

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCC.

1903

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1903

Fisiologia — *Analisi dei gas del sangue a differenti pressioni barometriche.* Nota del Socio ANGELO MOSSO e del dott. GIACOMO MARRO.

P. Bert fu il primo a fare delle esperienze sui gas contenuti nel sangue di animali portati a differenti pressioni barometriche <sup>(1)</sup>.

Egli introduceva un cane nella sua camera pneumatica e al momento opportuno prendeva dal di fuori un campione di sangue mediante una cannula. Per tale estrazione si serviva di una siringa messa dall'esterno, per mezzo di un tubo, in comunicazione coll'arteria. Ritornato l'animale alla pressione ordinaria, prelevava dopo qualche minuto un nuovo campione di sangue che analizzava come il primo mediante la pompa a mercurio. Dai risultati di 23 esperienze egli conchiuse che nel sangue, al di sotto di 570<sup>mm</sup> di pressione, sia l'ossigeno che l'anidride carbonica cominciano a diminuire: però in modo incostante.

Fraenkel e Geppert <sup>(2)</sup> hanno rifatte le esperienze di Bert con alcune modificazioni per procurarsi meglio i campioni del sangue da esaminare: ma viceversa sono incorsi in un altro errore facendo la tracheotomia agli animali. P. Bert aveva già notato la differenza che vi è nei gas del sangue prima della tracheotomia e dopo che si è fatta questa operazione ed aveva trovato in due esperienze sui cani:

prima della tracheotomia . . . . .	ossigeno = 15,1	CO <sub>2</sub> = 40,8		O <sub>2</sub> = 16,0	CO <sub>2</sub> = 41,5
dopo alcuni minuti che si è fatta					
la tracheotomia . . . . .	" = 20,3	" 24		" 23,4	" 15,2

Le cause di questo mutamento nei gas del sangue sono parecchie e non ci fermeremo qui ad enumerarle. Ci basta d'aver notato che l'operazione della tracheotomia da sola modifica la composizione del sangue.

Come esempio delle modificazioni che succedono nella composizione del sangue in seguito alla tracheotomia, riferiamo una esperienza da noi fatta sopra un coniglio.

Si prende un campione di sangue dalla carotide sinistra di un coniglio maschio del peso di 1800 gr.:

$$O_2 = 16,78\% \qquad CO_2 = 36,18\%$$

(1) Paul Bert, *La pression barométrique*, 1878.

(2) Fraenkel und Geppert, *Ueber die Wirkungen der verdünnten Luft auf den Organismus*, Berlin, 1883.

Dopo un quarto d'ora si eseguisce la tracheotomia e si prende un campione due minuti dopo aperta la trachea

$$O_2 = 18,33\% \qquad CO_2 = 35,23\%$$

La rapidità più o meno grande del respiro modificando i gas del sangue, nel prendere il campione di sangue abbiamo aspettato, prima della tracheotomia e dopo di essa, che il coniglio fosse bene tranquillo. L'aver trovato più ossigeno e meno anidride carbonica dopo la tracheotomia, non dipende sempre dal fatto che la ventilazione dei polmoni fosse più attiva; probabilmente l'aria nei polmoni si mantiene più pura perchè minore la lunghezza delle vie e può meglio ricambiarsi perchè lo spazio nocivo, come lo chiamò Loewy, ossia quella parte di aria che rimane nelle vie aeree senza penetrare negli alveoli e nei bronchi, è minore. Inoltre, arrivando l'aria nei polmoni più secca e più fredda, il ricambio dei gas può essere più attivo dopo la tracheotomia.

Le analisi fatte da Fraenkel e Geppert non sono bene paragonabili per stabilire gli effetti della pressione barometrica, perchè essi estraevano i campioni di sangue da esaminare alla pressione ordinaria uno o due giorni dopo che avevano fatto l'esame del sangue nell'aria rarefatta. Ora in questo lasso di tempo il cane poteva in certo qual modo adattarsi al nuovo genere di respirazione.

Noi abbiamo adottato un metodo che ci permettesse di prendere il sangue da analizzare a così breve distanza l'una volta dall'altra, che fossero escluse le variazioni accidentali che rendono variabili i risultati quando si aspetta parecchi giorni. Così pure non abbiamo tenuto troppo lungo tempo legati gli animali come succedeva nelle esperienze di P. Bert, di Fraenkel e Geppert; ma per evitare tale inconveniente abbiamo adottato un metodo di esperienze che ci permettesse di legare gli animali solo nel momento che dovevamo prendere il campione di sangue. Ed il sistema da noi adoperato aveva il vantaggio che 15 o 20 minuti dopo la presa del campione, questo veniva già liberato dall'ossigeno per fare l'analisi.

A questo riguardo le ultime analisi fatte da Tissot <sup>(1)</sup> in una ascensione aerostatica e sotto la campana pneumatica sono meno attendibili, perchè egli faceva le analisi da 13 a 15 ore dopo aver preso i campioni, ciò che spiega la discordanza dei risultati che ottenne.

