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

Fisiologia. — *Il ricambio respiratorio delle cavie sulla vetta del Monte Rosa.* Nota del dott. A. Aggazzotti [1], presentata dal Socio A. Mosso.

Il giorno 4 di agosto partimmo da Torino per Alagna (m. 1180 sul livello del mare); quivi dovemmo rimanere 8 giorni per far trasportare le casse e gli apparecchi alla capanna Regina Margherita: durante questi giorni le cavie che avevamo prese con noi, non poterono venire governate col regime secco, ma fu loro dato anche erba fresca, carote ecc. Il giorno 12 e 13 furono trasportate alla capanna Regina Margherita nell'altitudine di 4560 m., e subito venne ripreso il regime che avevano a Torino. Nessun fenomeno fece supporre che esse avessero sofferto pell'aria rarefatta. Nella capanna furono messe in una cassa di legno di circa un metro di lunghezza e mezzo metro di larghezza, che veniva tenuta nella cucina, che era l'ambiente più riparato e più caldo.

Solamente il giorno 22 agosto, cioè dieci giorni dopo che le cavie si trovavano sul Monte Rosa, feci la presente serie di ricerche. La tecnica fu rigorosamente la stessa che a Torino. Gli esperimenti erano fatti nella cucina medesima, alla temperatura di 18° o 20° gradi. Però l'aria che doveva passare sotto alla campana non poteva essere quella della cucina, perchè questo era un ambiente ristretto e poco ventilato, perciò essa veniva presa direttamente dall'esterno, mediante un tubo di gomma di grosso calibro che usciva per un foro dalla finestra. Il detto tubo era lungo due metri circa e lung'esso l'aria si riscaldava, di guisa che sotto alla campana la temperatura oscillava come a Torino fra 19° e 20°. Era assai importante che la temperatura nelle due serie di esperienze fosse sempre la stessa, perchè le sue variazioni avrebbero per sè stesse fatto variare l'intensità degli scambi respiratorî, indipendentemente dalla pressione. Infatti Falloiset [2] trovò questa influenza marcatissima nelle cavie; esse a 7° eliminavano quasi la metà di CO_2 che a 19°; mentre che se la temperatura s'innalzava sopra i 19° o 21° cent., allora il CO_2 aumentava invece di diminuire.

Sul Monte Rosa feci otto esperienze riassunte nella tavola II.

[1] Lavoro eseguito nella quarta spedizione sul Monte Rosa diretta dal prof. A. Mosso.

[2] Falloiset, *Influence de la température extérieure sur les échanges respiratoires chez les animaux à sang chaud et chez l'homme.* Arch. de Biologie 1901, pag. 761.

TAVOLA II.

Data	Pressione	Temperatura	Analisi dell'aria respirata: p. % di CO_2	Analisi dell'aria respirata: p. % di O_2	p. % di CO_2 elimin.	p. % di O_2 consum.	cm^3 di CO_2 elimin. in 1 m^2 a 0° e 76 mm.	cm^3 di O_2 consum. in 1 m^2 a 0° e 76 mm.	Quoziente Resp.	cm^3 di CO_2 elimin. in 1 m^2 a 0° e 76 mm.	cm^3 di O_2 consum. in 1 m^2 a 0° e 76 mm.	gr. di CO_2 elimin. per kilogramm-ora	gr. di O_2 consum. per kilogramm-ora	Peso dell'animale
22 VIII	440	18°	1,1405	19,376	1,1305	1,554	153,88	211,53	0,727	5,495	7,554	1,8417	1,8309	354
22 VIII	440	18	1,2400	19,353	1,2300	1,577	167,42	214,66	0,780	5,979	7,776	2,2378	2,0999	317
23 VIII	440,5	18	1,0795	19,682	1,0695	1,248	145,58	169,87	0,680	5,199	6,067	1,9582	1,6526	315
23 VIII	440,5	18, 5	1,4907	19,036	1,4807	1,894	201,55	257,81	0,781	7,198	9,207	2,440	2,2571	350
24 VIII	439	19	1,0780	19,306	1,0680	1,624	145,37	221,05	0,657	5,192	7,894	1,7654	1,9830	341
25 VIII	440,3	19	1,5340	19,308	1,5240	1,622	207,44	220,79	0,939	7,408	7,885	2,7044	2,0818	325
25 VIII	440,3	18, 2	1,4073	18,873	1,3973	2,057	190,20	280,00	0,679	6,792	9,999	2,2018	2,3441	366
26 VIII	440	19	1,1305	19,235	1,1205	1,695	152,52	230,72	0,661	5,447	8,240	1,7641	1,9749	358
Medie			1,2625	19,271	1,2525	1,659	170,49	225,8	0,738	6,088	8,077	2,1142	2,0282	340

