ATTI

DELLA

REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCXIII.

1916

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXV.

2° SEMESTRE.

ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1916

Fisiologia. — *Nuove ricerche sui muscoli striati e lisci degli animali omeotermi.* IX: *Azione dei gas della respirazione sui muscoli lisci* (parte 1ª) [1]. Nota del Corrispondente FILIPPO BOTTAZZI.

I. Notizie storiche

Non poche ricerche sono state finora fatte circa l'influenza che su varî organi muscolari lisci esercitano il difetto di ossigeno e la presenza in eccesso di acido carbonico; ma uno studio sistematico dell'argomento merita ancora che sia fatto, nella speranza che esso dia risultati più concordi di quelli già ottenuti.

Riassumo brevemente i principali fatti finora osservati.

1. *Apparato cardio-vascolare.* — Il primo ad osservare che l'acido carbonico produce dilatazione e l'ossigeno costrizione dei capillari sanguigni fu Severini [2]. Quasi nello stesso tempo, Gaskell [3] dimostrò che l'acido lattico deprime il tono dei vasi sanguigni, e formulò l'ipotesi che gli stessi cataboliti prodotti dall'attività funzionale degli organi determinino automaticamente in questi la vasodilatazione. Più tardi, Bayliss [4] confermò la influenza vasodilatatrice dell'acido carbonico, e Mac William [5] potè constatare che le arterie dei mammiferi, separate dal corpo e messe in presenza di grande quantità di ossigeno, entrano presto in uno stato di cospicua contrattura, mentre l'acido carbonico ne provoca la distensione. Non bisogna però dimenticare, che osservazioni simili sui vasi mesenterici della rana erano state già fatte dal Severini (loc. cit.). Le recenti ricerche di Hooker [6] hanno

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto di fisiologia della R. Università di Napoli.

(2) L. Severini, *Ricerche sulla innervazione dei vasi sanguigni.* Perugia, 1878 Idem, *La contrattilità dei capillari in relazione ai due gas dello scambio materiale.* Nuove ricerche. Perugia, 1881.

(3) W. H. Gaskell, *On the tonicity of the heart and blood vessels.* Journ. of Physiol., III, pp. 48-74 (1880).

(4) W. M. Bayliss, *The action of carbon dioxide on blood vessels.* Journ. of Physiol., XXVI, pag. XXXII (1901).

(5) J. A. Mac William, *On the properties of the arterial and venous walls.* Proc. Roy. Soc. (B) LXX, pp. 109-153 (1902).

(6) D. R. Hooker, *The chemical regulation of vascular tone as studied upon the perfused blood vessels of the frog.* Amer. Journ. of Physiol., XXVIII, pp. 361-367 (1911); Idem, *The effect of carbon dioxide and of oxygen upon muscular tone in the blood vessels and alimentary canal.* Ibidem, XXXI, pp. 47-58 (1912).

confermato ed esteso i risultati di Gaskell e di Bayliss. Infatti egli ha osservato, che l'ossigeno e i calcioioni elevano il tono vascolare, mentre l'acido carbonico, i sodioni e i potassioni lo deprimono. Inoltre, Schwarz e Lemberger (1), avendo constatato una cospicua dilatazione dei vasi della ghiandola sottomascellare in seguito a iniezione nell'arteria succlavia sinistra di 1 cm^3 di soluzione 0,001 mol di acido cloridrico e di altri acidi, e osservato che essa non corrisponde alla concentrazione in idrogenioni delle rispettive soluzioni, hanno concluso che l'effetto sarebbe dovuto all'acido carbonico che quegli acidi spostano dai bicarbonati del sangue. Acidi più deboli del carbonico, quali la glicocolla e l'alanina, non producono alcun effetto. L'acido carbonico deprime fortemente anche il tono dell'atrio cardiaco di *Emys europaea* (2), abolendone le oscillazioni, mentre l'ossigeno ripristina le oscillazioni del tono ed eleva il tono generale del preparato. Sotto l'azione dell'acido carbonico, le contrazioni sistoliche dell'atrio cessano prima delle oscillazioni del tono, e prima di queste riappariscono quando poi si somministra di nuovo ossigeno al preparato. Un fatto nuovo e importante ha osservato recentemente Loening (3), cioè che l'ossigeno esercita azione tonica sulla parete vasale principalmente in presenza di plasma o siero del sangue, mentre in Ringer puro essa non si manifesta quasi punto; e che in assenza di ossigeno, l'azione costrittrice del siero è meno forte e diminuisce più rapidamente.

