

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCXCIII

1896

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME V.

I° SEMESTRE



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1896

- Pecten* (Entolium) *tirolensis*, Stache.
" *Pardulus*, id.
" (*Aviculo-pecten*) *comelicanus*, id.
" (*Aviculo-pecten*) *Trinckeri*, id.
" " *Gümbeli*, id.
Avicula striato-costata, id.
Aucella cfr. *Hausmanni*, Goldf?
Nucula nov. form.
Najadites sp.
*Diplopora Bellerophon*is, Rothpl.

Non m'imbattai in nessun cefalopodo, nè trovai brachiopodo alcuno⁽¹⁾; mentre di quest'ultima classe tanta copia di forme si offerse allo Stache. E così pure non mi fu dato di scorgere nemmeno le tracce di un foraminifero nelle parecchie sezioni microscopiche preparate da vari pezzi del calcare di Entrampo e dell'affioramento di fronte a Dierico.

Nè tra le forme già note, nè tra le nuove avvenne alcuna, che possa non solo essere identificata ma nemmeno ravvicinata all'una od all'altra delle specie del Trias inferiore alpino, della cui fauna ho pubblicato l'anno scorso una illustrazione, e neppure con specie del Muschelkalk o di piani triasici più recenti. Le nuove forme saranno per dare una novella conferma alla grande affinità, che fu già rilevato correre tra la fauna del calcare a *Bellerophon* e la fauna paleozoica? È quanto potranno forse dire ulteriori studi condotti su materiale nuovo e più abbondante.

Fisiologia. — *Apparecchio portatile per determinare l'acido carbonico nell'aria espirata dall'uomo.* Nota del prof. UGO LINO MOSSO, presentata dal Socio ANGELO MOSSO.

Gli apparecchi che servono per determinare l'acido carbonico nell'aria espirata dall'uomo sono complessi e delicati; quasi tutti di tal mole da riuscire difficile il loro trasporto. Nessuno di essi determina con precisione la quantità di acido carbonico eliminato in tempi successivi di breve durata. Manca perciò la curva giornaliera della eliminazione fisiologica dell'acido carbonico, e vedremo che questa curva può presentare delle variazioni maggiori della curva della temperatura del polso e del respiro.

Molti problemi del ricambio dell'organismo non ebbero ancora, per la mancanza di un apparecchio opportuno, una soluzione soddisfacente. Basta ricordare ad esempio: quanto acido carbonico venga eliminato, prima o dopo

(1) Non è da escludersi che si possano trovar brachiopodi anche nel calcare a *Bellerophon* di Carnia, dal momento che anche il sig. prof. Taramelli ne raccolse fino dal 1877 nella stessa zona del Bellunese alla sella del Monte Cestello da Padola ad Auronzo.

la somministrazione di un medicamento, prima o dopo un accesso di febbre, a stomaco vuoto o nel periodo della digestione.

Due anni fa, quando mio fratello organizzò una spedizione scientifica al Monte Rosa, ebbi l'incarico di studiare l'eliminazione dell'acido carbonico a diverse altezze.

Tra gli apparecchi che servirono alla determinazione dell'acido carbonico, è inutile ch'io ricordi quello di Lavoisier e di Séguin, di Dulong et Despretz, di Regnault et Reiset ⁽¹⁾, e quello di Pettenkofer ⁽²⁾ e Voit; monumenti di precisione sperimentale coi quali la scienza si arricchì delle più importanti cognizioni sui fenomeni della respirazione, perchè si trovano in tutti i manuali di chimica fisiologica. Mi limiterò ad un breve cenno sugli apparecchi costrutti per il medesimo intento di queste mie ricerche.

E. Smith ⁽³⁾ si occupò lungamente dell'eliminazione dell'acido carbonico da punti di vista svariatisimi. Col suo apparecchio determinava la quantità totale di CO². L'aria espirata passava sopra una soluzione di potassa caustica distribuita sopra una grande superficie. L'esperienza non poteva durare a lungo.

Richet ed Hanriot ⁽⁴⁾ hanno costruito un apparecchio col quale si valuta direttamente non più il peso, ma il volume totale dell'acido carbonico. La persona respira per mezzo di un imbuto o di una maschera di guttaperca applicati alle labbra, il naso resta chiuso con una pinza. L'aria per essere esaminata passa attraverso a tre contatori, due valvole di Müller, due bottiglie di lavaggio, una colonna alta 1,50 piena di pezzi di vetro bagnati con liscivia di potassa ed un lungo tubo con bolle di vetro bagnate di acqua di calce, e perciò la persona per respirare deve superare una forte resistenza. Essendo i contatori, i tubi e le bottiglie a grandi dimensioni l'iscrizione differenziale fra i due ultimi contatori, che danno il volume del CO² eliminato, subisce un notevole ritardo. Inoltre la chiusura del naso con una pinza è, come dicono gli autori, cagione di dolore da non poter durare molto nell'esperienza. Per queste ragioni l'apparecchio di Richet e di Hanriot, sebbene abbia il vantaggio di dare delle misure continue, non poteva servire al mio scopo.