Se confrontiamo le medie delle esperienze di Torino, con quelle fatte sul Monte Rosa (raccolte nella tavola III), tenendo calcolo dell'aumento in peso delle cavie, vediamo che la differenza fra l'acido carbonico eliminato e l'ossigeno consumato, è minima.

TAVOLA III.

	Pressione	cm^3 di CO_2 dim. in 28' non ridotti	cm^3 di O_2 cons. in 28' non ridotti	cm^3 di CO_2 elim. in 28' ridotti a 0° e 76 mm	cm^3 di O_2 cons. in 28' ridotti a 0° e 76 mm	Q. R.	gr. di CO_2 elimin. per kilogramm-ora	gr. di O_2 consum. per kilogramm-ora	Peso delle cavie
A Torino	745	168,66	231,37	152,01	210,54	0,723	2,0238	2,0321	317
Sul Monte Rosa	440	313,66	415,46	170,49	225,80	0,738	2,1142	2,0282	340
Differenza . . .	305	145,0	184,09	18,48	15,26	0,015	0,0904	0,0039	23

Infatti a Torino una cavia elimina grammi 2,0238 di CO_2 e consuma gr. 2,0321 di O_2 e sul Monte Rosa gr. 2,1142 di CO_2 e gr. 2,0282 di O_2 per Kilogramm-ora cioè appena il 4,4669 % di CO_2 in più e il 0,19191 % in meno di O_2 Il quoziente respiratorio è rimasto pressapoco invariato.

I limiti entro i quali oscillano i singoli risultati, sono piuttosto ampii ed in parte si compenetrano, ma i valori massimi delle esperienze di Torino non oltrepassano i valori massimi di quelle fatte al Monte Rosa e i valori minimi di queste, sono superiori ai valori minimi di quelle.

Il debole aumento nell' intensità degli scambi respiratori, sul Monte non può dipendere dalla maggiore età che avevano le cavie in confronto di quando si fecero le esperienze a Torino; Mayer (1) dimostrò in questi stessi animali, che, allo stato di riposo, l' intensità degli scambi respiratori per Kilogram-ora cade rapidamente nei primi giorni di vita, ma che dopo il terzo mese le combustioni organiche rimangono invariate.

Se ora confrontiamo i risultati di queste esperienze con quelli che gli altri esperimentatori ebbero studiando il ricambio respiratorio a grandi altezze, vediamo che Schumburg e N. Zuntz (2), facendo su loro stessi varie serie di esperienze, prima a Berlino (42 m.), poi a Zermatt (1632 m.) e alla Betempshütte (2800 m.) e finalmente sul Monte Rosa (4560 m.), trovarono, un aumento dell'ossigeno consumato e dell'anidride carbonica emessa, specialmente in Schumburg. Però l'aumento del CO_2 era così debole che si poteva sufficientemente spiegarlo coll'aumentata attività respiratoria: e ne conclusero che l'aria rarefatta non aveva nessun effetto sul chimismo respiratorio. Altri ricercatori ebbero dei risultati molto diversi: Jaquet e Stähelin (3) fecero delle esperienze sul proprio ricambio respiratorio prima a Basel (270 m.) poi a Chasseral (1600 m.) indi nuovamente a Basel, e contemporaneamente determinarono l'azoto eliminato per togliere gli errori che potevano derivare da un cambiamento di vita e di alimentazione. Essi trovarono che la quantità dell'aria respirata rimaneva nel riposo pressapoco costante, mentre se si riducevano i rispettivi volumi a 0° e 760 mm. di HG la quantità di aria respirata nell' unità di tempo era minore a Chasseral che a Basel, confermando così le esperienze che aveva fatto A. Mosso (4) sul Monte Rosa. Trovarono inoltre un aumento del 14,8 % nel CO_2 eliminato e del 8,8 % nel O_2 consumato; anche nelle loro esperienze i valori minimi trovati a Chasseral non superavano tutti i valori massimali delle esperienze fatte a