Per quanto riguarda particolarmente il cuore, Oehrwall (4) e Straub (5) osservarono che l'acido carbonico dapprima ne aumenta l'eccitabilità; ma poi questa diminuisce e l'influenza nociva delle forti dosi di CO_2 si manifesta. L'azione benefica di piccole dosi di CO_2 (per es. mescolato all'ossigeno nella proporzione del 7 %) è stata inoltre ammessa dal Göthlin (6), negata dal Gross (7). Ma dalle molteplici ricerche di Yandell Henderson (8), di Hassel-

(1) C. Schwarz und Fr. Lemberger, *Ueber die Wirkung Kleinster Säuremengen auf die Blutgefässe*. Pflüger's Arch., CXLI, pp. 149-170 (1911).

(2) Fil. Bottazzi, *Ricerche sulla musculatura cardiale dell'Emys europaea*. Zeit. f. allg. Physiol., VI, pag. 140 (1906). (Ved. particolarmente a pag. 166 e la tavola 8a).

(3) Fr. Loening, *Beobachtungen über die vasotonisierenden Eigenschaften des Blutserums unter besonderer Berücksichtigung der Sanerstoffwirkung*. Zeit. f. Biol., LXII, pag. 54 (1913).

(4) Hj. Oehrwall, *Ueber die periodische Funktion des Herzens*. Skand. Arch. f. Physiol., VIII, pag. 1 (1898).

(5) W. Straub, *Ueber die Wirkung der Kohlensäure am ausgeschnittenen suspendierten Froschherzen*. Arch. f. exp. Path. u. Pharm., XLV, pag. 380 (1901).

(6) G. F. Göthlin, *Ueber die chemischen Bedingungen für die Aktivität des überlebenden Froschherzen*. Skand. Arch. f. Physiol., XII, pag. 1 (1901).

(7) E. Gross, *Die Bedeutung der Salze der Ringer'schen Lösung für das isolierte Säugethierherz*. Pflüger's Arch., XCIV, pag. 264 (1903).

(8) Jandell Henderson, *Acapnia and Shock*. I-VIII. Amer. Journ. of Physiol., XXI-XXVIII (1908-1911).

bach e Lundsgaard [1], mie [2] e di Jerusalem e Starling [3] risulta, non solo che una certa tensione parziale dell'acido carbonico nel sangue è necessaria per il normale svolgimento di varie funzioni in generale, ma che, in particolare, la pressione del sangue e le pulsazioni cardiache ne dipendono evidentemente. Secondo Yandell Henderson, anche una piccola riduzione del contenuto in acido carbonico del sangue arterioso produce notevole aumento di frequenza dei battiti del cuore, mentre una riduzione maggiore è causa di estrema tachicardia e di uno stato quasi tetanico del cuore, che praticamente ne rende inefficace l'attività. Analogamente, Jerusalem e Starling hanno potuto constatare che la presenza di CO_2 (2-8 % di un'atmosfera) aumenta il volume di sangue che i ventricoli espellono a ogni sistole, cioè favorisce la funzione del cuore. Infatti, l'acido carbonico, provocando rilassamento delle pareti cardiache, permette la penetrazione nel cuore di maggior quantità di sangue; mentre la totale mancanza di esso produce l'effetto opposto, cioè contrattura del cuore e diminuzione del volume di sangue che i ventricoli ricevono durante la diastole ed espellono nella sistole.

2. *Apparato digerente.* — Lasciando da parte le osservazioni fatte sull'intestino *in situ*, perchè in tali condizioni è impossibile distinguere gli effetti dovuti all'azione dell'asfissia sui centri nervosi da quelli che essa produce nell'organo stesso, rammenterò che Magnus [4], sospendendo il gorgogliamento dell'ossigeno per il liquido di Ringer, in cui era sospeso il preparato intestinale, osservò che mentre la muscolatura circolare entra in contrattura e le sue contrazioni ritmiche diminuiscono gradatamente di ampiezza per poi cessare del tutto, la muscolatura longitudinale invece presenta un graduale abbassamento del tono con cessazione delle contrazioni ritmiche quando il preparato raggiunge il massimo allungamento; onde egli trasse la conclusione, non abbastanza giustificata, che l'asfissia agisce, non sugli elementi muscolari, ma sugli apparati gangliari contenuti nella parete intestinale. Laqueur [5] ha ripetuto gli esperimenti di Magnus, e ha osservato che bastano piccolissime quantità di CO_2 per produrre forte abbassamento del

(1) K. A. Hasselbach und Chr. Lundsgaard, *Blutreaktion und Lungenventilation.* Skand. Arch. f. Physiol., XXVII, pp. 13-31 (1912); K. A. Hasselbach, *Neutralitäsregulation und Reizbarkeit des Atemzentrums in ihren Wirkungen auf die Kohlensäure - Spannung des Blutes.* Bioch. Zeit,, XLVI, pp. 403-439 (1912).

(2) Fil. Bottazzi, *Nuove ricerche sui muscoli lisci.* Zeit. f. allg. Physiol., IX, pag. 368 (1909).

