

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCI.

1904

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XIII.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1904

Fisiologia. — *La diminuzione dell'anidride carbonica che osservasi negli alveoli polmonari dell'uomo quando questo ritorna alla pressione barometrica normale dopo aver subita l'azione dell'aria rarefatta* (1). Nota del dott. A. AGGAZZOTTI, presentata dal Socio A. Mosso.

Per approfondire meglio lo studio dei mutamenti che succedono nell'organismo sottoposto a forti depressioni barometriche, studiai le alterazioni che succedono nell'aria alveolare dei polmoni, quando io, dopo essere stato nell'aria rarefatta, tornavo alla pressione atmosferica ordinaria. A tale scopo col metodo che ho già descritto in una precedente Nota (2), feci su di me parecchie esperienze, prendendo diversi campioni dall'aria alveolare: prima di subire la depressione barometrica, mentre questa si produceva, mentre la pressione tornava ad aumentare e quando essa era ritornata normale.

Riferisco la prima esperienza per esteso e delle altre, per brevità, mi limiterò a dare solo i risultati delle analisi dell'aria in una tabella riassuntiva.

ESPERIENZA 1^a.

6-V-1904. Pressione barometrica 738 mm. Temperatura 22°,5.

Ore 9. Analizzo l'aria di riserva prima di entrare sotto la campana pneumatica e trovo che contiene:

CO₂ 5,97 % O₂ 14,76 %.

Ore 9,20. Entro nella campana pneumatica e si incomincia la rarefazione dell'aria.

Ore 9,25. La pressione è di 538 mm. Temp. 23°. Regolo l'afflusso dell'aria in modo che la pressione rimanga costante, poi prendo un campione dell'aria di riserva; essa contiene (le analisi vennero fatte subito dopo finita l'esperienza):

CO₂ 6,63 % O₂ 12,08 %.

Ore 9,30. La pressione è 358 mm. Temp. 23°. Faccio in modo che la pressione barometrica rimanga costante per un quarto d'ora; durante questo tempo prendo due campioni dell'aria di riserva e trovo:

CO₂ 7,24 % O₂ 12,94 %.

CO₂ 8,23 % O₂ 13,52 %.

Ore 9,45. Apro completamente il robinetto di afflusso dell'aria in modo che, sebbene le pompe continuino a funzionare, la pressione aumenta.

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto fisiologico della R. Università di Torino.

(2) A. Aggazzotti, Rendiconti R. Accademia dei Lincei, fasc. 12, 1° sem. 1904, pag. 732.

Ore 9,49. La pressione è 538 mm. Temp. 23°,5. Diminuisco l'entrata dell'aria in modo che la pressione rimanga di nuovo costante, poi prendo un campione dell'aria di riserva; essa contiene:

CO₂ 6,15 % O₂ 14,76 %.

In questa esperienza si vede come alla pressione di 538 mm. durante il ritorno alla pressione normale, cioè dopo che l'organismo è rimasto per quindici minuti nell'aria rarefatta a 358 mm., l'acido carbonico nell'aria alveolare è 0,48 % di meno che alla stessa pressione di 538 mm., quando si faceva la rarefazione.

I risultati di questa e di altre cinque esperienze che vennero fatte egualmente sopra di me si trovano riassunti nella seguente tabella:

