

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. — *Esperienze fatte sul Monte Rosa respirando ossigeno puro e mescolanze di ossigeno con anidride carbonica.*
Nota del Socio A. Mosso (1).

Vollì provare l'azione dell'ossigeno puro respirato a grandi altezze e paragonarne gli effetti coll'ossigeno mescolato all'anidride carbonica. Era mio desiderio di scrivere non solo i movimenti del respiro, ma anche la frequenza del polso con un cardiografo, od un timpano applicato sulla carotide, e di studiare nello stesso tempo lo stato dei vasi e la pressione sanguigna per mezzo del pletismografo e dello sfigmomanometro. Tali ricerche sono indispensabili per conoscere la natura del male di montagna, disfortunatamente mancò il tempo per svolgere questo programma e le indagini, che ora riferisco, devono considerarsi come un primo saggio.

Si poteva già prevedere che avrei ottenuto dei risultati diversi nelle due stazioni in alto e in basso, perchè l'eccitabilità dei centri nervosi dovendo dare una reazione che sia utile all'organismo, questa doveva essere diversa sulla vetta del Monte Rosa, dove per la differente composizione del sangue, il ritmo respiratorio e la frequenza dei battiti cardiaci non sono più quali si presentano nella pianura. Il problema è assai più complesso che non paia, e molte sono le incognite che incontriamo nella interpretazione dei fenomeni osservati.

Le analisi del sangue arterioso che ho fatto coi dott. G. Marro sulla vetta del Monte Rosa (2) avendo mostrato come per effetto della diminuita pressione barometrica si produceva una notevole diminuzione nella quantità di ossigeno e di anidride carbonica, pareva facile di aggiungere al sangue arterioso il 20 % che gli manca di ossigeno, e il 12 % che gli manca di anidride carbonica. Le esperienze (3) fatte da P. Bert parevano indicare che per degli aumenti eguali di anidride carbonica nell'aria inspirata succedano degli aumenti pure eguali nell'anidride carbonica del sangue arterioso: ma ora le analisi che pubblicherà fra poco il dott. A. Aggazzotti mostrano che l'aria degli alveoli contiene ad una depressione pari a quella del Monte Rosa dal 7 % al 9 % di CO₂: mentre che a Torino varia dal 4 % al 5,5 % di CO₂. Sapendo che per forti depressioni barometriche con tale aria di riserva più ricca di CO₂, ciò nullameno il sangue arterioso contiene meno anidride carbonica, dobbiamo concludere che lo scambio dei gas, non suc-

(1) Presentata nella seduta del 15 maggio 1904.

(2) Rendiconti R. Accad. Lincei, 21 giugno 1903.

(3) P. Bert, *Pression barométrique*. Paris, 1878, pag. 1007.

cede colle leggi semplici ora ammesse; ma che vi sono altri fattori pei quali il contenuto gassoso del sangue non sta in rapporto colla composizione chimica dell'aria contenuta negli alveoli.

Incominciai questo studio con dosi di 10 % fino a 15 % di CO₂ nell'ossigeno, e quando vidi che tali mescolanze non recavano alcuna molestia mi servii di mescolanze più forti di CO₂.

Dovendo fare in fretta queste mescolanze, pensai di servirmi di un semplice manometro di Bourdon che segnava i quarti di atmosfera e che venne rettificato insieme agli altri manometri del prof. Cattaneo coll'apparecchio che esiste nell'Istituto tecnico di Torino.

Feci portare nella Capanna Regina Margherita due cilindri di acciaio pieni di ossigeno compresso a 120 atmosfere, i quali pesavano kg. 21,5 ciascuno e due di acido carbonico a 120 atmosfere che pesavano 23 kg. ciascuno. Due altri cilindri alti 0,60, del diametro di 0,22, i quali contenevano 375 litri a 15 atmosfere, servivano per fare le miscele.

Esperienze fatte sul dott. Carlo Foà.

A Torino prima di partire mi ero assicurato che respirando l'ossigeno puro non succedeva alcun mutamento nel respiro e nel polso: per brevità non riferisco questi tracciati che diedero un risultato negativo.

