguale ed una corrente continua. Grande importanza per la propulsione del sangue hanno poi anche i movimenti respiratori. Già Brünings rilevò che durante l'inspirazione la cavità del pericardio aumenta; la pressione negativa che vi esiste cresce quindi, e con essa l'aspirazione del sangue venoso. Schönlein che registrò le oscillazioni della pressione sanguigna in diversi vasi di alcuni selacei (Raja, Torpedo, Scyllium) vide un innalzamento della pressione ad ogni aspirazione: non potè constatare alcun effetto dell'inspirazione. Finalmente tutti gli autori attribuiscono anche nei pesci grande importanza per la propulsione del sangue alle contrazioni muscolari nei movimenti del corpo.

Nelle specie sulle quali io ho sperimentato potei confermare in parte le vedute degli autori precedenti, ed aggiungere qualche ulteriore notizia. Innanzi tutto confermai nei barbi e nei telestes l'esistenza di una pressione negativa; nelle condizioni normali il cuore riempie quasi tutta la cavità del pericardio: appena inciso questo, esso si rimpiccolisce tanto da non occupare che una parte assai minore di essa. Siccome poi in queste specie il foglietto parietale del pericardio è costituito da una membrana rigida ed attaccata intimamente agli organi circostanti, anche qui deve aver luogo ad ogni sistole un maggiore abbassamento della pressione pericardica. Nelle anguille invece i foglietti parietale e viscerale sono riuniti da fasci connettivali ed il pericardio stesso non è tanto teso, sicchè non pare che qui si verifichino condizioni identiche. Per quel che riguarda l'influenza dei movimenti respiratorii sulla propulsione del sangue, potei dimostrare una triplice azione di essi. Innanzi tutto ha luogo ad ogni movimento ispiratorio un allargamento della cavità pericardica per il raddrizzamento del cingolo scapolare. Questo fatto si può dimostrare eseguendo una limitatissima incisione longitudinale nel pericardio messo allo scoperto: ad ogni ispirazione si vede allargarsi l'apertura. Un secondo fattore importante è che le oscillazioni della pressione esistente durante l'inspirazione e l'espiazione nel cavo orobranchiale si trasmettono alla cavità del pericardio attraverso la parete mobile che separa quello da questa. L'azione in questione si dimostra facilmente incidendo largamente il pericardio e riempiendo la sua cavità con una goccia d'acqua; allora si vede che la superficie del liquido ad ogni ispirazione si abbassa, ad ogni espiazione si innalza. Finalmente vi è una terza azione. Ad ogni ispirazione la pressione della cavità orobranchiale diventa negativa, ad ogni espiazione aumenta notevolmente. I vasi capillari delle branchie sono quindi esposti alternativamente ad una compressione che tende a cacciare il sangue nelle arterie epibranchiali, e ad un rilasciamento che permette un più ampio richiamo di sangue dall'aorta ventrale. Questa triplice azione si può dimostrare mediante una lieve modificazione dell'esperimento sopra descritto di Brünings. Quando si taglia la coda ad un pesce e lo si tiene verticale colla testa in basso, non esce sangue dalla ferita; ma appena s'immerge la testa dell'animale in un recipiente di acqua, sicchè possa eseguire regolari movimenti respiratorii, un po' di sangue comincia a stillarne. L'importanza delle contrazioni muscolari nei movimenti del corpo si può pure osservare in questo esperimento, perchè quando l'animale eseguisce uno sforzo per svincolarsi, si vede il sangue uscire dalla ferita in quantità notevolmente più abbondante. Fin qui quel che riguarda l'attività dinamica del cuore. Ora passiamo ad un altro attributo di essa: la frequenza.

