

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCI.

1904

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XIII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1904

le AA₁, BB₁; le rispettive curve coniugate avranno con quelle comuni gli estremi.

Il dott. Bruni, che è della stessa opinione sull'argomento, esporrà tra breve in proposito considerazioni teoriche.

In una prossima Nota dirò di un altro caso che viene a confermare ciò che ora ho esposto.

Mineralogia. — *Contributo alla mineralogia della Sardegna. I. Atacanite, valentinite, leadhillite, caledonite, linarite ed altri minerali dell'Argentiera della Nurra (Portotorres).* Nota di ALBERTO PELLOUX, presentata dal Socio G. STRÜVER.

Questa Nota sarà pubblicata nel prossimo fascicolo.

Fisiologia. — *Ricerche sulla composizione dell'aria negli alveoli polmonari alla pressione normale e nell'aria rarefatta.* Nota del dott. A. AGGAZZOTTI (1), presentata dal Socio A. MOSSO (2).

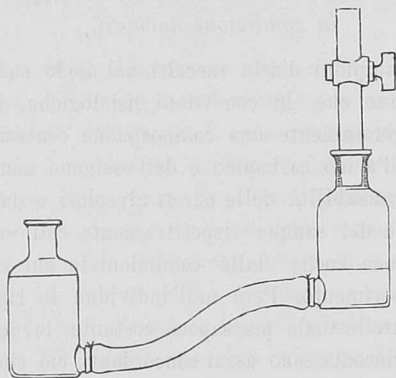
Per conoscere quali sono i mutamenti che succedono nella composizione chimica dell'aria espirata per effetto della diminuita pressione, invece di analizzare tutta l'aria che esce dai polmoni, pensai per consiglio del prof. A. Mosso di esaminare solo l'aria di riserva degli alveoli polmonari a differenti pressioni barometriche. Respirando tranquillamente, a un certo punto facevo un'espiazione profonda contraendo con forza i muscoli espiratori in modo da cacciar fuori una certa quantità dell'aria di riserva e l'ultima parte di quest'aria, raccolta, serviva all'analisi.

Con un contatore ad acqua, ho più volte valutato su me stesso, la quantità d'aria emessa a questo modo con una espiazione profonda, trovandola in media di litri 2: e ho veduto che la quantità d'aria che si può ancora emettere dopo questa espiazione profonda, contraendo fino al massimo i muscoli espiratori, è di circa mezzo litro: però bisogna osservare che nelle nostre esperienze non studiamo le alterazioni che si manifestano in tutti questi 500 c.³ d'aria; ma soltanto in 160-190 c.³; quest'ultima porzione dell'aria di riserva, viene raccolta per mezzo di due boccie a doppia apertura, della capacità di circa 250 c.³ (v. fig.) riunite fra loro con un tubo di gomma

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto di fisiologia nella Università di Torino.

(2) Presentata nella seduta del 4 giugno 1904.

di grosso calibro. L'una di esse è sormontata da un tubo d'ottone, pure di grosso calibro, munito di un rubinetto a chiusura perfetta. Le boccie contengono acqua satura di cloruro sodico. Per fare l'esperienza, si abbassa la boccia col rubinetto e, tenendo questo aperto, si fa affiorare l'acqua salata all'imboccatura superiore del tubo d'ottone, poi si chiude il rubinetto e si mette la boccia su di un piccolo sostegno in modo che rimanga più alta del-



l'altra. Stando in piedi, la persona che fa l'esperienza eseguisce l'espiazione profonda, emettendo l'aria espirata nell'ambiente; alla fine di questa si applicano rapidamente le labbra all'imboccatura superiore del tubo in modo da chiuderlo esattamente e nel momento stesso che si contraggono i muscoli espiratori del torace e dell'addome, si apre e poi subito si chiude il rubinetto. Il largo calibro del tubo d'ottone che sormonta una delle boccie e del tubo di gomma che le riunisce, nonchè il dislivello lasciato appositamente fra le due boccie, permettono di raccogliere rapidamente il campione d'aria che si vuole esaminare.