	Data	Ora	Temperat.	Press. barom. in mm.	Percentuale del CO ₂	Percentuale del O ₂
I.	6-V-1904	9	22°,5	738	5,97	14,76
		9,25	23°	538	6,63	12,08
		9,35	23°	358	7,24	12,94
		9,40	23°,5	"	8,23	13,52
		9,49	23°,5	538	6,15	14,76
II.	16-V-1904	8	22°	744	5,98	14,12
		8,45	24°	484	9,08	10,82
		9,30	23°	744	5,25	14,97
III.	3-VI-1904	8	23°	742	5,90	15,13
		8,23	25°	422	?	?
		8,40	23°	742	6,06	14,78
IV.	4-VI-1904	8,55	"	742	5,74	15,42
		9,10	"	742	5,83	15,03
		8,	23°	745	5,74	15,08
		8,23	24°	584	7,37	12,26
		8,30	24°,5	425	?	?
V.	18-VI-1904	9,05	24°,5	584	6,22	12,06
		9,10	25°	785	5,01	14,64
		9,20	23°	745	5,61	14,49
		8,30	23°	743	5,35	15,33
		8,50	24°	423	8,08	?
VI.	19-VI-1904	9,35	23°,5	733	4,43	16,15
		9,42	23°	743	4,84	15,85
		9,58	"	743	5,24	15,51
		8	23°	744	5,33	15,23
VI.	19-VI-1904	8,47	24°,5	424	8,65	12,30
		9,30	24°,5	434	4,87	15,94
		9,40	23°	744	5,13	15,52
		2,55	"	744	5,25	15,06
		10,20	"	744	5,45	14,96

Da queste sei esperienze risulta in modo costante che quando io tornavo alla pressione barometrica ordinaria dopo essere stato per un certo tempo nell'aria rarefatta, si trovava una quantità minore di CO₂ nei polmoni.

Nell'esperienza III, l'aria di riserva contiene solo apparentemente una maggior quantità di CO₂ dopo essere stato nell'aria rarefatta; per ritornare alla pressione normale avendo fatto cessare l'aspirazione delle pompe, sotto alla campana si era accumulato acido carbonico.

Siccome con questo metodo non si determina la quantità assoluta di CO₂ che elimina l'organismo, ma solo la percentuale di CO₂ contenuta nell'aria di riserva in un dato istante, prima di trarre una conclusione dobbiamo conoscere se la ventilazione polmonare quando torniamo alla pressione ordinaria sia maggiore, o minore del normale. Dirò subito che la ventilazione è minore. Non è dunque un aumento della ventilazione che possa spiegare la diminuita percentuale del CO₂ nell'aria alveolare, che anzi succede il fenomeno opposto, perchè la profondità e la frequenza dei moti respiratori scendono sotto il normale. Si tratta qui di un fenomeno costante e la percentuale del CO₂ nell'aria alveolare dopo che operò la depressione barometrica, va gradatamente aumentando, fino a raggiungere nello spazio di circa un'ora i valori primitivi.

Per misurare il volume dell'aria inspirata adoperai il metodo che ho già descritto nelle Note precedenti: servendomi di un contatore molto sensibile e di una maschera di guttaperca modellata sul mio volto, che chiudeva ermeticamente sulla pelle per mezzo di un bordo di mastice, o di vasellina. Due valvole di Müller servivano a dare una corrente costante all'aria, in modo che nell'inspirazione veniva misurato il volume dell'aria introdotta nei polmoni.

ESPERIENZA 1^a.

Stando in piedi misuro l'aria inspirata prima e dopo la depressione barometrica.

Per essere completamente in riposo feci l'esperienza al mattino appena alzato e prima di incominciare a respirare nel contatore, rimasi una mezz'ora seduto e tranquillo. Il meccanico del laboratorio scriveva le indicazioni del contatore ogni cinque minuti; in generale l'esperienza durava venti minuti; contemporaneamente con un cronometro si teneva nota della frequenza degli atti respiratori

24-VI-1904. Prima di fare la rarefazione. Pressione 746 mm. Temperatura 23°.

Ore	Litri d'aria respirati	Frequenza del respiro	Aria respirata per ogni atto respiratorio in cc.
8,30	—	—	—
8,35	44,730	13-13-13-13	688
8,40	42,7392	13-13-13-13	657,5
8,45	34,4736	13-13-14-13	530,3
8,50	40,0176	13-13-13-13	615,6
20'	161,9604	13	622,8

Appena fatta questa determinazione vado nella campana pneumatica e si incomincia la rarefazione dell'aria. in sette minuti la pressione è 426 mm.; si regola l'afflusso dell'aria, in modo che essa rimanga costante. Passati trenta minuti si ritorna alla pressione normale rapidamente, poi faccio di nuovo una determinazione dell'aria espirata, mettendomi nelle stesse condizioni di prima.