Quale sia la frequenza assoluta e relativa del polso cardiaco nei pesci è un problema ancora assai dibattuto. Schönlein che registrò le curve della pressione sanguigna in diverse arterie di Selacei, nota che la frequenza as-

soluta del polso era 50 per 1' nell'estate e 16 nell'inverno, mentre il rapporto relativo tra frequenza respiratoria e cardiaca soleva avvicinarsi assai a  $\frac{1}{4}$ . Inoltre egli trovò che le modificazioni della frequenza cardiaca e respiratoria vanno sempre parallele. Brünings dedicò uno studio più completo alla questione. Egli trovò che il cuore di *Leuciscus dobula* è tanto sensibile agli stimoli abnormi che non è possibile stabilirne la frequenza nè coll'osservazione diretta mettendolo allo scoperto, nè mediante l'agopuntura. Ricorse perciò all'esame microscopico della corrente sanguigna e trovò che nei vasi della pinna caudale trasparente, si ha in condizioni normali una corrente continua: quando si comprime leggermente la coda si rendono manifeste, ritmiche accelerazioni che sono sincrone colla respirazione: in un esemplare di *Leuciscus* ne contò 68 all'1'. Comprimendo più fortemente si sostituì al primo un altro ritmo assai più lento di 18 per 1'. Ora Brünings ritiene che le accelerazioni sincrone coi movimenti respiratorii fossero la espressione dell'influenza di questi sulla circolazione sanguigna, mentre crede che quelle meno frequenti fossero veri polsi cardiaci. Secondo Brünings dunque la frequenza dei battiti cardiaci sarebbe notevolmente minore di quelli respiratorii.

Io stessa istituii una lunga serie di osservazioni e ricerche sulla frequenza assoluta dei battiti cardiaci e su quella relativa in rapporto ai movimenti respiratorii. A questo scopo cercai innanzi tutto di stabilire esattamente quale sia il numero dei movimenti respiratorii eseguiti normalmente dai pesci che mi servirono da oggetto, e di qual segno siano le modificazioni della loro frequenza per le diverse manipolazioni sperimentali. Trovai che la frequenza respiratoria assoluta contata nei pesci nuotanti liberi nella vasca varia assai. Ottenni coi *Telestes* le seguenti cifre: 65 (peso del corpo 80 g.); 56 (p. 120 g.); 60 (p. 145 g.); 36 (p. 219 g.); alla temperatura media di 12° C., trovai 60-72 (p. 62 g.); 68 (p. 90 g.); 60 (p. 103 g.); 70 (p. 150 g.); 70 (p. 153 g.); 48 (p. 219 g.); 78 (p. 227 g.); tantochè non appare molto manifesta la correlazione tra la mole dell'animale e la frequenza dei suoi movimenti respiratorii (Ducceschi 1904) nemmeno quando si tiene conto dell'influenza della temperatura (Kuiper 1907). Ancora minor regolarità trovai nelle modificazioni che la frequenza respiratoria subisce per effetto delle diverse manipolazioni sperimentali, quali l'avvolgere l'animale in una fascia per immobilizzarlo, il fissarlo nell'apparecchio di contenzione, gli atti operatorii per mettere allo scoperto il cuore, ecc. Spesso la frequenza aumentò, altre volte diminuì, senza che mi fosse possibile indicare il motivo di questa irregolarità. Per quel che riguarda la frequenza dei battiti cardiaci cercai stabilirla nell'anguilla mediante la semplice ispezione e colla registrazione grafica mediante l'applicazione di una leva scrivente sulla parete toracica. Trovai anche qui cifre assolute non del tutto identiche; però per anguille lunghe 35 cm. di un peso approssimativamente uguale, trovai nei diversi casi una frequenza

cardiaca media che si può rappresentare colle seguenti cifre scelte a caso nei miei protocolli:

Temperatura	Frequenza cardiaca	Frequenza respiratoria
10-12°	46	36
13-14°	58	40
21°	60	48

Da queste cifre risulterebbe che la frequenza cardiaca è nell'anguilla in condizioni normali o quasi, maggiore di quella respiratoria. Nei barbi e telestes è impossibile ispezionare o registrare con metodi incruenti il polso cardiaco. Qui io cercai contare le pulsazioni al microscopio in un vaso della pinna caudale. Mi riuscì sicuramente una sol volta con un barbo, ove trovai: frequenza pulsazioni 60-68, frequenza resp. 72-80 per 1'. Scoperto subito dopo il cuore, trovai una frequenza di 66 per 1'. Questi dati non collimano con quelli di Brünings, però il metodo mi è sembrato troppo incerto per continuare le ricerche con esso. Epperò esegui un'altra serie di osservazioni mettendo a nudo il solo pericardio, ovvero il cuore stesso. All'incontro di quanto trovò Brünings, mi riuscì facile constatare che determinando in questo modo la frequenza cardiaca nello stesso animale nelle identiche condizioni, per un certo tempo si ottengono dati più costanti. Variano invece assai le cifre assolute da animale ad animale, anche tenuto conto delle differenze di mole e di temperatura. Variano poi ancora di più da animale ad animale le modificazioni che la frequenza subisce per le medesime manipolazioni, quali le incisioni del pericardio ecc. Anche la frequenza respiratoria mostra modificazioni del tutto irregolari in queste stesse condizioni, mentre anch'essa resta costante quando le condizioni sperimentali restano identiche.