(3) E. Jerusalem and E. H. Starling, *On the significance of carbon dioxide for the heart beat.* Journ. of Physiol., XL, pp. 279-294 (1910).

(4) R. Magnus, *Versuche am überlebenden Dünndarm von Säugethieren.* I. Mitt. Pflüger's Arch., CII, pag. 123 (1904).

(5) E. Laqueur, *Wirkung von Gasen auf den überlebenden Darm; zur Analyse der Erstickung.* Verhandlungen 1912, II, 2ª Hälfte, pag. 386.

tono nel preparato intestinale e cessazione delle contrazioni ritmiche. Importa rammentare, per la discussione teorica che faremo in seguito, che secondo l'A. l'effetto non dipende dalla concentrazione degli idrogenioni, perchè dosi relativamente grandi di altri acidi non lo producono, e perchè la depressione del tono si può ottenere facendo gorgogliare per il liquido di Ringer un miscuglio di CO_2 e O_2, in cui l'O_2, invece di rappresentare il 100 %, rappresenti il 95-98 % di un'atmosfera. Si tratterebbe quindi, secondo l'A., di un'azione specifica sia dell'acido carbonico non dissociato, come anche degl'ioni HCO_3', come ammettono in generale anche Laqueur e Verzár [1], Herlitzka [2] ed altri.

Sull'ingluvie di *Aplysia depilans* e di *A. limacina*, piccolissime quantità di CO_2 producono arresto dei moti ritmici e inibizione del tono, mentre l'ossigeno produce l'effetto opposto. Per quanto riguarda l'esofago di pulcino, io stesso [3] ebbi ad osservare, che « se il preparato esofageo funziona vigorosamente e si trova in uno stato di considerevole tonicità, l'effetto immediato più cospicuo (dell'acido carbonico) è un forte abbassamento del tono accompagnato da arresto delle contrazioni ritmiche. L'arresto può essere interrotto da qualche contrazione spontanea, o da qualche contrazione provocata mediante stimoli tensorii ». Somministrando di nuovo l'ossigeno, le contrazioni ritmiche si ripristinano, e sono più gagliarde di prima, come se durante l'arresto l'organo avesse risparmiato materiale energetico. « Se il preparato esofageo non ha un tono molto elevato, l'acido carbonico può produrre fin dal principio aumento dell'altezza delle contrazioni ritmiche e diminuzione di frequenza di esse ». Gli effetti migliori ottenni, quando feci gorgogliare un miscuglio di molto ossigeno con poco acido carbonico. Conclusi, « che piccole dosi di acido carbonico, non che essere nocive, agevolano l'attività contrattile dell'organo ».

Anche sull'intestino, secondo Loening (loc. cit.), l'ossigeno provoca una forte contrattura principalmente in presenza di siero del sangue.

3. *M. retractor penis di cane.* — Il Sertoli [4] osservò, che se si sospende per un certo tempo la respirazione artificiale negli animali curarizzati, il muscolo si contrae; mentre ripristinando la respirazione, il muscolo si allunga

[1] E. Laqueur und F. Verzár, *Ueber die spezifische Wirkung der Kohlensäure auf das Atemzentrum.* Pflüger's Arch., CXLIII, pag. 395 (1911).

[2] A. Herlitzka, *Sui liquidi atti a conservare la funzione dei tessuti sopravviventi.* Nota VI. Arch. di Fisiol., X, pag. 261 (1912).

[3] Fil. Bottazzi, *Nuove ricerche sui muscoli lisci.* Zeit. f. allg. Physiol., IX, pag. 368 (1909).

[4] E. Sertoli, *Contribution à la physiologie générale des muscles lisses.* Arch. ital. de Biol., III, pag. 78 (1883).

rapidamente. Più tardi A. Mosso [1] fece anche lui esperimenti sul m. retrattore del pene del cavallo, e osservò « che l'anidride carbonica produce una contrazione del muscolo liscio, anche dopo ventiquattro ore che il muscolo venne estirpato dal corpo », mentre, rimesso il muscolo nell'aria, succede un rapido allungamento. Risultati del tutto opposti io ottenni recentemente [2]; essi sono stati confermati ed ampliati dalle presenti ricerche, come si vedrà.

Presentandosene in seguito l'occasione, non tralascerò di rammentare altre ricerche, riguardanti lo stesso argomento, oltre quelle citate, sugli stessi o sopra altri organi muscolari lisci.

II. Esperimenti.

1. *M. retractor penis di cane.* — Le mie nuove ricerche hanno confermato pienamente i pochi risultati descritti nella Memoria sopra citata.