Appena fummo nella Capanna Regina Margherita, mi accorsi subito fuo dalle prime osservazioni fatte col cronometro che, respirando l'ossigeno, producevasi un mutamento notevole. Le figure 1 e 2 sono i tracciati di due esperienze fatte col metodo grafico, per vedere l'effetto dell'ossigeno puro. Nella linea superiore (fig. 1) è scritto il polso della carotide destra mettendo sul collo un timpano a bottone; la penna del timpano registratore ad ogni sistole scende in basso. Durante l'esperienza un assistente contava pure il polso alla radiale registrando le variazioni succedute nella frequenza dei battiti cardiaci. Il respiro nella seconda linea è scritto con un pneumografo doppio applicato sul torace. La linea del tempo segna i secondi. In α comincia a respirare l'ossigeno per mezzo della maschera nel modo che fu indicato in una Nota precedente. La frequenza del respiro che era 22 al minuto si rallenta e scende a 20. Dopo $\omega \downarrow$, quando cessa l'inalazione dell'ossigeno, il respiro torna a 22 al minuto. La frequenza del polso che era 54 in 30 secondi scende a 50.

Nel giorno successivo dopo aver fatto colazione alle ore 12, il dott. Carlo Foà si siede ed aspettiamo 10 minuti prima di contare il polso che troviamo essere di 110 al minuto. La fig. 2 rappresenta il tracciato del respiro e del polso, mentre il dott. Foà tiene la maschera davanti alla faccia; nel punto segnato da α con una freccia comincia l'inalazione di ossigeno puro: ed osservarsi un rallentamento di due inspirazioni al minuto che da 22 scende

a 20; ma è specialmente la loro profondità che diminuisce. La frequenza

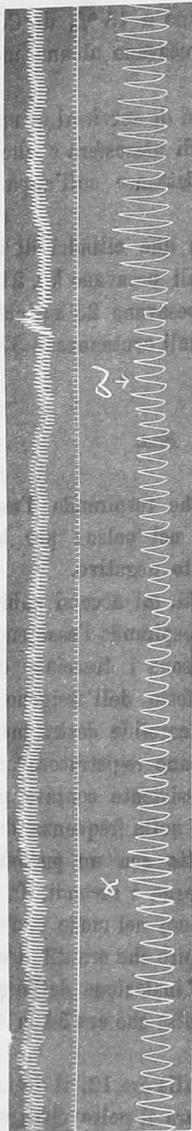


FIG. 1

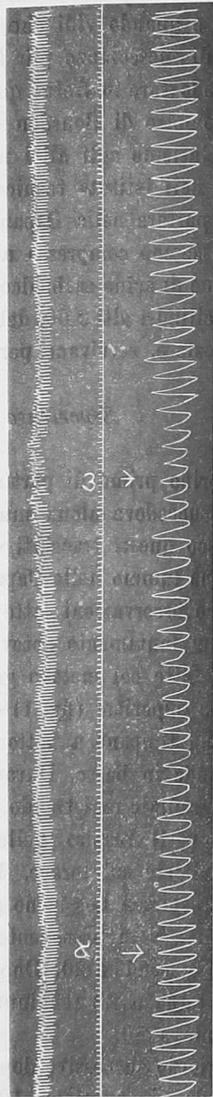


FIG. 2.

del polso da 55 in 30" scende a 53. Dopo ↓ ω cessa la respirazione dell'ossigeno e tutto ritorna normale.

Queste due esperienze dimostrano che nell'altitudine del Monte Rosa le inalazioni fatte coll'ossigeno rallentano il respiro e la frequenza del polso, mentre erano senza effetto a Torino.

Volendo provare l'azione dell'anidride carbonica, facciamo come nelle esperienze precedenti in un grande cilindro una miscela di due parti di ossigeno ed una parte di CO_2 . Sono 125 litri alla pressione di cinque atmosfere. L'analisi dette 31 % di CO_2 .

Alle ore 1,45', cioè circa 40 minuti dopo fatta la precedente esperienza coll'ossigeno, il polso del dott. Foà era 60 in 30 secondi (fig. 3). In α comincia a passare la corrente del 31 % di CO_2 . La frequenza del polso diminuisce e continua successivamente 56. 52. 50. 50 ogni 30 secondi. Il respiro da 22 salisce a 30 nel minuto. Il dott. Foà disse che provava un forte stimolo a respirare, così che gli riusciva impossibile trattenere il respiro; che ebbe però un senso di benessere come se il torace potesse allargarsi meglio.