Dopo essere stato nell'aria rarefatta.

Ore	Litri d'aria respirati	Frequenza del respiro	Aria respirata per ogni atto respiratorio in cc.
10,3	—	—	—
10,8	24,318	12-12-12-12	405,3
10,13	45,360	13-13-13-13	697,0
10,18	33,264	13-13-13-13	511,7
10,23	31,408	13-13-13-13	522,3
20'	133,904	12-13	534,0

Dopo l'azione dell'aria rarefatta si respira 24,57 litri di meno in venti minuti. La frequenza del respiro nei primi cinque minuti è di 12 invece che di 13 atti respiratori al minuto come nella prima determinazione.

ESPERIENZA 2^a.

In questa esperienza invece dell'aria espirata si misura l'aria inspirata in venti minuti, prima di rarefare l'aria, quando l'aria è rarefatta alla pressione di 429 mm., e in fine quando la pressione è ritornata normale. In questa esperienza io resto seduto, nell'altra stavo in piedi.

Prima di subire l'azione dell'aria rarefatta. Pressione 749. Temp. 23°.

Ore	Litri respirati ogni 5 minuti	Frequenza	Aria respirata ad ogni atto respiratorio in cc.
8	—	12 — 12 —	508
8,5	30,492	11 $\frac{1}{2}$ — 12 — 11 $\frac{1}{2}$	516
8,10	30,996	12 — 12 — 12	476
8,15	28,602	12 — 12	481
8,20	28,904	—	—
	118,994	11 $\frac{1}{2}$ — 12	495

Nell'aria rarefatta: Pressione 429. Temp. 24°5.

Ore	Litri respirati ogni 5 minuti	Frequenza	Aria respirata ad ogni atto respiratorio in cc.
8	—	11 $\frac{1}{2}$ — 12 — 12 $\frac{1}{2}$	550
9,5	34,851	12 — 12 $\frac{1}{2}$ — 12 $\frac{1}{2}$	499
9,10	31,248	13 — 13 — 12	464
9,15	29,358	13 — 12	585
9,20	36,565	—	—
	132,022	11 $\frac{1}{2}$ — 13	532

Dopo la rarefazione: Pressione 749. Temp. 23°.

Ore	Litri respirati ogni 5 minuti	Frequenza	Aria respirata ad ogni atto respiratorio in cc.
9,27	—	11 — 10 $\frac{1}{2}$ — 11	448
9,32	24,696	11 — 11 — 10 $\frac{1}{2}$	565
9,37	31,122	11 — 11 — 11	483
9,42	26,586	11 $\frac{1}{2}$ — 11 — 11 $\frac{1}{2}$	547
9,47	30,114	—	—
	112,518	10 $\frac{1}{2}$ — 11 $\frac{1}{2}$	410

La quantità d'aria respirata dopo essere stato nell'aria rarefatta è minore anche in questa esperienza specialmente nei primi cinque minuti; la differenza però colla quantità d'aria respirata prima della rarefazione è di soli litri 6,476. Il ritmo del respiro è di poco mutato, il normale variava fra 11 $\frac{1}{2}$ — 12, dopo fra 10 $\frac{1}{2}$ — 11 $\frac{1}{2}$. Nell'aria rarefatta il volume d'aria respirato in venti minuti è maggiore del normale di litri 13,028, anche la frequenza è maggiore, essendo 12 — 13.

Stando seduto la quantità d'aria respirata è minore.

ESPERIENZA 3^a.

Collo stesso metodo delle altre esperienze misuro l'aria inspirata prima e dopo la rarefazione nello spazio di 20 minuti.