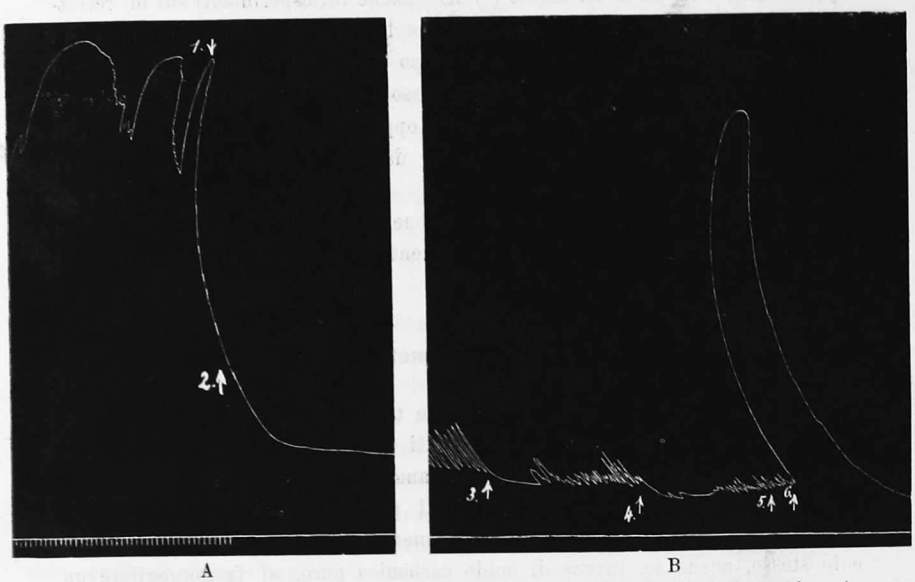
L'acido carbonico, fatto gorgogliare anche per breve tempo attraverso il liquido di Ringer, in cui è immerso il preparato, arresta le contrazioni ritmiche di questo e ne deprime enormemente il tono (figg. 1 e 3). L'effetto è lo stesso, anche se, invece di acido carbonico puro, si fa gorgogliare un miscuglio di 4 volumi di ossigeno e 1 volume di acido carbonico (fig. 2). Somministrando di nuovo l'ossigeno, solo dopo un tempo considerevole si ripresentano le contrazioni ritmiche e il tono torna ad elevarsi. Qualche volta si ripristinano le contrazioni ritmiche, mentre il tono continua ad essere estremamente basso (figg. 1 e 2); qualche altra volta, torna ad elevarsi prima il tono, e poi si ripresentano le contrazioni ritmiche. Il tracciato della fig. 1 (B), verso l'estremità destra, dimostra che sul preparato sottoposto ripetutamente all'azione dell'acido carbonico l'istamina non esercita azione contrattoria, mentre l'adrenalina è capace di provocare una contrattura fortissima.

L'effetto opposto osservato dal Sertoli potrebbe forse spiegarsi pensando che questi fece le sue ricerche sul muscolo *in situ*.

Ma il Mosso sperimentò sul muscolo separato dal corpo, eppure ottenne risultati simili a quelli del Sertoli, e perciò diversi da quelli ottenuti da me. Basta però guardare i tracciati riprodotti nella Memoria del Mosso e leggere la descrizione della tecnica da lui adottata, per convincersi che le sue osservazioni furono fatte in condizioni sperimentali notevolmente diverse

[1] A. Mosso, *Contributo alla fisiologia dei muscoli lisci.* Memoria della R. Accad. d. Lincei (5), VI, 3 decembre 1905.

[2] Fil. Bottazzi, *Nuove ricerche sui muscoli striati e lisci degli animali omeotermi.* Seconda memoria: *Ricerche sul M. retractor penis (e su altri preparati muscolari lisci).* Mem. R. Accad. Lincei (5), XI, pag. 43 (1915).



A B

Fig. 1. — *M. retractor penis* di cane giovane, immerso in liquido di Ringer ossigenato. Temper.: 32°C. Peso gr. 4. Tempo: 1'. (16 giugno 1915). Fino a 1. contrattura spontanea, verosimilmente dovuta alla temperatura bassa del bagno. Da 1. a 2. gorgoglia CO_2 invece di O_2 per il liquido di Ringer. Somministrato di nuovo l'ossigeno (da 2. in poi), il muscolo torna dopo parecchio tempo (fra il tracciato A e il tracciato B passa un tempo di circa $^1/_2$ ora) a fare contrazioni ritmiche, ma il tono rimane depresso. In 3. e 4. l'acido carbonico arresta le contrazioni ritmiche senza potere ulteriormente deprimere il tono. — In 5. si versano nel liquido poche gocce di soluzione 1 °/₀₀ di istamina; in 6., un numero eguale di gocce di adrenalina (Clin).