La diminuzione del polso di 20 pulsazioni al minuto, e l'aumento della frequenza e della profondità del respiro col senso di benessere provato coll'inalazione del CO_2 sono un fatto importante, il quale depone in favore dell'ipotesi che l'acapnia possa essere effettivamente una delle cause dei disturbi che si producono nella rarefazione dell'aria.

Ritornato a Torino volli subito provare quali effetti producessero queste forti dosi di anidride carbonica respirate coll'ossigeno.

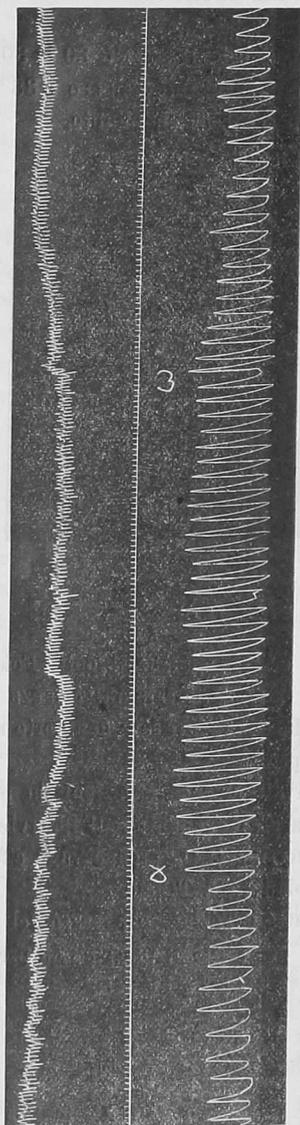


FIG. 3.

Pressione barometrica 743 mm. Temp. 16°.

Il dott. Carlo Foà dopo essere rimasto seduto per 15 minuti, respira 20 volte al minuto ed ha 60 pulsazioni. La mescolanza che faremo passare

sotto la maschera, preparata in un cilindro contiene 33 % di CO_2 ; il resto è ossigeno. Quando respira questa miscela il polso salisce a 36 in 30": il respiro è 32 nel minuto. L'inalazione dura solo un minuto e mezzo perchè gli da molestia, e oltre al sapore acido sente una irritazione nella gola ed uno stimolo all'espiazione forzata.

Dopo 10 minuti si ripete la medesima esperienza. Il polso è 30 in 30"; il respiro 20 ogni minuto: quando respira la mescolanza di ossigeno e 33 % di CO_2 il polso salisce a 38 in 30", il respiro a 30 in un minuto.

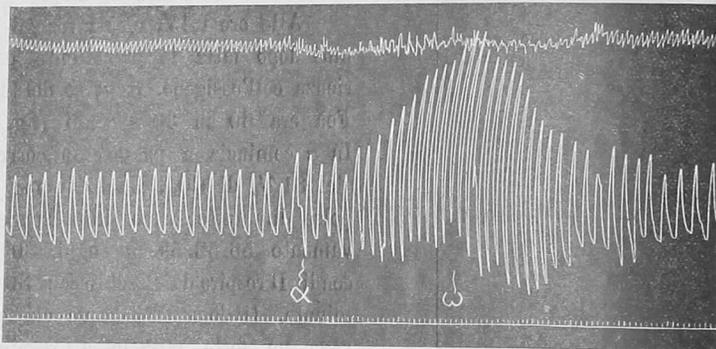


FIG. 4.

Dopo poco più di un minuto dobbiamo cessare perchè il dott. Foà ci fa segno che non può resistere ulteriormente. Mentre questa mescolanza gli produceva un senso di benessere sul Monte Rosa, ora gli reca una forte molestia con irritazione nella gola e leggero capogiro.

Vediamo ripetersi quanto venne già osservato nelle osservazioni che pubblicai nelle Note precedenti, dove, tanto sopra di me quanto nell'inserviente Luigi Magnani, le inalazioni fatte con dosi forti di CO_2 producevano effetti diversi sulla vetta del Monte Rosa e nella pianura a Torino.

La figura 4 rappresenta un'esperienza fatta a Torino, per mezzo del metodo grafico con dosi minori di CO_2 . In uno dei soliti cilindri si era preparata una mescolanza di ossigeno che conteneva 21,8 % di CO_2 .

Pressione barometrica 743 m. m. Temp. 17°.