Il rapporto tra la frequenza cardiaca e respiratoria si è trovato nella specie barbus e telestes all'inverso di quanto si era trovato nelle anguille essendo più frequenti i movimenti respiratorii. Finalmente è da osservarsi che la frequenza respiratoria e la cardiaca non si sogliono affatto modificare parallelamente; nello stesso animale per la stessa causa l'uno può crescere mentre l'altro diminuisce.

Riporto qui alcune cifre desunte dai protocolli per la frequenza cardiaca di alcuni telestes alla temperatura media di 8°. Contai a cuore scoperto: 52 (p. 108 g.); 49 (p. 80 g.); 50 (p. 120 g.); 46 (p. 145 g.); 42 (p. 219 g.); alla temperatura media di 12° C. invece nelle stesse condizioni: 58 (p. 110 g.); 49 (p. 150 g.); 60 (p. 153 g.); 48 (p. 227 g.); 51 (p. 219 g.); 54 (p. 90 g.); 56 (p. 173 g.); 60 (p. 62 g.); 46 (p. 62 g.).

Riassumendo ho trovato in riguardo alla frequenza normale dei battiti cardiaci delle anguille una certa regolarità ed una frequenza superiore a quella respiratoria; nei barbi e telestes una grande irregolarità nella frequenza che sembra completamente indipendente da quella respiratoria ch'è sempre maggiore di essa.

2°. *La registrazione grafica dei movimenti cardiaci.* — Brünings sostiene che il cuore dei Teleostei è tanto eccitabile che messo a nudo pulsa in modo del tutto incoordinato sicchè non si presta nè all'osservazione nè alla registrazione dei suoi movimenti. Wesley Mills (1886) sperimentando con *Batrachus Tau* e con raje, e Mc William (1885) invece lavorando sull'anguilla, registrarono curve di movimenti del cuore sia isolato sia anche in situ. Anch'io ho trasmesso e registrato in numerosissimi tracciati i movimenti del cuore delle tre specie di Teleostei sopranominati. Mi sono servita della tecnica della sospensione di Engelmann trascrivendo con doppio miografo contemporaneamente ora i movimenti dell'orecchietta e del ventricolo, ora, e fu il più delle volte, quelli del ventricolo insieme a quelli respiratorii della mandibola. Gli animali venivano perciò fissati nell'apparecchio a ventre in alto, in una bacinella di smalto ad acqua circolante e continuamente rinnovata. È notevole che in queste condizioni dopo un primo periodo variamente lungo (circa 15'-30') nel quale i movimenti del cuore si mostravano talvolta assai irregolari, soleva quasi sempre seguire un periodo ove tanto i movimenti cardiaci che quelli respiratorii acquistavano un carattere di regolarità quasi perfetta, tanto da restar quasi esattamente costante sia l'ampiezza che la frequenza dei due ordini di movimenti. Questo periodo costante si prolungava spesso per più ore, perfino per una giornata intera, purchè la temperatura dell'acqua si mantenesse uguale. È difficile dire fino a qual punto è lecito paragonare i movimenti di questo periodo costante a quelli normali. Essi mostravano sempre aver subito un certo acceleramento per effetto della legatura e sospensione, ma il carattere di completa costanza da essi mostrato spesso per tante ore di seguito sembra dimostrare che se nelle esperienze descritte il cuore non si trova in condizioni di vita identiche alle normali, si sia però stabilito un nuovo equilibrio funzionale, sicchè i tracciati ottenuti sembrano potersi a buon diritto considerare come l'espressione abbastanza fedele dell'attività dell'organo, e paragonabili a quelli che si ottengono collo stesso metodo dagli animali delle altre classi di vertebrati. Riproduco qui alcuni di questi tracciati regolari o costanti ed aggiungo poche parole di commento.