L'apparecchio del Marcet ⁽⁵⁾ consta di una campana, della capacità di 40 litri di aria, sospesa sopra un bagno di acqua salata e controbilanciata con un peso attaccato ad una ruota eccentrica. L'apparecchio è così sensibile, che l'aria espirata dentro la campana si trova sempre alla pressione atmosferica. La persona inspira col naso ed espira colla bocca, per mezzo di un tubo

⁽¹⁾ Regnault et Reiset, *Annales de Chimie et de Physique*, 1849, Tome XXVI, pag. 299.

⁽²⁾ Pettenkofer, *Annalen der Chemie*, 1862.

⁽³⁾ E. Smith, *The Philosophical Transactions*, 1859.

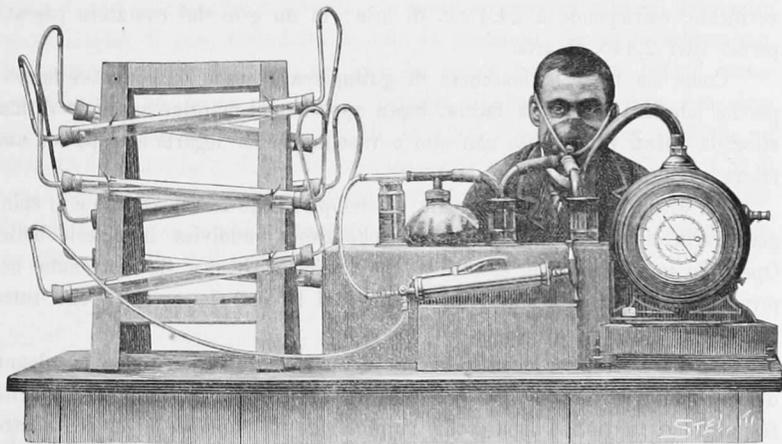
⁽⁴⁾ Hanriot et Richet, *Annales de Chimie et de Physique*, 1891, pag. 495.

⁽⁵⁾ Marcet, *Proceedings of the Royal Society of London*, 1889, pag. 340.

in comunicazione a vicenda colla campana e coll'esterno, ed a sua insaputa, l'aria espirata viene diretta dentro la campana. Di quest'aria ne viene tolta un cilindro di 1000 c.c. e quindi esaminata coi soliti metodi. È un apparecchio abbastanza semplice ed esatto, il primo che sia stato portato sulle montagne; ma con esso si può solo esaminare un volume totale di 40 litri d'aria, cioè quanto ne respira un uomo adulto in meno di cinque minuti. Più di cinque minuti un'esperienza non può durare, e non è possibile farne un'altra subito dopo. Inoltre manca il controllo che tutto l'acido carbonico sia entrato in combinazione colla barite. Questo stesso difetto ha l'apparecchio di Richet et Hanriot e quello di Smith.

L'apparecchio, che ha servito per le esperienze che ho fatto sul Monte Rosa, venne ideato dal prof. A. Mosso; esso non ha gli inconvenienti degli altri, li supera in semplicità e leggerezza, ed ha la disposizione indicata dalla seguente figura.

APPARECCHIO PORTATILE PER DETERMINARE L'ACIDO CARBONICO
NELL'ARIA ESPIRATA DALL'UOMO.



Il metodo consiste nel misurare per mezzo di un contatore la quantità d'aria inspirata, di prendere per mezzo di uno schizzetto una frazione bene determinata di aria espirata (circa un trentesimo), e di esaminarla coi liquidi titolati.

L'apparecchio si compone di una maschera di guttaperca, che applicata alla faccia con mastice da vetrai non disturba i movimenti respiratori, e chiude ermeticamente anche nelle respirazioni forzate. La maschera porta in corrispondenza delle narici una cupola sulla quale sta un tubo. Questo comunica con due valvole di Müller. L'aria inspirata attraversa un contatore

Riedinger ed una valvola di Müller: l'aria espirata passa per la seconda valvola, per una vescica di gomma, ed esce da una valvola ad acqua fatta con un tubo a T. Uno schizzatoio in comunicazione colla valvola a T, pompa una data quantità di aria espirata, e la spinge attraverso 6 tubi contenenti fra tutti un litro circa di acqua di barite. I tubi sono di vetro del diametro di 3 cm., della lunghezza di 50 cm., e sono messi in comunicazione fra di loro con tubi di gomma.