(1) Mayer, *Sur les modifications du chimisme respiratoire avec l'âge, en particulier chez le cobaye.* Comp. Rend. de l'Acad. de Science, 1903, pag. 137.

(2) Schumburg und N. Zuntz, *Zur Kenntnisse der Einwirkungen des Hochgebirges auf den menschlichen Organismus.* Pflugers Arch. 1896, pag. 471.

(3) Jaquet e Stähelin, v. loc. cit.

(4) A. Mosso, *La fisiologia dell'uomo sulle Alpi.* Milano, 1898, pag. 39.

Basel, ma fatte poche eccezioni, essi erano sempre superiori alle medie di queste ultime.

A. Loewy, Y. Loewye L. Zuntz (1) riscontrarono alla capanna Gniffetti (3620 m.) un aumento del 20 % nel O_2 consumato in Y. Loewy, e in L. Zuntz già al Col d'Olen l'ossigeno consumato era aumentato del 21,5 %, mentre A. Loewy non presentò alcun mutamento. L'anidride carbonica emessa era pure aumentata e proporzionalmente all'ossigeno per cui il quoziente respiratorio non mutò affatto.

Sotto alla campana pneumatica A. Loewy (2) fece molte esperienze pure sul ricambio respiratorio completo, arrivando alla conclusione che solo ad una rarefazione superiore a 450 mm. oppure ad una tensione parziale di ossigeno del 10 % si notava un aumento del CO_2 emesso e del O_2 consumato, questo poi in proporzioni minori dell'altro per cui il quoziente respiratorio risultava aumentato.

Ma nella letteratura si trovano molti altri ricercatori che studiarono solo parzialmente il ricambio respiratorio sull'uomo, sia direttamente sulle montagne sia in gabinetti pneumatici; di questi non farò, per essere più breve, che ricordare i risultati dei loro studî: Mermod (3), Marcet (4), Veragut (5), Burgi (6), Mosso e Marro (7) trovarono tutti, chi più chi meno, un aumento dell'anidride carbonica emessa dall'uomo in riposo sotto l'azione dell'aria rarefatta.

Invece Liebig (8), Coindet (9), e Tissot (10) non riscontrarono alcun

(1) A. Loewy, Y. Loewy und L. Zuntz, *Ueber den Einfluss der verdünnten Luft und Höhenclimas auf den Menschen.* Pflügers Arch., 1897, pag. 477.

(2) A. Loewy, *Untersuchungen über die Respiration und Circulation.* Berlin, 1895.

(3) Mermod, Bulletin de la Societé Vaudoise des sciences nat. 1877. *Nouvelles recherches physiologiques sur l'influence de la dépression atmosphérique sur l'habitant des montagnes.*

(4) Marcet, *Summary of an experimental Inquiry into the function of respiration at various altitudes.* Proc. of Royal Soc. of London XXVII, 1878; *A summary of an Inquiry into the function of respiration on the Island and Peak of Tenecriffa* Proc. Royal Soc. of London XXVIII, 1879.

(5) Veragut, *Le climat de la Haute-Engadine et son action physiologique.* Thèse, Paris, 1887.

(6) Burgi, *Der respiratorische Gaswechsel bei Ruhe und Arbeit auf den Bergen.* Arch. f. Anat. u. Physiol. (Physiol. Abt.), 1900.

(7) Mosso e Marro, *L'acapnia prodotta nell'uomo dalla diminuita pressione barometrica.* R. Accad. dei Lincei, 1° sem., 1903, pag. 453.

(8) Liebig, Sitzungsber der Gesellsch. f. Morph. u. Physiol. München, 1891.