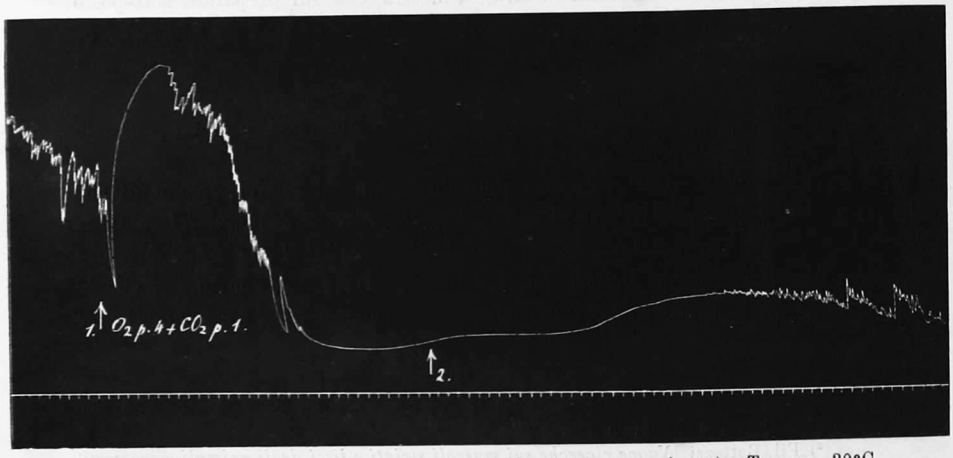
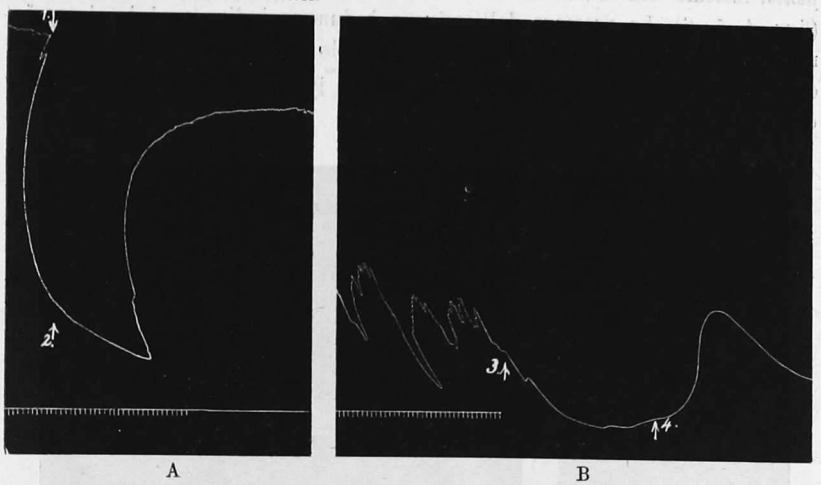


Fig. 2. — *M. rectractor penis* di cane, in liquido di Ringer ossigenato. Temper: 30°C. Peso: gr. 3. Tempo: 1'. (18 marzo 1916). In 1. si fa gorgogliare per il liquido un miscuglio di 4 parti di O_2 con 1 parte di CO_2. In 2. si fa gorgogliare solo ossigeno.

da quelle in cui sono state fatte le mie: il che potrebbe forse render conto della differenza dei risultati.



A B

Fig. 3. — *M. rectractor penis* di canino giovanissimo, in liquido di Ringer ossigenato. Temper.: 30-32° C. Peso: gr. 3. Tempo: 1'. (15 giugno 1915). Da 1. a 2. gorgoglia CO_2; da 2, a 3., O_2; da 3. a 4, di nuovo CO_2; finalmente da 4. in poi, os-sigeno.

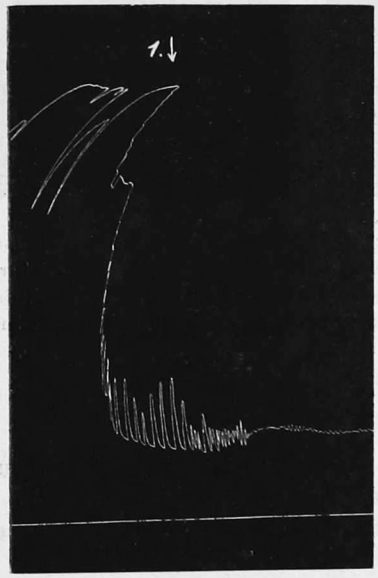
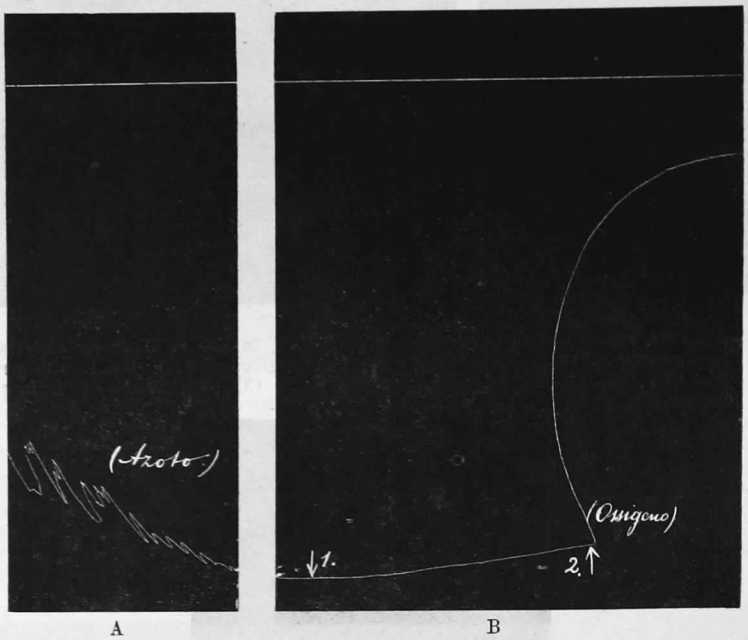