Dopo colazione alle ore 3,30 scriviamo, mentre il dott. Carlo Foà sta seduto da oltre 15 minuti, il polso della carotide col timpano a bottone fissato per mezzo di un nastro intorno al collo e nella linea sottostante il respiro toracico col pneumografo doppio messo nel solito modo.

La frequenza del respiro era 20 al minuto; quando in α gli si mette davanti alla faccia la maschera e respira la mescolanza di ossigeno e 21,8 % di CO₂ la profondità del respiro aumenta e cresce pure la frequenza che va a 32 nel minuto. Quando si cessa in ω dura per un certo tempo la reazione.

La cosa importante è che una tale dose recava molestia al dott. Carlo Foà, il quale disse che non avrebbe potuto continuare oltre a respirare questa mescolanza e che provava un leggero capogiro, mentre nella fig. 3 vedemmo che a 4560 m. respirava senza incomodo una mescolanza di 31 % di CO₂ coll'ossigeno.

Che in basso sia più intensa l'azione dell'anidride carbonica risulta anche paragonando il tempo della reazione sul Monte Rosa e a Torino. Le figure 3 e 4 sono profondamente diverse nella parte della curva scritta quando cessa l'inalazione dell'anidride carbonica. Nella figura 3 la reazione dura pochi secondi, e dopo 6 inspirazioni queste avevano nuovamente l'altezza di prima; mentre che nella fig. 4 a Torino, occorrono 19 inspirazioni prima che il centro respiratorio torni al normale. Vi fu dunque una ventilazione tre volte maggiore prima che si ristabilisca l'equilibrio.

Esperienze fatte su Luigi Magnani.

Le osservazioni che feci sull'insergente Luigi Magnani per istudiare l'azione dell'ossigeno e dell'anidride carbonica diedero gli stessi risultati; e anche in lui si vide che la profondità delle respirazioni diviene notevolmente più piccola per l'azione dell'ossigeno, e che anche il ritmo si modifica e si rallenta, mentre che a Torino non produce sopra di lui alcun effetto.

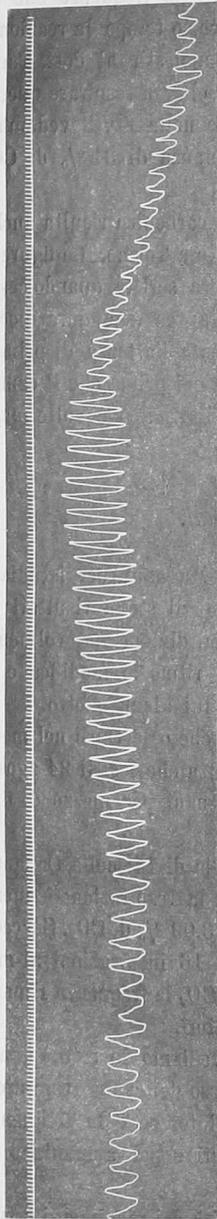
Per mostrare come siano profonde le differenze che osservansi nel modo di agire del CO₂ in basso ed in alto, riferisco l'esperienza che feci il 24 agosto 1903 nella Capanna Regina Margherita su Luigi Magnani per mezzo di una mescolanza che conteneva 13,09 % di CO₂, fig. 5.

La frequenza del respiro che a Torino era in media di 14, nella Capanna Regina Margherita è solo più 11 al minuto, e anche la respirazione è meno profonda. In α comincia a respirare la mescolanza del 13,09 % di CO₂. Succede un leggero aumento nella frequenza che da 11 sale a 16 inspirazioni al minuto. Dopo circa due minuti cessa in ω l'inalazione col CO₂ la frequenza rimane a 16: ma diminuisce la tonicità dei muscoli inspiratori.

La fig. 6 è la continuazione del tracciato 5; vediamo in esso quanto diventi superficiale il respiro. Succede come un collasso dei centri respiratori durante il quale comparisce una forte depressione del torace e la frequenza scende a 19. Tale stato dura poco più di due minuti e poi aumentano la tonicità e la forza dei movimenti respiratori.

Quando vidi scemare così profondamente l'intensità dei movimenti respiratori e la tonicità dei muscoli toracici, mi venne il timore che succedesse

uno svenimento; ma interrogato dopo Magnani mi disse che non si era accorto di nulla.



ω

FIG. 5.