Vediamo prima la fig. 1 ove è registrata contemporaneamente la curva delle contrazioni del ventricolo e dell'orecchietta. Nella curva del ventricolo si rileva un brusco innalzamento sistolico (sistole), seguito da un altrettanto brusco abbassamento diastolico (diastole) e da una pausa diastolica non molto accentuata. La curva dell'orecchietta presenta anch'essa un innalzamento sistolico (presistole) ed un abbassamento diastolico seguito da una pausa diastolica più lunga di quella del ventricolo. In questa pausa si nota pure un lieve innalzamento il cui apice è sincrono all'apice sistolico. Probabilmente si tratta di uno spostamento meccanico dell'orecchietta per opera della pulsazione ventricolare. Per quel che riguarda il rapporto nel tempo tra le

contrazioni ventricolari e quelle dell'orecchietta, risulta dal tracciato che la sistole sussegue immediatamente alla presistole, la quale è più breve e meno intensa di quella.

Dai tracciati riprodotti nella fig. 2 ove è stata registrata la curva dei movimenti respiratorii della mandibola e quelli ventricolari si può rilevare anche più che dal precedente, la grande regolarità e costanza sia dell'uno sia dell'altro di questi ordini di movimenti. Qui colpisce poi anche la quasi

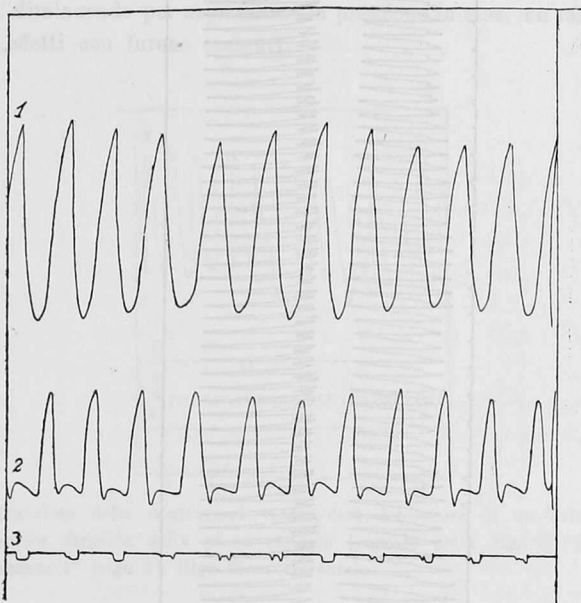


FIG. 1. — Tracciato delle contrazioni del ventricolo (riga 1) e dell'orecchietta (riga 2) del cuore di un barbo. Il segnale del tempo (riga 3) marca i  $\frac{2}{3}$  di 1'. Temperatura dell'acqua 20° C.

identità del loro ritmo; mentre la frequenza respiratoria infatti è 116, quella del ventricolo è di 117 per 1' (<sup>1</sup>).

3°. *I riflessi cardiaci.* — Sulla natura e sui caratteri dei riflessi cardiaci nei pesci non esiste accordo tra gli autori. Alcuni come Wesley Mills e Mac William dicono che mentre il cuore degli altri vertebrati è poco influenzabile in via riflessa, nei pesci è facilissimo ottenere riflessi per svariati stimoli periferici anche lievi. J. Thesen invece sostiene che è ben facile influenzare in via riflessa nei pesci i movimenti respiratorii, ma che il cuore si

(<sup>1</sup>) Nella curva del ventricolo è indicato leggermente il fenomeno spesso assai più pronunziato di una apparente periodicità della grafica cardiaca di cui qui non mi occuperò. Ne tratterò a lungo nel lavoro esteso.



mostra del tutto refrattario. Schönlein finalmente scrive che il cuore reagisce per stimoli riflessi ma soltanto in quanto questi modificano il ritmo respiratorio, per una specie di irradiazione del riflesso dal centro respiratorio