Un altro errore deve evitarsi ed è quello di non fermare il corso del sangue nell'arteria quando si tratta di conoscere la composizione del sangue circolante. Se si eccettuano le analisi di Tissot, quelle fatte sino ad ora dagli altri sperimentatori per studiare l'azione dell'aria rarefatta, o compressa,

(1) Comptes rendus hebdomadaires de la Société de biologie, 6 décembre 1901, 20 juin 1902.

ebbero l'inconveniente che venne chiusa l'arteria per fissarvi una cannula, così che le prime porzioni del sangue arterioso raccolto erano certamente diverse dal sangue circolante.

A queste svariate cause di errore noi crediamo di aver ovviato adottando con alcune modificazioni il nuovo metodo di analisi proposto da Barcroft e Haldane (1). L'apparecchio adoperato da questi fisiologi ha il grande vantaggio di poter essere trasportato facilmente, cosicchè noi potemmo fare con esso delle esperienze sulla vetta del Monte Rosa, nella Capanna Regina Margherita (2).

Col vecchio metodo dell'estrazione dei gas dal sangue per mezzo della pompa a mercurio non sarebbe stato possibile studiare i mutamenti del sangue sulle Alpi senza disporre di grandi mezzi, e malgrado i mezzi e il dispendio grande di tempo, occorrono delle quantità così grandi di sangue che diviene spesso impossibile il fare diverse prove sullo stesso animale. L'ingegnoso apparecchio di Barcroft ed Haldane permette di fare l'analisi sopra un centimetro cubico circa di sangue con discreta esattezza, specialmente per l'ossigeno.

Il tempo che si richiede per la determinazione dell'ossigeno e dell'anidride carbonica è breve, e l'operazione non presenta grandi difficoltà dopo che si è acquistata un po' di pratica.

La fig. 1 rappresenta l'apparecchio che abbiamo adoperato. Per brevità non diamo la figura dell'apparecchio originale e rimandiamo chi voglia conoscerlo alla bella Memoria di Barcroft e Haldane, oppure allo scritto che pubblicherà uno di noi, dove viene data ragione delle modificazioni introdotte e di alcune correzioni da farsi in casi speciali ai risultati ottenuti per l'ossigeno (3).

L'apparecchio è costituito da due manometri graduati uniti, mediante un tubo di gomma spessa, a due boccette approssimativamente della stessa grandezza (25-30<sup>cc</sup>), una delle quali serve per introdurre il campione di sangue e l'altra per correggere l'errore dovuto ai cambiamenti di temperatura e pressione barometrica, che avvengano durante l'esperienza. La molla che preme la piccola pera di gomma, unita in fondo a ciascun manometro, serve a far cambiare il livello dell'acqua contenuta nel manometro stesso.

Le boccette presentano due rigonfiamenti laterali di 1/2<sup>cc</sup> di capacità; in uno di essi si mettono 0<sup>cc</sup>,25 di soluzione satura di ferricianuro potassico

(1) *A method of estimating the oxygen and carbonic acid in small quantities of blood.* Journal of Physiology, May 1902.

(2) Siamo lieti di cogliere questa occasione per esprimere la nostra gratitudine ai signori Barcroft e Haldane che ebbero la gentilezza di regalarci il loro apparecchio col quale facemmo le analisi del sangue sul Monte Rosa.

(3) G. Marro, Atti della R. Accademia di medicina di Torino. Maggio 1903.