A. Loewy⁽¹⁾ si era già occupato di questo studio, con metodo alquanto diverso, perchè dell'aria espirata non tenne calcolo dei primi 140 c.³ da lui chiamati « spazio nocivo » (schädlicher Luftraum).

Il metodo che adoperai permette di studiare la tensione dell'acido carbonico e dell'ossigeno negli alveoli polmonari sotto diverse pressioni barometriche, senza essere l'aria diluita con quella che trovasi nella parte superiore dell'albero respiratorio.

(1) Loewy, *Untersuchungen über die Respiration und Circulation bei Aenderung des Druckes*, Berlin, 1895, pag. 9.

Se teniamo calcolo della differenza fra l'azione dell'aria rarefatta sotto alla campana e sull'alta montagna, e il diverso grado di resistenza degli animali e dell'uomo, queste esperienze, vengono ad essere la continuazione e il complemento di quelle che feci precedentemente sulle cavie al Monte Rosa (1).

La composizione centesimale dell'aria, venne sempre determinata col l'apparecchio di V. Grandis (2), di cui controllai più volte l'esattezza facendo l'analisi dell'aria esterna.

Percentuale del CO₂ e O₂; loro tensione parziale negli alveoli polmonari in condizioni normali.

Le analisi dei campioni d'aria raccolti nel modo suddetto e alla pressione normale, mostrano che, in condizioni fisiologiche, l'aria negli alveoli polmonari non ha rigorosamente una composizione centesimale costante, ciò perchè gli scambi dell'acido carbonico e dell'ossigeno non dipendono unicamente dal grado di permeabilità delle pareti alveolari e dal grado di combinazione e dissociazione del sangue rispettivamente coll'ossigeno e coll'acido carbonico, ma dipendono anche dalle condizioni in cui si trova l'individuo nel momento dell'esperimento. Però nell'individuo in riposo, rimanendo il lavoro muscolare e intellettuale pressapoco costante, le determinazioni fatte alle stesse ore della giornata sono assai concordanti, ciò che prova l'esattezza del metodo (3).

Nella tavola I ho diviso le osservazioni in due gruppi e ne riportai quattro fatte al mattino e quattro fatte al pomeriggio; come si vede i valori differiscono pochissimo fra loro; e le esperienze fatte al mattino essendo le più concordanti, mi decisi a fare preferibilmente le esperienze al mattino.

TAVOLA I.

Data	Ora	Pressione baromet.	CO ₂ p. %	O ₂ p. %	O ₂ consumato	Tensione parziale CO ₂ in mm. Hg.	Tensione parziale O ₂ in mm. Hg.	Quoziente respiratorio
5-V . . .	8,45	745	5,9752	15,561	5,389	44,516	115,930	1,108
6 " . . .	9	738	5,9723	14,761	6,189	44,075	108,940	0,9650
16 " . . .	8	744	5,9864	14,121	6,829	44,539	105,060	0,8766
17 " . . .	8	747	5,9831	14,426	6,524	44,694	107,760	0,9171
11 " . . .	14	747	6,6946	14,371	6,579	50,009	107,35	1,017
11 " . . .	16 $\frac{1}{2}$	747	6,3843	14,786	6,164	47,690	110,45	1,035
16 " . . .	15	744	6,2446	15,645	5,305	46,460	116,40	1,177
16 " . . .	18	744	6,5454	15,103	5,847	48,696	112,37	1,119

(1) Rend. R. Accad. Lincei. Sedute 24 aprile e 1° maggio 1904.

(2) V. Grandi, *Description d'un crisiotonometre*. Arch. Ital. di Biol., XXIX, p. 325.

(3) Il maggior numero delle esperienze venne fatto sopra me stesso: ho l'età di anni 27: peso chilogrammi 72, sono alto metri 1,86 ed ho la capacità vitale di litri 5,327.

Percentuale del CO₂ e O₂; loro tensione parziale negli alveoli polmonari nell'aria rarefatta.