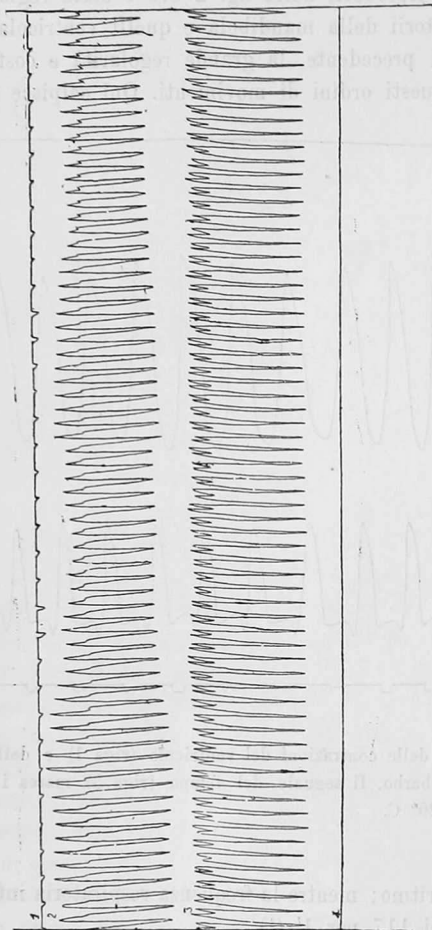


FIG. 2. — Tracciato dei movimenti respiratori (riga 3) della mandibola e delle contrazioni ventricolari del cuore (riga 2) di un *Telestes*. Il segnale del tempo (riga 1) marca 1". Riga 4 = orizzontale. Temperatura dell'acqua 19° C.

a quello cardiaco. Io stessa ho eseguito numerose esperienze per venire in chiaro di questo problema. Come primo risultato sicuro trovai che si possono provocare costantemente e facilmente riflessi cardiaci per stimoli elettrici o meccanici anche leggeri di diversissimi organi periferici. Regolarmente

li ho ottenuti dalla cute del corpo, specie dalla pinna caudale, dalla fessura opercolare ed anche dalle appendici buccali dei barbi; senza effetto rimase la stimolazione elettrica del n. olfattorio e del ramo laterale del vago. Evidenti effetti invece si ebbero dalla stimolazione elettrica e per insufflazione della vescica natatoria. La natura di queste reazioni riflesse del cuore non fu sempre identica. Per lo più si ebbe un rallentamento con tendenza a prolungarsi delle pause diastoliche del ventricolo. Aumentando la pressione insufflando aria nella vescica natatoria osservai per lo più un acceleramento dei battiti, diminuendo per aspirazione la pressione in essa, un rallentamento, ma questi effetti non furono costanti.

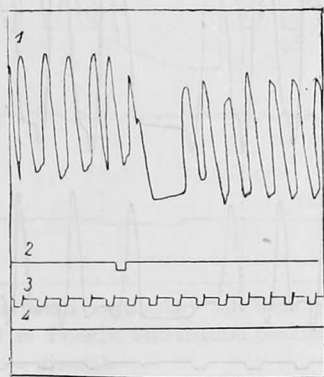


FIG. 3. — Tracciato delle contrazioni ventricolari del cuore di un *Telestes* (riga 1). Stimolazione faradica della pinna caudale (segnale nella riga 2). Il segnale del tempo marca 1'' (riga 3). Riga 4, = orizzontale.

Per quel che riguarda la questione sul rapporto tra i riflessi respiratorii e quelli cardiaci ho potuto constatare che la reazione riflessa dell'apparato respiratorio insorge regolarmente dietro uno stimolo più leggero di quello che occorre per provocare un riflesso cardiaco, ed inoltre che questo quando insorge, insorge sempre un poco più tardi del riflesso respiratorio. Se ciò avviene perchè la soglia dello stimolo è assai più bassa per i riflessi respiratorii che per quelli cardiaci, oppure se ha luogo una vera irradiazione del riflesso dal centro respiratorio a quello cardiaco resta tuttora insoluto.

Un particolare interessante che risulta dai tracciati ove registrai contemporaneamente la curva delle contrazioni dell'orecchietta e del ventricolo è, che la reazione riflessa di quella precede sempre la reazione di questo, mentre questo poi non manca mai quando è avvenuta quella. La forma della reazione auricolare è fondamentalmente quella della reazione ventricolare: un allungamento delle pause diastoliche. Dopo il taglio bilaterale del ramo

viscerale del vago non è più possibile provocare riflessi cardiaci. Questo fu già rilevato da Schönlein che paralizzava il vago con l'atropinizzazione ed anche da Bethe (1905) per i Selacei ed io lo potei confermare per i Teleostei.