α

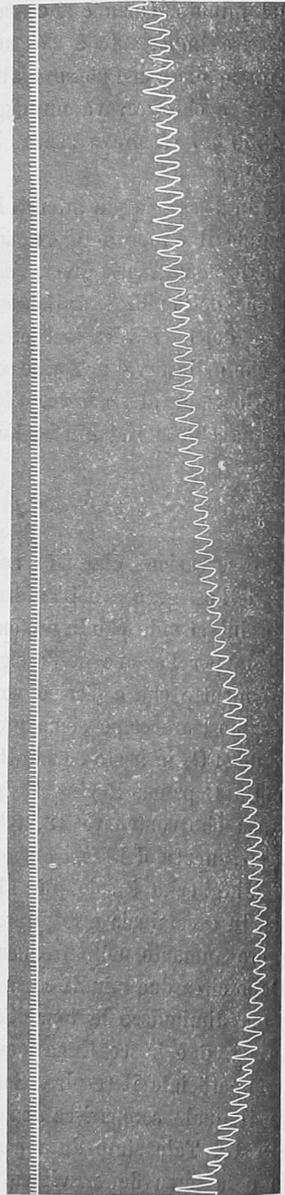


FIG. 6.

Questa azione retroattiva che si prolunga per oltre 5 minuti, mentre che la mescolanza dell'acido carbonico aveva agito solo per due minuti, è un

fatto importante. L'anidride carbonica ebbe certo tempo ad eliminarsi tutta fino dal primo minuto. Se persiste un effetto ancora per altri quattro minuti è segno che alla piccola modificazione che osserviamo nel tracciato corrisponde una modificazione più intensa ed un guasto pel quale occorre un tempo più lungo onde ripararlo. Sarebbe questa una conferma di quanto ho già esposto in un'altra Memoria, che i moti del respiro di per sé non bastano per indicarci quali mutamenti succedono nella nutrizione dei centri respiratori. Qui infatti guardando il tracciato 5 da α in ω , non si potrebbe supporre che succeda dopo una reazione così intensa per l'indebolimento e il collasso che vediamo prodursi nella funzione del respiro.

Era già noto per le esperienze di P. Bert che l'ossigeno quando si respira nell'aria rarefatta produce un rallentamento dei battiti cardiaci: per conoscere la natura del male di montagna mi premeva di sapere se anche le inalazioni di anidride carbonica hanno lo stesso effetto. Riferisco, come esempio, una delle esperienze che feci su Magnani Luigi nella camera pneumatica.

Pressione barometrica = 749 mm. Temp. = 23°. Alle ore 8 Luigi Magnani si siede e aspettiamo mezz'ora prima di contare il polso. Gli mettiamo sulla faccia la maschera legata lassamente intorno alla faccia e dentro di essa facciamo penetrare una debole corrente di CO_2 che viene da un gasometro e ne passa circa mezzo litro ogni due secondi in modo che si mescola coll'aria inspirata senza recare alcuna molestia. Luigi Magnani conta da sé stesso la frequenza del polso scrivendola ogni 30 secondi: essa è in media 34 ogni 30".

Quando per mezzo di una chiavetta che si apre passa il CO_2 sotto la maschera, il polso si rallenta e scende a 30 in 30".

Ore 8,38. Frequenza del polso 35 in 30". Respira l'anidride carbonica scende a 32 in 30".

Ore 8,48. Frequenza del polso 37 in 30". Respira CO_2 scende a 33 in 30".

Ore 8,58. Frequenza del polso 36 in 30". Respira CO_2 scende a 31 in 30".

Ho segnato il valore minimo, ma prima di giungere ad esso il polso rallentava poco per volta, il numero dei suoi battiti, ed occorrevano circa due minuti per raggiungere il minimo. Riconosciuto che queste piccole dosi di CO_2 rallentano il polso, provai se tale azione persisteva anche nell'aria rarefatta.

Alle ore 9,18 entra sotto la campana di ferro e messe in moto le due pompe per mezzo del motore elettrico, si produce lentamente una depressione barometrica.

Ore 9,40. Pressione interna = 429; frequenza del polso 40 in 30".

Ore 9,45. Pressione = 399; polso 40, temperatura = 26°.

In un'apertura della campana chiusa da una chiavetta esterna si può regolare il passaggio dell'anidride carbonica sotto la maschera producendo nello stesso modo di prima una corrente eguale di CO_2 ; il polso scende da 40 in 30" a 37 e 36.