Fatta questa prima serie di ricerche, mi accinsi allo studio delle alterazioni che si producono nell'aria residua per effetto della depressione barometrica. Le esperienze che riferisco nella tav. II sono fatte nel seguente modo: dopo preso nel modo suddetto un campione dell'aria di riserva, entravo nella camera pneumatica di ferro descritta nelle Note precedenti, nella quale per mezzo di due pompe messe in azione da un motore elettrico si produceva una forte corrente di aria. Diminuendo per mezzo di una chiavetta l'afflusso dell'aria, le pompe producevano una diminuzione della pressione barometrica, rimanendo pur tuttavia così rapido il ricambio dell'aria sotto alla campana pneumatica, da restare escluso che potesse in tale modo modificarsi la composizione dell'aria inspirata. Io portavo meco quattro paia di recipienti costituiti ciascuno da due ampolle di vetro della capacità di 200 cc. e comunicanti fra loro con un tubo di gomma lungo circa 60 cm.; uno di questi recipienti era pieno di cloruro sodico in soluzione satura: tale pipetta poteva chiudersi con un tubo di gomma ed una pinzetta. Stando in piedi, dopo preparate le boccie e tenendone una alta e l'altra bassa come trovasi rappresentato nella figura, prendevo un campione dell'aria alveolare nel modo già descritto e chiuso il rubinetto, riempivo con acqua salata la porzione di tubo sovrastante al medesimo. Un tappo di gomma attraversato da un tubo di vetro introdotto nel tubo d'ottone, serviva per travasare l'aria contenuta dentro la boccia nelle pipette, per poterla esaminare dopo finita l'esperienza.

Come si vede dalla seguente tabella, ho preso talora quattro campioni di aria restando sotto alla campana pneumatica fino alla rarefazione di mezza atmosfera. Dai risultati delle analisi contenuti nella presente tabella risulta, che rarefacendosi l'aria, aumenta la quantità di acido carbonico contenuto nei polmoni e diminuisce quella dell'ossigeno. Queste alterazioni dell'aria negli alveoli cominciano a manifestarsi a pressione assai più vicina alla normale di quanto non si credesse prima dagli autori.

Loewy infatti ammette che le esperienze fatte colla campana pneumatica si possono dividere in due grandi gruppi: quelle nelle quali la pressione non scende sotto i 450 mm. di Hg, e quelle in cui si raggiungono rarefazioni più forti: nel primo gruppo i fenomeni respiratori secondo Loewy, rimangono inalterati, nel secondo si ha un forte innalzamento del volume d'aria respirata, con aumento del CO₂ eliminato, e dell'O₂ consumato.

Anche Jaquet e Stähelin ⁽¹⁾ recentemente in base alle loro ricerche. cre-

⁽¹⁾ *Stoffwechselforschung im Hochgebirge* — *Arch. f. experimentelle Pathol. und Pharmak.* 1901, p. 286.

dono di poter distinguere le esperienze nell'aria rarefatta per mezzo della campana pneumatica, in tre gruppi:

TAVOLA II.