4°. *L'azione del vago sul cuore.* — Già i fratelli Weber (1845) affermarono che l'azione inibitrice del vago sul cuore da loro scoperta si può pure dimostrare nei pesci. Schönlein, Bottazzi (1901), Bethe (1903) confermarono questa osservazione per i Selacei, Mc William per l'anguilla. Anch'io ottenni

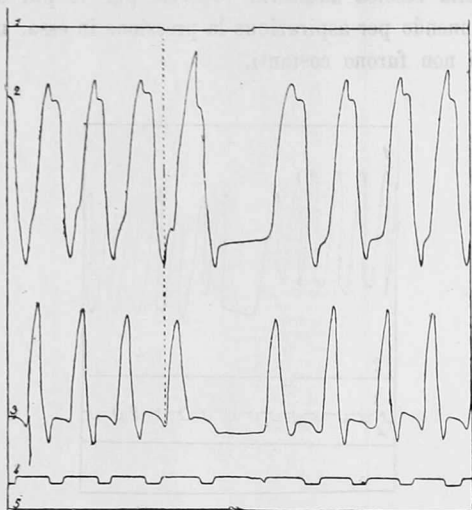


Fig. 4. — Tracciato delle contrazioni ventricolari (riga 3) del cuore di un barbo. Stimolazione faradica della pinna caudale (segnale nella riga 1). Il segnale del tempo marca i  $\frac{2}{3}$  di 1" (riga 4). Riga 5 = orizzontale. Temperatura dell'acqua 20° C.

risultati analoghi nei barbi e nei telestes. Riproduco nella fig. 5 un pezzo di tracciato ove si rileva il notevole arresto diastolico conseguito alla stimolazione faradica del nervo vago di un lato. All'opposto dopo il taglio anche di un sol vago si manifestava acceleramento del ritmo cardiaco.

5°. — *Gli effetti delle modificazioni della temperatura ambiente sull'attività del cuore in situ.* — Già Cartesio (1614) avrebbe visto che il cuore dei pesci batte con maggior frequenza in temperature elevate. Vignal (1881) (1) vide che col freddo si possono far arrestare i battiti del cuore, i quali ritornano quando si riscalda nuovamente. Thesen osservò nei Teleostei che la frequenza cardiaca è in rapporto colla temperatura dell'acqua. Schönlein vide nei Selacei che riscaldando l'acqua, la frequenza del cuore

(1) Citato da Thesen, loc. cit., pag. 166.

aumenta. Ricerche e dati esatti su questo argomento fanno però del tutto difetto. Io ho eseguito un complesso di esperienze riscaldando, raffreddando l'acqua ambiente dei pesci mentre registravo contemporaneamente i movimenti respiratorii e del cuore, durante tutto il corso degli sperimenti. Per quel che riguarda la respirazione rinvio il lettore al lavoro recente di Kuiper <sup>(1)</sup> i cui risultati non posso che confermare.

Per quel che riguarda il cuore trovai in riassunto quanto segue. Riscaldando l'acqua ambiente, la frequenza dei battiti aumenta, ma quest'aumento

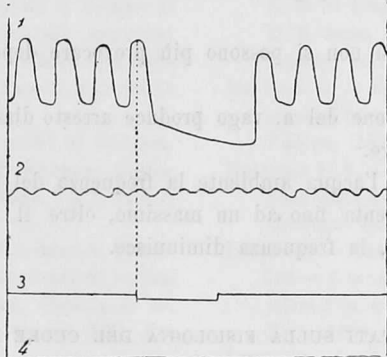


Fig. 5. — Tracciato di movimenti ventricolari del cuore (riga 1) e respiratorii della mandibola (riga 2) di un *Telestes*. Stimolazione faradica di un nervo Vago (segnale nella riga 3). Riga 4 = orizzontale.

si verifica soltanto quando la temperatura è già salita da un certo tempo e poi raggiunge un massimo oltre al quale non cresce più, anche se la temperatura sale ancora. Se la temperatura invece si mantiene costante quando ha raggiunto la massima frequenza, questa dopo un certo tempo ridiscende alquanto per restare costante. Raffreddando l'acqua discende la frequenza del polso cardiaco, anche in questo caso dopo un certo tempo dall'inizio dell'esperimento. Non ho mai spinto molto avanti l'abbassamento della temperatura dell'acqua, per cui non so dire che cosa avviene in quel caso.