Fig. 4. — *M. retractor penis* di cane, in 70 cm³ di liquido di Ringer. Temper.: 32°C. Peso: gr. 3. (7 luglio 1915). In 1. si fa gorgogliare azoto, invece di ossigeno.

Ma non solo la somministrazione di acido carbonico, bensì anche la semplice espulsione dell'ossigeno dal liquido di Ringer, mediante una corrente

di azoto, è capace di produrre un forte abbassamento del tono del *m. retractro penis*, insieme con diminuzione o totale arresto delle contrazioni ritmiche (figg. 4, 5, 6). La presenza dell'ossigeno è dunque indispensabile al mantenimento del tono e alla produzione nel muscolo degli eccitamenti automatici che si manifestano con contrazioni ritmiche più o meno frequenti alte e durature.



A B

Fig. 5. — *M. retractor penis* di cane, in liquido di Ringer disossigenato mediante una corrente di azoto gorgogliante continuamente. Il tono del preparato è assai depresso, le contrazioni ritmiche (in A) piccolissime. In 1. si sostituiscono 40 cm³ di liquido di Ringer con 40 cm³ di siero di sangue dello stesso animale, anch'esso disossigenato e riscaldato a 32°C. In 2. si fa gorgogliare ossigeno, invece di azoto. Temper.: 32°C. Peso: gr. 4 (8 luglio 1915).

Data l'estrema sensibilità di questo preparato muscolare liscio per il difetto di ossigeno e per l'acido carbonico, è difficile però stabilire, se la presenza di una piccolissima quantità di acido carbonico o una lieve diminuzione della tensione parziale dell'ossigeno siano atte a produrre effetti opposti a quelli descritti, cioè, in generale, un aumento della eccitabilità del preparato. Certo è che, anche dopo l'azione prolungata di CO_2, l'adrenalina in presenza di ossigeno provoca nel muscolo una fortissima contrattura, il che dimostra che la sua eccitabilità per quella sostanza non è notevolmente

diminuita, nemmeno quando il tono del preparato, già depresso dall'acido carbonico, continua a rimanere assai basso non ostante la presenza dell'ossigeno.

I tracciati delle figg. 1, 2 e 3 dimostrano che quando si torna a somministrare ossigeno in grande quantità, dopo l'azione dell'acido carbonico, il muscolo non torna ad accorciarsi subito, ma dopo qualche tempo, talora con molto ritardo, e qualche volta non si accorcia più affatto (almeno finchè dura

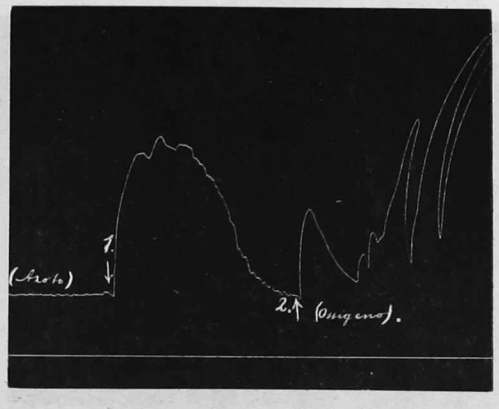


Fig. 6. — *M. retractor penis* di cane, immerso in liquido di Ringer privato di ossigeno mediante una forte corrente di azoto. Il tono del preparato è molto depresso; le sue contrazioni ritmiche sono quasi del tutto abolite. In 1. si sostituiscono 27 cm³ di liquido di Ringer (60 cm³) con 27 cm³ di siero di sangue dello stesso animale, disossigenato, ma non riscaldato. In 2. si fa gorgogliare ossigeno, invece di azoto. Temper.: 32°C. Peso: gr. 3.