Data	Ora	Pressione baromet. in m.m.	CO ₂ per %	O ₂ per %	O ₂ consumato	Tensione parziale del CO ₂ in mm. di Hg.	Tensione parziale del O ₂ in mm. di Hg.	Quoziente respiratorio	Annotazioni
A. Aggazzotti									
5-V.	9	745	5,9752	15,561	5,389	44,516	115,930	1,1080	Preso un caffè e latte alle ore 7.30.
"	"	642	5,2869	15,955	4,995	33,943	102,440	1,0580	
"	"	542	7,7638	15,262	5,688	42,080	82,721	1,3640	
"	"	382	9,5237	12,904	8,043	32,594	49,294	1,0600	
6-V.	9	738	5,9723	14,761	6,189	44,075	108,940	0,9650	Completamente a digiuno da 14 ore.
"	"	538	6,6357	12,088	8,862	35,700	65,033	0,7487	
"	"	358	7,2448	12,941	8,009	20,602	46,331	0,9046	
"	"	"	8,2346	13,527	7,423	29,483	48,427	1,1090	15 minuti dopo.
"	"	538	6,1533	14,760	6,190	33,104	79,408	0,9940	
16-V.	8	744	5,9864	14,121	6,829	44,539	105,060	0,8766	Ho preso un caffè e latte alle ore 7.30.
"	"	644	6,9141	13,090	7,860	44,526	84,301	0,8796	
"	"	604	7,1117	12,272	8,678	42,955	74,122	0,8195	
"	"	484	9,0817	10,823	10,127	43,955	52,383	0,8967	
"	"	744	5,2580	14,971	5,979	29,210	111,390	0,8814	
17-V.	8	747	5,9831	14,426	6,524	44,694	107,760	0,9171	Preso un caffè e latte alle ore 7.
"	"	697	5,7602	14,508	6,442	40,148	127,300	0,9841	
"	"	647	6,0013	14,413	6,537	38,828	93,249	0,9180	
"	"	597	7,1113	13,589	7,361	42,454	81,123	0,9660	
A. Mosso									
7-V.	10.30	736	4,9867	15,643	5,307	36,702	115,140	0,9396	
"	"	536	6,8465	13,230	7,720	36,697	70,914	0,8868	
C. Foà									
8-V.	10	745	4,9952	15,984	4,966	37,214	119,080	1,005	
"	"	425	8,5898	12,232	8,318	36,506	53,195	1,032	
G. Mondo									
7-V.	16.30	734	5,4253	16,355	4,595	39,821	120,050	1,180	30 minuti dopo.
"	"	534	7,0384	14,197	6,753	37,585	75,814	1,042	
"	"	"	7,3495	14,229	7,450	39,227	75,984	1,093	

1° Esperienze fatte con una rarefazione minore di $\frac{3}{4}$ o $\frac{2}{3}$ di atmosfera o con una diminuzione della percentuale dell'ossigeno nell'aria inspirata fino

a circa 15%: in esse non si può, con sicurezza, riscontrare alcun cambiamento negli scambi respiratori.

2° Esperienze fatte ad una pressione di $\frac{2}{3}$ o $\frac{3}{4}$ di atmosfera o con una percentuale d'O₂ del 15%: in esse, per alcuni autori, si ha un rinforzo della meccanica respiratoria senza però avere un cambiamento negli scambi respiratori; per alcuni altri, notevole aumento del CO₂ eliminato e del O₂ consumato; però sempre in misura tale da essere spiegati coll'aumentata meccanica respiratoria.

3° Esperienze fatte con una depressione di 350-450 mm. di Hg o con una percentuale del 9-12% di O₂, in esse comparisce un mutamento costante negli scambi respiratori, il consumo dell'O₂ aumenta, l'eliminazione del CO₂ rimane uguale o diminuisce.

Dai risultati delle nostre esperienze si vede come non siano giuste queste classificazioni, poichè le alterazioni del chimismo respiratorio incominciano sempre prima di $\frac{2}{3}$ o $\frac{3}{4}$ di atmosfera. Esse incominciano gradatamente, in modo che è difficile poter dire con precisione, dove termina il normale ed incominciano gli effetti dell'aria rarefatta. Nell'esperienza 16-V in cui presi il primo campione alla pressione di 644 m.m. trovai l'acido carbonico già aumentato da 5,9864% a 6,9141%, e l'ossigeno diminuito da 14,121% a 13,099%, però questa fu una eccezione. Nell'esperienza 17-V presi un campione più spesso, ogni volta che la pressione era diminuita di 50 mm. di Hg e ad ogni grado di rarefazione prima di prendere il campione, attendevo cinque minuti; in essa si vede che i mutamenti avvengono assai più gradatamente: il primo campione che presi alla pressione normale, ma quando già mi trovavo sotto la campana, per escludere l'azione che i preparativi dell'esperienza potessero avere per loro stessi sull'intensità degli scambi respiratori, diede dei valori che non differivano dagli altri valori normali. Nel campione preso alla pressione di 697 mm., trovai una percentuale di acido carbonico lievemente minore, e una percentuale d'ossigeno lievemente aumentata. Nel terzo campione alla pressione di 647 mm. trovai 0,1% di più di CO₂, mentre l'ossigeno rimase presso a poco normale. A questo punto pare incominci ad aumentare l'eliminazione del CO₂ poichè nel quarto campione, preso alla pressione di 597 mm., l'acido carbonico v'era già cresciuto del 1,2% e l'ossigeno diminuito del 1%.