#### RIASSUNTO.

1. La propulsione circolatoria del sangue in molti pesci è determinata oltrechè dall'azione del cuore, anche da numerosi altri fattori sussidiarii, quali la pressione negativa pericardica, i movimenti respiratorii e le contrazioni muscolari durante il nuoto.

<sup>(1)</sup> Taco Kuiper, *Untersuchungen über die Atmung der Teleostier*. Archiv für die ges. Physiologie, Bd. 117, S. 1-104.

2. La frequenza cardiaca normale è nell'anguilla maggiore, nei barbi e telestes minore di quella respiratoria.
3. Colla tecnica della sospensione di Engelmann si possono registrare per lunghissimo tempo curve costanti e regolari dei movimenti del cuore in situ.
4. È facile dimostrare reazioni riflesse del cuore dei Teleostei dietro stimoli anche leggeri di diversi organi periferici.
5. Le reazioni riflesse del cuore consistono quasi sempre in un rallentamento dei battiti accompagnati da una tendenza delle pause diastoliche ad allungarsi.
6. Questi riflessi non si possono più provocare dopo il taglio bilaterale del nervo vago.
7. La stimolazione del n. vago produce arresto diastolico, il taglio acceleramento del cuore.
8. Riscaldando l'acqua ambiente la frequenza del ritmo cardiaco dopo un certo tempo aumenta fino ad un massimo, oltre il quale non sale più. Raffreddando l'acqua, la frequenza diminuisce.

#### LAVORI CITATI SULLA FISILOGIA DEL CUORE DEI PESCI.

1815. W. Clift, Phil. Transactions. London.
1845. E. H. e E. Weber, Omodei, Annali Universali di Medicina CXVI, pp. 225-233. Arch. d'Anatomie Générale, 1846 Jan. Arch. f. Physiol. u. Anat. 1846, S. 483. Ed Wøber, Wagner's Handwörterbuch der Physiol. III, 2, pag. 42.
1881. Vignal, *Appareil ganglionnaire du coeur des Vertébrés*. Travaux de l'année 1881, publiés par L. Ranvier. Paris.
1885. J. A. Mc William, *On the structure and Rhythm of the Heart in Fishes with especial reference to the Heart of the Eel*. Journal of Physiology, vol. 6, n. 4-5, pp. 192-245.
1886. T. Wesley Mills, *The heart of the fish compared with that of Menobranchus with special reference to Reflex Inhibition and independent cardiac Rhythm*. Journal of Physiology, vol. 7, n. 2, pp. 81-95.
1895. K. Schönlein und V. Willem, *Beobachtungen über Blutkreislauf und Respiration bei einigen Fischen*. Zeitschrift f. Biologie, Bd 32 (N. f. Bd 14) h. 6, S. 511-547.
1896. J. Thesen, *Étude sur la Biologie du coeur des poissons osseux*. Arch. de Zoologie expérimentale et générale, serie 3, Tome 3, pp. 101-131.
1898. L. Hill, *Further experiments on the influence of gravity on the Circulation*. Centr. bl. f. Physiol. 12 (1898) pag. 487.
1899. W. Brünings, *Zur Physiologie des Kreislaufes der Fische*. Inaug. Diss. Erlangen. e: Archiv. für die ges. Physiologie, Bd 75, h. 11-12, S. 599.
1901. F. Bottazzi, *Ueber die Innervation des Herzens von Scyllium canicula und Maja squinado*. Centralblatt für Physiologie, Bd 14, pag. 26, 30 März 1901.
1902. F. Bottazzi, *Untersuchungen über das viscerale Nervensystem der Selachier*. Zeitschrift für Biologie, Bd 43. (N. f. Bd 25), S. 341-442.
1903. A. Bethe, *Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems*. Leipzig. G. Thieme.