L'uso dell'apparecchio è facile, occorrono però le seguenti precauzioni. Verificare il contatore che si adopera; questo si fa colle norme solite che non sto a ripetere. Una precauzione importante è quella di mettere il contatore sempre nel piano orizzontale. A tale scopo mi serviva di una tavoletta di legno con tre viti. Anche in montagna ho portato con me la tavoletta e, per mezzo di un livello a bolla d'aria, mi assicuravo che fosse bene orizzontale prima di mettere l'acqua nel contatore.

I contatori costruiti dalla casa Riedinger di Amburgo sono molto esatti, e funzionano colla pressione di 1 cm. di acqua. Le divisioni centesimali del quadrante sono segnate da due lancette; una corta per le centinaia, ed una lunga per le unità. Ciascuna unità del mio contatore, parecchie volte verificato, corrisponde a 24,4 c.c. di aria: in un giro del contatore passano perciò litri 2,440 di aria.

Come sia fatta la maschera di guttaperca si vede dall'annessa figura: perchè aderisca bene alla faccia, basta applicare al margine un bordo di masticca da vetrai rammollito con olio o vaselina e poi legarla al capo con una fascia od un tubo di gomma.

Un'altra precauzione è quella di riempire bene lo schizzatojo e di spingere l'aria nei tubi così lentamente che riesca suddivisa in piccole bolle. Operando in questo modo si ottiene che l'acido carbonico sia trattenuto nei primi tubi e non intorbidi i due ultimi: si ha così la certezza che tutto l'acido carbonico è entrato in combinazione.

Perchè il respiro incontri la minima resistenza, occorre che la colonna d'acqua nelle valvole sia poco elevata; resterà così più piccolo lo sforzo della respirazione. In tutto l'apparecchio la pressione da superare è un centimetro e mezzo di acqua.

Per comprendere il modo di funzionare, bastano le seguenti spiegazioni: La vescica, che funziona da serbatoio dell'aria, è di gomma elastica sottile, della capacità di mezzo litro; si distende e si rilascia ad ogni atto respiratorio, mentre l'aria vi si rinnova continuamente. Cessata l'espirazione, l'elasticità della vescica caccia il di più dell'aria che l'aveva distesa. Lo schizzatojo è di metallo, della capacità di 260 c.c.; ha uno stantuffo a perfetta tenuta, e porta all'estremità inferiore una chiavetta, la quale permette di aspirare l'aria dalla vescica e di dirigerla nei tubi a barite col movimento di una leva laterale come si vede nella figura.

Quest'apparecchio ha su quelli adoperati dagli altri, il vantaggio di analizzare direttamente l'aria nell'istante in cui viene espirata. Esso offre la possibilità di fare parecchie osservazioni di seguito senza il bisogno di interrompere l'esperienza; basta infatti avere due serie di tubi, e si fanno quante osservazioni si vogliono. Con esso le persone si mantengono nelle loro abituali condizioni per la funzione del respiro; l'inspirazione e l'espirazione si compiono sotto una pressione minima. Inoltre è di facile e pronto impianto, poichè in mezz'ora si mette tutto in opera e si incomincia l'esperienza. Bastarono due uomini per portare l'apparecchio e l'occorrente per la titolazione dei liquidi sul Monte Rosa sino alla capanna Regina Margherita a 4560 metri.

Un altro vantaggio di questo apparecchio è che si può fare da solo le esperienze senza il concorso di alcun aiuto. Così ho potuto determinare l'acido carbonico che io eliminava stando chiuso in una camera pneumatica, dove la rarefazione dell'aria era portata ad un terzo di atmosfera.

Per verificare il grado di esattezza dell'apparecchio, ho preparato dell'acido carbonico puro, ricavandolo dall'azione dell'acido cloridrico su pezzi di marmo bianco. Mi sono assicurato della purezza del gas preparato: una parte di esso veniva tutto assorbito dalla soluzione satura di idrato di bario contenuta in una campanella capovolta. Ho preso successivamente dal gazometro due schizzatoi di gas: ricondotta a zero la pressione dentro lo schizzatoio, col lasciare sfuggire il di più del gas, ho spinto lentamente l'acido carbonico nei tubi ad acqua di barite. L'acqua di barite era fatta con circa 10 grammi di idrato di bario sciolti in 1200 d'acqua, e per titolarla mi servii di una soluzione di acido ossalico puro al 2,8636 per 1000 c.c. di acqua: ogni centimetro cubico di questa soluzione corrisponde a grammi 0,001 di acido carbonico, perchè il rapporto fra il peso molecolare dell'acido ossalico 126, e quello dell'acido carbonico 44, è appunto 2,8636.