(9) Coindet, Gazette hebdom 1863: criticato da Jourdanet, *Influence de la pression de l'air sur la vie de l'homme.* Paris, 1875.

(10) Tissot, *Recherches expérimentales sur l'action de la décompression sur les échanges respiratoires de l'homme.* Compt. Rend. de l'Accad. de Science, 1902, pag. 1255.

cambiamento nei processi di combustione nell'aria rarefatta. U. Mosso [1] anzi trovò una diminuzione dei detti processi.

Fra quelli che cercarono studiare l'importante problema dell'azione dell'aria rarefatta per mezzo di ascensioni aereostatiche, abbiamo Hallion e Tissot [2], Schroetter e Zuntz [3] che trovarono, i primi due autori, un aumento evidente degli scambi respiratori, gli altri due soltanto un piccolissimo rinforzo, spiegabile coll'aumentata attività dei movimenti respiratori. Robin [4] trovò invece solo un aumento dell'ossigeno consumato, e una diminuzione nell'acido carbonico eliminato, per cui il quoziente respiratorio ne era abbassato.

Tutti questi ricercatori fecero, come ho detto, delle esperienze sull'uomo; sugli animali la maggior parte delle ricerche furono fatte diminuendo la tensione parziale dell'ossigeno nell'aria inspirata, così Friedlender e Herter [5] che ricercarono solamente l'azione dell'O_2 a bassa tensione, senza variazioni di pressione sul ricambio respiratorio dei cani: essi mediante un sistema di valvole facevano respirare a dei cani tracheotomizzati una miscela di idrogeno ed aria: raccoglievano poi l'aria aspirata in gazometri e la analizzavano. In questo modo essi trovarono che fino ad una tensione parziale dell'ossigeno di 12,7 % non si aveva nessun cambiamento nei processi chimici della respirazione; ma ad una riduzione maggiore diminuiva l'assorbimento del O_2, mentre la produzione dell'acido carbonico rimaneva quasi invariata. Kempner [6] fece pure delle esperienze su dei gatti e dei conigli, sottoponendoli per un'ora all'azione del O_2 a bassa tensione, e vide che l'O_2 bruciato era minore se questo nell'aria inspirata era contenuto soltanto nel 13-17 %. Negli uccelli però egli non potè riscontrare quest'azione. Ma poichè i movimenti degli animali durante l'esperienza potevano per sè soli variare il ricambio respiratorio, Kempner [7] fece un'altra serie di ricerche curarizzando gli animali e facendo poi la respirazione artificiale anche

(1) U. Mosso, *La respirazione dell'uomo sul Monte Rosa.* Eliminazione del CO_2 a grandi altezze. Rend. Accad. dei Lincei, 1° sem. 1896.

(2) Hallion e Tissot, *Recherches expérimentales sur l'influence des variations rapides d'altitude sur le phénomènes chimiques et physiques de la respirations à l'état de repos.* Comp. Rend. de la Soc. de Biologie, 1901, pag. 1030.

(3) H. v. Schroetter und N. Zuntz, *Ergebnisse zweier Ballonfahrten zu physiologischen Zwecken.* Pflügers Arch. Bd 92, 1902.

(4) A. Robin, *Échanges respiratoires aux hautes altitudes.* Bulletin de l'Accad. de Médecine, 1901, pag. 644.

(5) Friedlender e Herter, *Ueber die Wirkung des Sauerstoffmangels auf den Thier-Organismus.* Zeitschr. f. physiol. Chem. tomo 3, 19, 1879.

(6) Kempner, *Ueber den Einflussmässiger Sauerstoffverarmung auf den Sauerstoffverbrauch der Warmbluter.* Virchows Arch. 89-290. 1882.

(7) Kempner, *Neue Versuhe ueber den Einflusse der Sauerstoffgehaltes der Einatmungsluft* etc. Arch. f. Anat. u. Phys. Abt. 1884, 396.

qui trovò una rilevante diminuzione di O_2 consumato quando la tensione parziale era appena del 18 %. Ma in queste esperienze v'è una evidente azione del curaro sugli scambi respiratori. Anche poco attendibili secondo Loewy sono le esperienze di v. Hôsslin (1); sui topi egli avrebbe anche trovato un rilevante abbassamento del O_2 consumato quando si diminuisca la tensione parziale dell'O_3 nell'aria.