Però in questa esperienza quando la pressione è ritornata normale faccio due determinazioni, una subito appena sortito dalla campana, e l'altra un'ora e 20 minuti dopo; nel tempo che intercede fra una determinazione e l'altra rimango seduto e in perfetto riposo. Se la quantità d'aria respirata dopo essere stato nella campana era minore per effetto del riposo, in questa terza determinazione la quantità d'aria respirata avrebbe dovuto rimanere uguale alla seconda determinazione, oppure diminuire.

Prima di subire l'azione dell'aria rarefatta. Pressione 743. Temp. 23°.

Ore	Litri respirati ogni 5 minuti	Frequenza	Aria respirata ad ogni atto respiratorio in cc.
8,35	—	13 — 12	506
8,40	37,903	12 — 11	641
8,45	40,116	11 — 11	664
8,50	36,540	11 — 11	579
8,55	31,852	—	—
	146,411	13 — 11	597

Nella campana l'aria viene rarefatta fino alla pressione di 423 mm. e vi rimango per 25 minuti. Non faccio una determinazione dell'aria respirata perchè i muscoli respiratori non siano già affaticati quando dovrò fare la determinazione dopo che la pressione è ritornata normale. Il ritorno alla pressione normale si fa rapidamente in 4 minuti; non appena sono sortito dalla campana faccio la determinazione. Nella campana la temperatura era salita da 23° a 25° 5.

Dopo la rarefazione. Pressione 743. Temperatura 23°.

Ore	Litri respirati ogni 5 minuti	Frequenza	Aria respirata ad ogni atto respiratorio in cc.
9,30	—	13 — 11 $\frac{1}{2}$	489
9,35	29,383	12 — 12	529
9,40	31,767	12 — 12	570
9,45	34,246	12 — 12	619
9,50	37,144	—	—
	<hr/> 132,550	<hr/> 13 — 11 $\frac{1}{2}$	<hr/> 551

Seconda determinazione ore 1,20 dopo l'azione dell'aria rarefatta.

10,50	—	14 — 13	542
10,55	36,640	12 — 12	542
10,60	33,894	13 — 12	546
11,05	34,171	12 — 12	579
11,10	34,750	—	—
	<hr/> 139,455	<hr/> 12 — 14	<hr/> 552

Appena ritornato alla pressione normale nei primi 20 minuti si respirano litri 13,861 di meno, la diminuzione dell'aria respirata è anche in questa esperienza specialmente evidente nei primi 5 minuti; è importante notare come il volume d'aria respirata vada gradatamente aumentando, mentre in generale nelle determinazioni fatte prima della rarefazione vi si nota una tendenza a diminuire per effetto forse dell'adattamento a respirare colla resistenza delle valvole e del contatore.

Nella seconda determinazione fatta un'ora e 20 minuti dopo essere stato nell'aria rarefatta, il volume d'aria respirata è già aumentato, e sebbene ancora inferiore a quello trovato nello stesso tempo prima di fare la rarefazione, pure i valori delle singole letture fatte di cinque in cinque minuti, sono già pressapoco uguali fra loro, ciò che indica probabilmente che l'azione dell'aria rarefatta è terminata.

Devo dunque concludere:

1° che io respiro un volume d'aria minore quando ritorno alla pressione barometrica normale dopo aver subita l'azione dell'aria rarefatta;

2° che io elimino una quantità minore del normale di anidride carbonica dopo aver subito una depressione barometrica corrispondente all'altezza del Monte Rosa, perché l'analisi mostra nell'aria degli alveoli una quantità minore di CO₂ sebbene la ventilazione polmonare sia meno intensa.

Dopo le recenti esperienze di Tissot (1) dalle quali risulta che le combustioni organiche sono indipendenti dalla proporzione di ossigeno contenuta nel sangue arterioso e che la respirazione in un'atmosfera con ossigeno

(1) I. Tissot, Comptes Rendus 1904, vol. CXXXVIII, pag. 1545.