Siccome però anche nell'esperienza 5-V trovai nel primo campione preso alla pressione di 642 la lieve diminuzione del 0,7% nella percentuale del CO₂ e un lievissimo aumento 0,4% del O₂, possiamo ritenere costante come primo effetto una diminuzione nelle percentuali del CO₂ e un aumento in quella del O₂; effetto lieve e di breve durata, perchè presto comparisce l'aumento degli scambi respiratori. In media questa incomincia fra 647 e 597 mm. di pressione, cioè a circa $\frac{8}{10}$ di atmosfera. Alla pressione di 506 mm. e a maggior ragione alla pressione di 450 mm., ritenuti come limiti nella com-

parsa degli effetti dell'aria rarefatta, dagli autori su citati, le alterazioni nel ricambio respiratorio sono già molto forti.

Infatti considerando le esperienze in cui si arrivò a rarefazioni più forti, troviamo che fra $\frac{8}{10}$ e $\frac{7}{10}$ di atmosfera, fra 608 e 532 mm., l'acido carbonico eliminato aumenta del 1,8 al 2,5 % e l'ossigeno consumato aumenta pure del 2-3 %. Alla pressione di $\frac{6}{10}$ di atmosfera 456 mm., l'aumento nell'eliminazione del CO_2 arriva fino al 3,5 % e l'aumento nel consumo di ossigeno è di altrettanto. A rarefazioni minori di $\frac{6}{10}$ la percentuale del CO_2 pare non continui ad aumentare, ma s'abbassi; quella dell'ossigeno seguita a diminuire.

Però i valori che si ottengono a forti rarefazioni, non sono fra loro così perfettamente concordanti come i valori alla pressione normale, o quando essa è di poco diminuita e le oscillazioni sono assai più forti.

Dai valori medi di tutte le esperienze fatte, noi possiamo concludere che appena si abbassa la pressione barometrica, la percentuale del CO_2 negli alveoli diminuisce, ma che già fra 684 e 608 mm. incomincia a manifestarsi una eliminazione maggiore del normale di acido carbonico ed un consumo pure più forte di ossigeno. Alla pressione di 608 e 456 mm. questi effetti diventano rapidamente molto evidenti e raggiungono il loro valore massimo alla pressione di circa 456 mm. Dopo questo limite, inferiore all'altezza del Monte Rosa, continuando la rarefazione dell'aria, diminuisce la percentuale dell'acido carbonico e quella dell' O_2 continua ancora a diminuire, ma più lentamente. Nell'aria fortemente rarefatta e per valori eguali della pressione barometrica le oscillazioni nelle percentuali del CO_2 e O_2 contenuti nell'aria di riserva, sono assai più forti che alla pressione normale o di poco diminuita.

Questi risultati concordano con quanto trovarono Mosso e Marro⁽¹⁾ studiando l'acapnia prodotta nell'uomo dalla diminuita pressione barometrica. Essi riscontrarono che l'inserviente Giorgio Mondo alla pressione di 545 mm., eliminava in 30 minuti da 1,5 a 2 grammi di CO_2 in più che nel normale. Sulla stessa persona ho voluto ripetere l'esperienza, rimanendo nelle medesime condizioni, ma osservando solamente i cambiamenti prodotti dall'aria rarefatta sull'aria di riserva, e non in tutta l'aria espirata in 30 minuti. Alla pressione di 734 mm. trovai 5,1253 % di CO_2 e 16,355 % di O_2 . Appena la pressione arrivò a 534 mm. trovai 7,0384 % di CO_2 e 14,197 % di O_2 : dopo 30 minuti che la persona in esperimento si trovava a questa pressione, trovai 7,3459 % di CO_2 e 14,229 % di O_2 .

I valori di queste esperienze verranno più attentamente esaminati in una Nota successiva.

(1) Mosso e Marro, *L'acapnia prodotta nell'uomo dalla diminuita pressione barometrica*. Rendic. Accad. dei Lincei, seduta del 21 giugno 1903.