P. Bert studiò gli animali nell'aria rarefatta, ma solo sotto alla campana pneumatica; egli ne esaminò varie specie e trovò che ad una pressione di soli 2/3 di atmosfera avveniva una diminuzione nell'ossigeno consumato, e nell'acido carbonico emesso: questo fatto diveniva molto più evidente ad una pressione di 1/3 di atmosfera. Ma il metodo e la tecnica di P. Bert non sono esatti come dimostrò Speck (2) onde non possiamo porre fede ai suoi risultati. Più importanti sono le esperienze che P. Regnard (3) fece sulle tortore che sottoponeva tutti i giorni per un'ora all'azione dell'aria rarefatta, egli notò in esse un'istantanea diminuzione nella produzione del CO_2: ma a poco a poco questa si ripristinava e dopo 5 o 6 giorni era ritornata normale. Nei giorni successivi la produzione del CO_2 continuava a crescere sorpassando i valori normali.

Dalla letteratura dell'argomento, che fu raccolta da Otto Cohnhein (4) e dagli scritti che ho citato si vede come non possiamo con sicurezza asserire, se il ricambio respiratorio dell'uomo nell'aria rarefatta subisca una variazione, oppure se esso rimanga invariato. Ciò che risulterebbe, mi pare, sia il fatto che fra i diversi uomini studiati esistano delle profonde differenze individuali. Queste differenze risultano evidentissime nel lavoro di A. Loewy, J. Loewy e L. Zuntz: perciò i risultati sarebbero solo in apparenza tanto contraddittori e le differenze dipenderebbero in gran parte dal diverso modo di reagire degli individui studiati.

Sugli animali abbiamo poche esperienze e nessuno, se non erro, ha fino ad ora studiato il ricambio respiratorio direttamente sull'alta montagna. Dalle mie esperienze risultò che anche nelle cavie esistono differenze individuali, in alcune cavie infatti trovammo che il ricambio respiratorio sul Monte Rosa aveva subìto un fortissimo aumento, mentre in altre esso rimase invariato.

Però, nonostante queste differenze individuali, noi abbiamo veduto dalle medie della Tav. III, che vi è realmente un aumento, benchè non molto

(1) Hôsslin, *Ueber den Einfluss der Sauerstoffspannung im Gevebe auf den Sauerstoffverbrauch.* — Sitzungsber. der Ges. f. Morph. u. Phys. München, 1891.

(2) Speck, *Wirkung des O-Gehalts der Luft auf die Atmung des Menchen.* Zeitschrift f. klin. Medizin Bd. 12.

(3) Regnard, *Cure d'Altitude.* 1897, Paris.

(4) L. Asher und K. Spiro, *Ergebnisse der Physiologie,* Wiesbaden, 1903, pag. 633, Zweiter Jahrgang, I Abtheilung.

forte, dell'acido carbonico eliminato; mentre l'ossigeno consumato è rimasto quasi invariato. Anche da tutte le esperienze fatte sull'uomo se ne facciamo una media approssimativa, sembrerebbe vi sia un rinforzo degli scambi respiratori, specialmente nell'eliminazione del CO_2.

I mutamenti osservati nei gas del sangue da A. Mosso e G. Marro (1) sul Monte Rosa e la diminuzione notevole dell'alcalinità del sangue, trovata dal Galeotti (2) in tutti gli animali che facevano parte della nostra spedizione, ci indicano alcuni dei mutamenti chimici che subisce l'organismo per effetto della depressione barometrica, e possono sufficientemente esplicare l'aumento dell'acido carbonico emesso al Monte Rosa.

Per Regnard le variazioni del chimismo respiratorio sarebbero un semplice fenomeno di adattamento dell'organismo alle nuove condizioni esterne; e per molti questo adattamento si accompagnerebbe ad un aumento nel numero dei globuli rossi del sangue; ma C. Foà (3) ultimamente sul Monte Rosa trovò che l'iperglobulia è soltanto apparente e periferica.