l'esperimento). Dai tracciati delle figg. 5, 6, 7 e 8 invece risulta evidentemente, che quando il muscolo si trova immerso, non in solo liquido di Ringer, ma in un miscuglio di questo liquido e di siero dal sangue (o sangue defibrinato) dello stesso animale, non appena si fa gorgogliare l'ossigeno, il muscolo entra quasi immediatamente in contrattura, che talora è estremamente forte e duratura. Per osservare questo effetto, basta espellere l'ossigeno dal liquido mediante una corrente di azoto, e poi, quando l'abbassamento del tono che si ottiene è cospicuo, far gorgogliare di nuovo ossigeno Il siero per sè stesso non provoca, in assenza di ossigeno, contrazione del preparato muscolare, come dimostra la fig. 5. È necessario, però, come ammonì il Loenig (coi risultati del quale, sopra citati, concordano questi miei, sebbene ottenuti sopra un organo muscolare liscio diverso), che il siero che si adopera, sia del tutto privato dell'ossigeno che ordinariamente contiene in soluzione (per quanto poco esso sia). Ed è necessario, ancora, che esso sia

riscaldato alla temperatura alla quale già si trova esposto il muscolo, prima d'essere mescolato col liquido di Ringer, essendo noto quanto sensibile alle variazioni termiche sia il m. retrattore del pene. Nel tracciato della fig. 6, infatti, si può constatare che l'aggiunta del siero produsse una cospicua contrattura, sebbene esso fosse stato disossigenato, solo perchè esso non era stato riscaldato. Sul tracciato della fig. 5, invece, l'aggiunta del siero non è segnalata dalla minima variazione del tono.

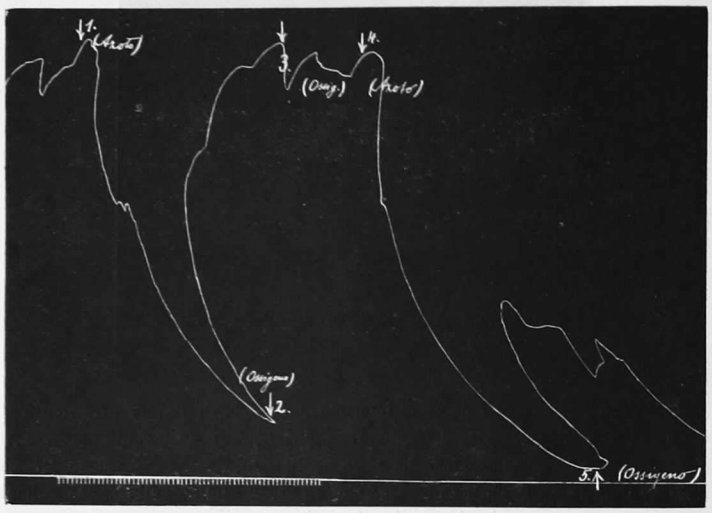


Fig. 7. — *M. retractor penis* di cane, immerso in un miscuglio di 30 cm³ di siero di sangue dello stesso animale e 40 cm³ di liquido di Ringer, abbondantemente ossigenato. Il tono del preparato è molto alto. In 1. si sostituisce all'ossigeno l'azoto. In 2. si sostituisce all'azoto l'ossigeno. In 3. si toglie il miscuglio sopra detto, si lava il preparato con liquido di Ringer riscaldato a 32° e lo si lascia poi immerso in questo liquido, mentre continua a gorgogliare l'ossigeno. In 4. si fa gorgogliare azoto, invece di ossigeno, e in 5 finalmemte si torna a somministrare ossigeno. Temper.: 32°C. Peso: gr. 3. Tempo 1'.

Si osservi, inoltre, il tracciato della fig. 7. Mentre l'ossigeno produsse una fortissima contrattura del muscolo, quando questo si trovava immerso in un miscuglio di siero e di liquido di Ringer, dopo che a tale miscuglio fu sostituito liquido di Ringer puro, l'accorciamento che l'ossigeno provocò fu assai più debole. Ma pure lo produsse e in breve tempo. Ciò fa pensare che, non ostante si fosse lavato ripetutamente col liquido di Ringer il muscolo, in questo fosse rimasta traccia di quella sostanza o di quelle sostanze contenute nel siero, alle quali Loening suppone che sia dovuta l'azione contrattoria che esse esercitano in presenza di ossigeno, e che corrispondereb-