Il cuore deve essersi indebolito perchè Luigi scrive mentre è dentro la campana che sente meno bene i palpiti del polso alle radiale. Appena cessa il passaggio dell'anidride carbonica, subito nel minuto successivo il polso torna a 39 e 40 ogni 30".

La pressione scende a 429 mm.; il polso rimane a 40 ogni 30" si aggiunge all'aria il CO₂ scende subito a 35, poi 37, 36 ogni 30".

Dopo aver osservato che per una depressione barometrica pari a quella della Capanna Regina Margherita esiste un rallentamento del polso per una piccola dose di anidride carbonica inspirata, leviamo il tubo del CO₂ e facciamo comunicare la chiavetta con un cilindro pieno di ossigeno compresso. La corrente passa pure a traverso una boccia di lavaggio che serve per regolare la forza della corrente.

Essendo 40 ogni 30" la frequenza del polso, quando passa l'ossigeno sotto la maschera la frequenza scende a 34 in 30".

Ritornato a 40 quando respira l'aria normale, mentre la pressione è sempre = 429 mm., respirando ossigeno scrive 34, 36, 37. Alle ore 10 cessano di funzionare le pompe e comincia a diminuire la pressione: alle ore 10,25 minuti essendo tornato alla pressione normale il polso ritorna 34 in 30" come era al principio della esperienza.

Esperienze sugli animali.

Quanto abbiamo osservato nell'uomo per l'azione dell'ossigeno si è confermato anche negli animali. La cagnetta Rosa che era già stata una volta

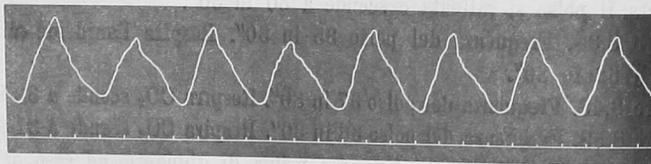


FIG. 7.

alla Capanna Regina Margherita, è così buona che respira senza agitarsi tenendo una museruola metallica fatta espressamente per lei, che chiude ermeticamente quando viene applicata con un bordo di mastice o di grasso, intorno al muso.

Questa maschera in forma di un cono tronco è fatta di metallo ed ha due aperture. In una facevamo penetrare l'ossigeno da un piccolo cilindro dove questo gas trovavasi compresso a cinque atmosfere; dall'altro lato usciva dopo aver servito alla respirazione. Il tracciato 7 fu scritto a Torino nel principio del luglio mentre la cagnetta era sveglia, e fu scritto col pneumografo doppio

che servì per scrivere i tracciati precedenti. La linea inferiore segna il tempo in secondi.

Il giorno 19 agosto (sette giorni dopo che l'animale era arrivato nella Capanna Regina Margherita) torniamo ad applicargli la maschera, e dopo

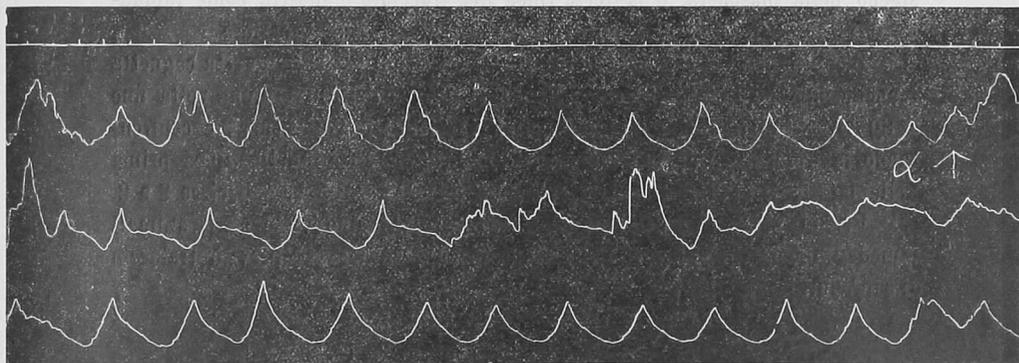


FIG. 8.

aver aspettato che l'animale sia bene tranquillo, scriviamo il tracciato 8 per mezzo di un timpano doppio applicato intorno al torace. Nella linea