Pare accertato che nell'uomo l'azione dell'aria rarafatta si prolunghi anche dopo ritornati alla pressione normale. Robin (4) vide che dopo una ascensione aereostatica il chimismo respiratorio non si ripristinava subito. Jaquet e Stähelin trovarono che l'azione del clima dell'alta montagna si prolungava per molto tempo dopo il soggiorno nell'aria rarefatta e che perciò non si poteva pensare ad un semplice fenomeno di accomodazione. Per gli autori sopra citati, l'azione dell'aria rarefatta sarebbe duplice: prima produrrebbe un aumento nelle ossidazioni e nel quoziente respiratorio, in secondo luogo produrrebbe una diminuzione nella distruzione degli albuminoidi, con formazione di tessuti azotati.

L'aumento in peso rilevato nelle cavie sul Monte Rosa può trovare nell'asserzione di Jaquet e Stähelin la sua esplicazione. Quelli che avevano fatto esperimenti con degli animali sotto alla campana pneumatica avevano notato una diminuzione di peso, ma molto probabilmente essa si sarebbe verificata pure se la pressione fosse rimasta normale. Le osservazioni di Veragut sui villeggianti delle montagne di S. Moritz avevano mostrato che succedeva saltuariamente una variazione di peso nei due sensi, ma trattandosi di persone assai diverse per costumi e genere di vita, non si poteva concludere nulla.

(1) A Mosso e G. Marro, *Le variazioni che succedono nei gas del sangue sulla vetta del Monte Rosa.* Rend. R. Accad. Lincei, 1° sem. 1903.

(2) G. Galeotti, *Le variazioni dell'alcalinità del sangue sulla vetta del Monte Rosa.* Rend. R. Accad, Lincei, 2° sem. 1902.

(3) C. Foà, *Critica sperimentale delle ipotesi ammesse per spiegare l'iperglobulia dell'alta montagna.* Rend. R. Accad. dei Lincei, 2° sem. 1903, pag. 403.

(4) Robin, loc. cit.

Dalle esperienze che feci al Monte Rosa nella Capanna Regina Margherita si può concludere che:

1°. *Nell'unità di tempo e di peso, sotto l'azione dell'aria rarefatta vi è un leggiero aumento dell'acido carbonico espirato dalle cavie; mentre l'ossigeno assorbito rimane costante.*

2°. *Per l'azione dell'aria rarefatta, esistono delle fortissime differenze individuali.*

3°. *Soggiornando nell'aria rarefatta gli animali aumentano di peso.*

Botanica. — *Sullo streptococcus Bombycis Flügge, e sui rapporti del filugello.* Nota di Camillo Acqua, presentata dal Socio R. Pirotta.

Questa Nota sarà pubblicata nel prossimo fascicolo.

PRESENTAZIONE DI LIBRI

Il Segretario Cerruti presenta le pubblicazioni giunte in dono, segnalando quelle dei soci Celoria, Taramelli, del Corrispondente Bassani e del Socio straniero Zirkel. Richiama inoltre l'attenzione della Classe su di un volume contenente le *Ricerche sperimentali eseguite negli anni 1901-1903 nell'Istituto di chimica generale della R. Università di Padova*, sotto la direzione del Corrispondente Nasini, e sulle pubblicazioni seguenti: *Obras de Mathematica*, vol. I, del dott. F. Gomes Teixeira, pubblicate per ordine del Governo portoghese, dono dell'Accademia politecnica di Porto; *Atlas de photographies solaires*, 1° fascicolo, dell'Osservatorio d'astronomia fisica di Parigi; *Catalogue photographique du Ciel*, dell'Osservatorio di Algeri.

Il Vicepresidente Blaserna presenta due volumi relativi alla *Zoologia*, del Catalogo internazionale della letteratura scientifica.

COMITATO SEGRETO

La Classe approva la relazione presentata dai soci Cannizzaro, Ciamician, Koerner e Menozzi, relatore, su di un concorso a premio bandito dalla Federazione italiana dei Consorzi agrari di Piacenza.

CORRISPONDENZA

Il Segretario Cerruti dà conto della corrispondenza relativa al cambio degli Atti.