1^a *esperienza di controllo.* 20 c.c. dell'acqua di barite contenuta nei tubi sono neutralizzati da 35,8 c.c. della soluzione titolata di acido ossalico. 20 c.c. della stessa acqua di barite presi dopo il passaggio di due schizzetti di CO² (cioè 520 c.c.) sono neutralizzati da 23 c.c. di acido ossalico; furono cioè trattiene 12,8 milligrammi di acido carbonico in 20 c.c. di acqua di barite. Ma l'acqua di barite totale essendo 1300 c.c. l'acido carbonico corrisponde a gr. 0,8320 secondo la seguente uguaglianza $20 : 12,8 = 1300 : x$. Siccome l'esperienza fu fatta alla pressione di 74 cm. ed alla temperatura ambiente di 23°, i 520 c.c. di CO² pesavano 0,8925: ne andarono perduti gr. 0,0605.

2^a *esperienza di controllo.* Ho preso lo stesso volume di acido carbonico, ed ho recuperato gr. 0,8600: avendo fatto l'esperienza a 74 cm. di pressione e 23° di temperatura, il peso del CO² adoperato sarebbe stato di gr. 0,8925: ne andarono perduti gr. 0,0325 cioè il 3 per % circa. Risultato soddisfacente se si considera le molte cause di errore del metodo dei liquidi titolati.

Riferisco, come saggio, una serie di esperienze eseguite su una stessa persona durante 24 ore. In essa si può avere un'idea dei grandi cambia-

menti che avvengono nella eliminazione dell'acido carbonico per l'esercizio muscolare, per il riposo, per il vitto abbondante, e pel sonno.

Caudana Ernesto, meccanico, è un giovane di anni 18 che pesa 55 kg. Sottoponendolo per parecchi giorni a queste ricerche, ho potuto determinare, con esperienze fatte nello stato di riposo parecchie volte al giorno, che egli respira in media 214,560 litri ogni mezz'ora, e che elimina gr. 14,100 di CO^2 .

Influenza del riposo.

1^a esperienza. Caudana dopo aver passato la notte a ballare, arriva alle ore 7 del 27 gennaio 1895 al laboratorio; temperatura ambiente $11^{\circ},7$. Gli applico subito sulla faccia la maschera, ed alle 7,5 respira nell'apparecchio: l'esperienza incomincia alle ore 7,10 rimanendo seduto. 20 c.c. dell'acqua di barite sono neutralizzati da 30 c.c. della soluzione di acido ossalico. Altri 20 c.c. presi dopo il passaggio dell'aria espirata sono neutralizzati da soli 22,9 c.c. d'acqua di barite: sono perciò grammi 0,0071 di acido carbonico che entrarono in combinazione. Ma l'acqua di barite nei tubi essendo 955 c.c. l'aria esaminata 5720 c.c. ne conteneva perciò gr. $0,33902 (20 : 71 = 955 : x)$. Ma l'aria totale respirata nella mezz'ora che ha durata l'esperienza essendo stata di litri 187,026, l'acido carbonico eliminato in questa mezz'ora è $(5720 : 0,33902 = 187026 : x)$ di gr. 11,098.

2^a esperienza. Appena finita la precedente esperienza, Caudana si è coricato sopra delle sedie rimanendo in comunicazione coll'apparecchio. Aspettai fino alle 8,35 che si addormentasse: in questo momento incomincia la determinazione dell'acido carbonico della seconda esperienza. Caudana passò una mezz'ora nella più perfetta tranquillità, in uno stato di dormiveglia, cogli occhi chiusi senza però addormentarsi. Durante questa mezz'ora egli respirò litri 172,656 di aria, ed eliminò gr. 10,506 di CO^2 .

Esaminando i risultati di queste due esperienze, si vede che la quantità di aria respirata dopo un prolungato esercizio dei muscoli è minore della quantità media che viene respirata normalmente; così pure è dell'acido carbonico che vediamo essere molto diminuito. Questa diminuzione, tanto dell'aria totale come dell'acido carbonico, è anche più evidente nella seconda esperienza fatta dopo un'ora e mezzo di riposo.