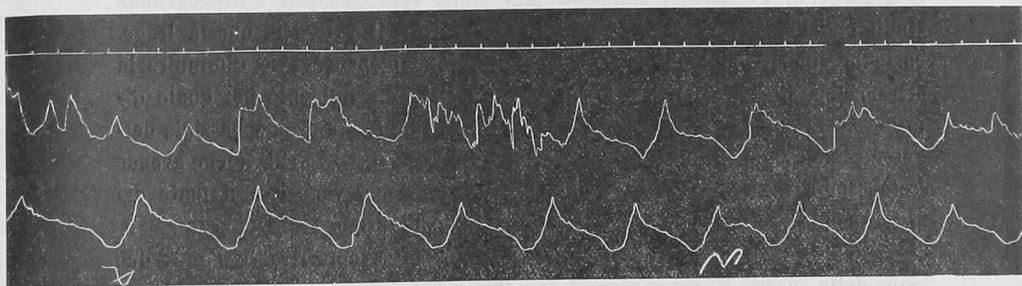


FIG. 9.

superiore sotto quella del tempo che segna i secondi, vediamo che gli atti inspiratori sono meno profondi che a Torino.

Nel punto segnato $\alpha \uparrow$ incomincia a passare l'ossigeno nella maschera. Si tagliarono per brevità sei secondi e il tracciato continua nella fig. 9. Nel principio della seconda linea dei tracciati 8 e 9, la frequenza del respiro è diminuita. Si continua a far respirare l'ossigeno e nella seconda linea del

tracciato 9 il rallentamento diviene evidentissimo, i movimenti del respiro stanno nel rapporto di 5 a 3 paragonando il tracciato della fig. 7 colla linea superiore ed inferiore della fig. 8 che rappresentano il respiro normale. Nel cane gli effetti per la respirazione dell'ossigeno sarebbero dunque sul Monte Rosa evidenti come nell'uomo. In ω della fig. 9 cessa il passaggio dell'ossigeno nella maschera, e la terza linea del tracciato 8 mostra come rapidamente il respiro torni al normale quale era nella linea superiore.

L'effetto che ebbe l'ossigeno sulla frequenza del polso in questa cagnetta è anche maggiore che nell'uomo; perchè il polso da 120 scese una volta fino a 80. Anche guardando il tracciato si vede questa differenza; e confrontando la frequenza dei battiti cardiaci nel primo tratto della linea prima nella fig. 9 vediamo che i battiti del cuore stanno nel rapporto di circa 3 a 2.

Per la respirazione coll'anidride carbonica abbiamo visto negli animali i medesimi effetti che furono descritti sopra sull'uomo e per brevità tralascio di riprodurre i tracciati.

Fisiologia. — *La diminuita tensione dell'ossigeno non basta per ispiegare il sonno ed altri fenomeni che produconsi nelle forti depressioni barometriche.* Nota del Socio A. Mosso (1).

La diminuzione della pressione barometrica agisce sull'organismo solo in quanto fa scemare la pressione parziale dell'ossigeno nell'aria respirata. Questa è la legge di P. Bert (2) ammessa oggi come vera da tutti i fisiologi che studiarono l'azione dell'aria rarefatta. Per provare il valore di questa legge, basta aggiungere dell'ossigeno all'aria respirata mentre si fa diminuire la pressione barometrica. Gli animali tenuti dentro un ambiente nel quale diminuisce la pressione barometrica, ma resta costante la tensione parziale dell'ossigeno, dovrebbero mantenersi in condizioni normali. Dirò subito che avendo sottoposta a tale prova la legge di P. Bert, essa non venne confermata dai fatti quando si riduce la pressione a un terzo di atmosfera.

Le esperienze che ora espongo vennero fatte sopra tre scimmie; due erano della specie *Macacus sinicus*, maschio e femmina, un'altra era un *Papio anubis* maschio, che ho già descritto in una Nota precedente (3) *Esperienze fatte sulle scimmie colla depressione barometrica.* Il metodo che adoperai era semplice; esso consisteva nell'aumentare successivamente la proporzione dell'ossigeno nell'aria dentro l'ambiente nel quale respirava l'animale a misura che diminuiva la pressione barometrica; così che moltiplicando il numero

(1) Presentata nella seduta del 15 maggio 1904.

(2) P. Bert, *Pression barométrique*, Paris, 1878, pag. 1153.

(3) Rendiconti R. Accad. dei Lincei, 6 marzo 1904.