bero alle « vasocostrittine », di cui ho avuto occasione di occuparmi nella

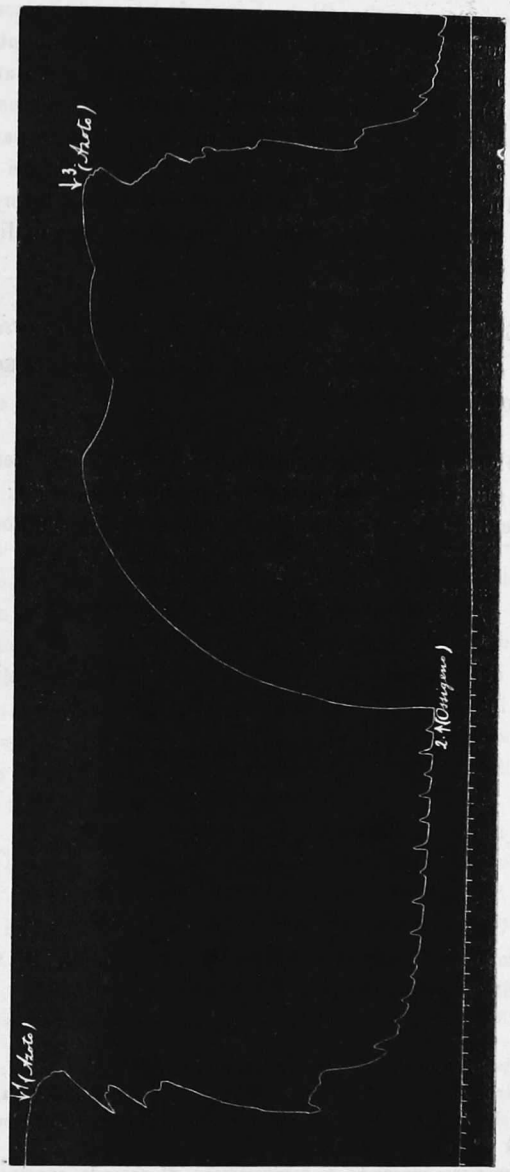


Fig. 8. — *M. retractor penis* di cane, immerso in un miscuglio di 43 cm³ di liquido di Ringer e 27 cm³ di siero del sangue dello stesso animale. Fino ad 1. per il liquido gorgoglia ossigeno: il tono del muscolo è estremamente elevato. In 1. si fa gorgogliare azoto: il tono del preparato rapidamente si abbassa. In 2. si sostituisce all'azote l'ossigeno: il tono torna subito ad elevarsi. In 3. si sostituisce all'ossigeno di nuovo l'azoto: il tono del preparato rapidamente si abbassa. Temper.: 33°C. Peso: gr. 4. Tempo 1'. (8 luglio 1915).

mia seconda Memoria (v. s.). Di che natura siano quelle sostanze, non siamo in grado di dire. Senza dubbio, però, questa azione tonica sugli organi mu-

scolari lisci, che il sangue eserciterebbe principalmente quando è ossigenato, a qualunque dei suoi componenti essa sia dovuta, costituisce un fatto di grandissima importanza, che merita di essere sperimentalmente analizzato. Essa sembra appartenere alla categoria delle azioni stimolanti di natura chimica (umorale), e quindi differisce dall'influenza tonica che la presenza dell'ossigeno esercita in generale, verosimilmente, almeno in parte, in quanto accelera negli organi il loro metabolismo, e particolarmente i processi di ossidazione, influenza tonica che, in accordo con questa interpretazione, si manifesta assai più lentamente, come gli esperimenti hanno dimostrato.

Matematica — *Sulla risoluzione di certe equazioni di composizione di seconda specie.* Nota I di Giulio Andreoli, presentata dal Socio V. Volterra [1].

1. Il problema che tratteremo in questa Nota, è una generalizzazione d'un problema già trattato dal Lalesco [2] e dal Daniele [3]: esso consiste nel determinare la soluzione generale dell'equazione di composizione [4] seguente:

$$(1) \qquad \overset{\times\times}{f}(\overset{\times\times}{n}) = a_1 n + a_2 \overset{\times\times}{n}{}^2 + \cdots + a_m \overset{\times\times}{n}{}^m = 0\,,$$

ove le a sono delle costanti.

Si ponga intanto:

$$(2) \qquad n(x\,y) = \sum_i \alpha_i \left(\sum_h \varphi_h(x)\, \psi_h(y) \right),$$

ove le α sono radici dell'equazione:

$$(3) \qquad f(\xi) = a_1\, \xi + a_2 \xi^2 + \cdots a_m\, \xi^m = 0$$

e le φ, ψ formano un sistema di funzioni biortogonali. Si vede che tale funzione soddisfa effettivamente la (1).

(1) Pervenuta all'Accademia il 23 settembre 1916.

(2) T. Lalesco, *Introduction à la théorie des équations intégrales*, pag. 38.

(3) E. Daniele, *Sui nuclei che si riproducono per iterazione*, Rend. Circ. matem. di Palermo, 1914 (2° sem., vol. XXXVIII).

(4) La chiameremo equazione di composizione di seconda specie seguendo la terminologia del Volterra: cfr. *Leçons sur les fonctions de Ligne*, Cap. XII, e *Leçons sur les équations intégrales*; Cfr. anche, per un problema analogo di cui si assegnano delle soluzioni, V. Volterra, *Sopra le funzioni permutabili di seconda specie e le equazioni integrali*, Rend. Accad. Lincei, ser. 3ª, vol. XX, 1° sem. 1911.