Influenza della digestione.

3^a esperienza. Caudana alle ore 12,27, dello stesso giorno, dopo un pasto abbondante di farinacei respira, nell'apparecchio. Alle ore 12,37 incomincia l'esperienza; durante questa mezz'ora respirò litri 228,334 di aria, ed emise gr. 14,562 di CO^2 .

4^a esperienza. Tre ore dopo il pasto ho fatto ancora una determinazione di CO^2 , dalle ore 15,21 alle 15,51. In questa mezz'ora Caudana respirò litri 207,400 con 15,607 gr. di CO^2 .

Queste due esperienze, fatte nel periodo della digestione, dimostrano che il vitto abbondante influisce sull'aria respirata e sull'acido carbonico formatosi, l'una e l'altro essendo molto aumentati; il massimo si è verificato nel periodo più avanzato della digestione, ed è pure il massimo di tutta la giornata.

Influenza del sonno.

5^a esperienza. Caudana ha mangiato alle ore 17,30; alle 22 si coricò presso l'apparecchio col quale fu subito messo in comunicazione. Quando giudicai che fosse addor-

mentato, perchè era cambiato il ritmo respiratorio, incominciai l'esperienza, che durò dalle ore 23,5 alle 23,35. In questa mezz'ora Caudana respirò litri 188,490, ed eliminò gr. 13,608 di CO².

6^a esperienza. Caudana continuò a dormire: io lasciai passare mezz'ora e poi feci un'altra determinazione: mentre stavo facendo questa esperienza entrò una persona nella stanza e Caudana non se ne accorse. Dalle ore 23,55 alle 0,25, respirò litri 193,248 di aria ed eliminò gr. 13,613 di CO², precisamente come nell'esperienza precedente.

7^a esperienza. Caudana dormiva ancora alle ore 0,45 quando io lo svegliai e lo feci alzare. Alle ore 0,50 incominciai l'esperienza, egli restò in piedi e sveglio durante questa mezz'ora. Respirò litri 209,987 ed eliminò gr. 13,392 di CO².

La respirazione e la produzione di CO² sono uniformi durante queste tre esperienze, ed è pure degna di nota la identità dei risultati ottenuti.

Abbiamo inoltre avuto la conferma che quest'apparecchio disturba così poco la respirazione, che fu possibile a Caudana di continuare per lungo tempo a dormire, finchè lo svegliai.

Per mostrare meglio i rapporti che passano fra i risultati di queste sette esperienze, ne raccolgo i dati sotto forma di tabella.

Esperienze fatte su E. Caudana dal mattino alle 7 fino alle ore 0,50 del 27 febbraio 1895.

N. d'ordine	Ore	Temperatura ambiente	Pressione barometrica	Litri d'aria inspirata in mezz'ora	Grammi di CO ² eliminati in mezz'ora	Grammi di CO ² per Kgr. e per ora	Grammi di CO ² per litro d'aria	OSSERVAZIONI
1	7,10	11°,5	72,8	187,026	11,098	0,403	0,059	Dopo una notte di esercizio muscolare.
2	8,35	"	"	172,656	10,506	0,382	0,061	Dopo un'ora e mezzo di riposo.
3	12,37	12°	"	228,334	14,562	0,530	0,065	10 minuti dopo un pasto abbondante.
4	15,21	"	"	207,400	15,607	0,506	0,075	3 ore dopo il pasto.
5	23,5	13°,2	72,5	188,490	13,608	0,498	0,072	Sonno.
6	23,55	"	"	193,248	13,613	0,498	0,070	Sonno.
7	0,50	"	"	209,986	13,392	0,486	0,064	Subito dopo svegliato.

Queste esperienze preliminari dimostrano che nell'uomo la curva dell'eliminazione giornaliera del CO², e la quantità di aria respirata subiscono delle grandi oscillazioni. Infatti noi vediamo, che un giovane sui vent'anni dopo essersi affaticato con un prolungato esercizio muscolare, nel riposo successivo elimina la più piccola quantità di CO² e respira la quantità minore di aria di tutta la giornata (1^a e 2^a esp.): che il massimo dell'aria inspirata e dell'acido carbonico eliminato si ha dopo il pasto, durante la digestione (3^a e 4^a esp.). Le tre ultime esperienze fatte nella quiete assoluta dimostrano che le combustioni organiche, da cui dipende la temperatura del corpo, procedono in modo uniforme quando nessuna causa esterna venga a disturbare la quiete del riposo.