fortemente rarefatto, provoca un abbassamento considerevole nel contenuto di ossigeno del sangue arterioso, ma non modifica i valori degli scambi respiratori, noi dobbiamo dare un'importanza minore all'ossigeno, e tenere maggior calcolo delle variazioni che succedono nell'anidride carbonica tanto nel sangue arterioso quanto nell'aria alveolare. La diminuzione del CO_2 , che osservai sopra me stesso, quando dopo subita l'azione dell'aria rarefatta tornavo alla pressione barometrica normale, va probabilmente d'accordo con la aumentata eliminazione dell'anidride carbonica che osservarono A. Mosso e G. Marro ⁽¹⁾ diminuendo la pressione barometrica a 550 mm. nella campana pneumatica dove c'era un uomo del quale studiavano tutta l'anidride carbonica eliminata dai polmoni e dalla pelle. Per una diminuzione inferiore ad un terzo dell'atmosfera, trovarono per mezz'ora una eliminazione maggiore di circa 2 gr. di anidride carbonica. Non potendo ammettere che per una differenza così piccola di pressione cambiassero i processi di combustione, Mosso e Marro conchiusero che per effetto della pressione barometrica a 540 mm. doveva essere succeduta una decomposizione chimica nei componenti del sangue e dei tessuti che aveva messo in libertà del CO_2 .

Si potrebbe spiegare il risultato di queste mie esperienze ammettendo che siano scemati i processi di combustione dell'organismo, ma questo in seguito alle ricerche sopra ricordate di Tissot sembra poco probabile. Onde io vedendo che succede una diminuzione di CO_2 negli alveoli sebbene la ventilazione polmonare sia meno intensa, quando dopo aver subita l'influenza di una depressione barometrica ritorno alla pressione normale, conchiudo che *l'eliminazione di CO_2 dopo l'azione dell'aria rarefatta è minore, perché durante la rarefazione è facilitata l'eliminazione del CO_2 dal sangue, mentre che la sua produzione nell'organismo non è sufficiente per mantenerne la quantità normale nei polmoni quando torniamo alla pressione barometrica normale.*

La quantità diminuita di anidride carbonica studiata in questa Nota, rappresenta la quantità di CO_2 che va nuovamente accumulandosi nel sangue dopo l'acapnia. Nei tessuti e nel sangue tornano a formarsi quei composti ricchi di anidride carbonica che A. Mosso e G. Marro mostrarono disfarsi per depressioni barometriche relativamente poco considerevoli ed in condizioni tali da non poter ammettere un'alterazione nel metabolismo per deficienza di ossigeno.

Nelle esperienze che ho qui riportato non si riscontra una evidente diminuzione del ritmo respiratorio, ma A. Mosso nelle esperienze sulle scimmie aveva già notato costantemente una diminuzione del ritmo respiratorio

⁽¹⁾ A. Mosso e G. Marro, *L'Acapnia prodotta nell'uomo dalla diminuita pressione barometrica*. Rend. R. Acc. Lincei, fasc. 12, 1° sem. 1903, pag. 454.

quando la pressione ritorna normale, anche quando durante la rarefazione la tensione dell'ossigeno era rimasta normale. Allora egli ne arguiva che nell'aria rarefatta certi fenomeni e fra questi anche la diminuzione del ritmo respiratorio, non dipendevano dalla diminuzione della tensione dell'ossigeno, ma vi doveva essere qualche altra causa. Ora si può interpretare questo rallentamento del ritmo respiratorio come l'effetto della diminuzione del CO_2 nel sangue e nei tessuti.

Queste mie esperienze verrebbero quindi in appoggio di quelle testè ricordate di A. Mosso e G. Marro sull'acapnia, perchè formandosi nuovamente nel sangue dei prodotti ricchi di CO_2 verrebbe sottratta per un certo tempo questa sostanza eccitante dei centri respiratori, onde si rallenterebbe la frequenza e diminuirebbe la profondità dei moti respiratori quando dopo l'azione dell'aria rarefatta si torna alla pressione barometrica normale.

CORRISPONDENZA

Giunse all'Accademia un piego suggellato inviato dal prof. GIUSEPPE PLANCHER e dal dott. ORESTE CARRASCO per esser conservato negli archivi dell'Accademia.

V. C.