per liberare l'ossigeno, nell'altro, dopo fatta l'analisi dell'ossigeno, si met-

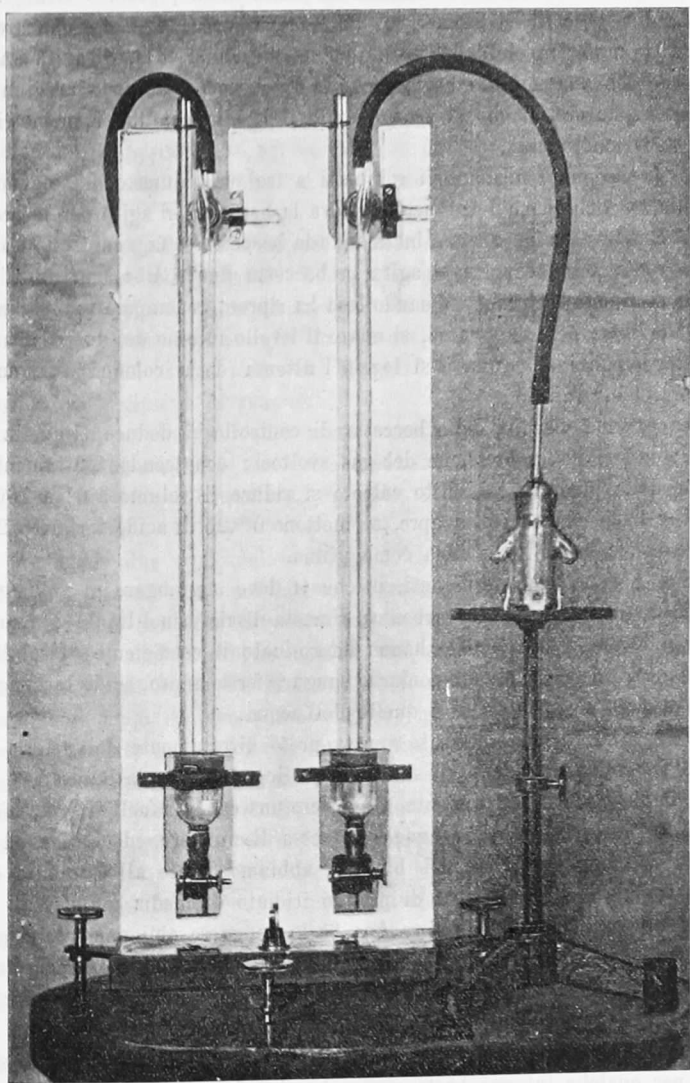


FIG. 1. — Apparecchio modificato di Barcroft e Haldane per l'analisi dei gas nel sangue.

tono 0<sup>cc</sup>,25 di acido tartarico al 20% per liberare l'acido carbonico.

Nel fondo della boccetta si mettono 1<sup>cc</sup>,5 di una soluzione di 2<sup>cc</sup> di ammoniaca del peso specifico 0,88 in 1000<sup>cc</sup> d'acqua. Il sangue si introduce sotto l'ammoniaca, tenendovi immersa la punta della pipetta o siringa.

Le due boccette si immergono in una vaschetta di vetro che trovasi nella parte posteriore dell'apparecchio e che qui non si vede. Si agita l'acqua del bagno con una corrente d'aria finchè le due boccette abbiano raggiunta la stessa temperatura, il che si vede quando il livello nei due manometri subisca variazioni uguali.

A questo punto mediante i robinetti a tre vie, si mettono i manometri a livello, si richiudono i rubinetti, si leva la boccetta, si agita per mescolare bene il sangue all'ammoniaca e inclinando la boccetta si fa venire il ferricianuro a contatto col sangue, si agita la boccetta fino a liberare tutto l'ossigeno e si rimette nel bagno. Quando essa ha ripreso la temperatura dell'altra, premendo sulle pere di gomma, si mette il livello interno dei due manometri allo stesso punto di prima e si legge l'altezza della colonna d'acqua dei due bracci esterni.

La colonna d'acqua della boccetta di controllo si deduce da quella dell'altra; così si ha la pressione del gas svoltosi; conoscendo esattamente il volume della boccetta, col solito calcolo si riduce il volume a 0° e 760<sup>mm</sup>.

Per l'acido carbonico si apre, si mettono 0<sup>cc</sup>,25 di acido tartarico 20% nella seconda taschetta e si fa come prima.

Solo i calcoli sono differenti, poichè si deve aggiungere al volume trovato la quantità d'anidride carbonica rimasta disciolta nel liquido; a questo scopo gl'inventori del metodo hanno determinato il coefficiente di solubilità del gas nel miscuglio di ammoniaca, sangue, ferricianuro, acido tartarico; è di un decimo circa inferiore a quello dell'acqua.

Il sangue da noi esaminato veniva preso direttamente dall'arteria mediante uno schizzetto di vetro simile a quello adoperato da Barcroft e Haldane. Per evitare l'inconveniente di mettere una cannula nell'arteria, ciò che altera la composizione del sangue, che cessa di circolare, ed obbliga ad una perdita di sangue maggiore del bisogno, abbiamo fissato all'estremità dello schizzetto un ago da iniezioni di platino iridiato di media grandezza.

Per levare un campione di sangue basta infiggere obliquamente la punta acuminata dello schizzetto nell'arteria. La pressione del sangue arterioso, se lo schizzetto è bene pulito, basta per spingere in alto lo stantuffo: così che l'operazione si compie senza dover tirare lo stantuffo, il che è un bene perchè si evita il pericolo di estrarre i gas dal sangue. Solo quando si arresta per qualche intoppo, basta muoverlo girando perchè torni a salire fino a che lo schizzetto sia pieno.

Levato l'ago dall'arteria, il sangue esce dalla medesima come uno zampillo, e, se non si legasse sopra e sotto, l'animale morirebbe di emorragia. Noi siamo riusciti ad impedire anche questo inconveniente in modo che pos-

sono farsi numerose esperienze sulla medesima arteria senza metterla fuori servizio.

Quando si leva lo schizzetto dall'arteria si chiude questa sopra e sotto la puntura fatta coll'ago per mezzo di due pinze emostatiche e si applica sopra la puntura una goccia di percloruro di ferro. Un momento dopo, aprendo leggermente la pinza superiore, si lascia uscire una goccia di sangue e si bagna nuovamente con percloruro di ferro. Dopo due o tre minuti si leva prima la pinza periferica e poi quella che sta vicino al cuore, e si trova che l'apertura fatta si è chiusa e che il movimento del sangue si ristabilisce nell'arteria.

Questo metodo serve anche per le arterie dei conigli, solo che si richiedono delle precauzioni maggiori. Essendo le pareti più sottili e il diametro dell'arteria più piccolo, bisogna servirsi con maggiore attenzione del percloruro di ferro perchè non eserciti un'azione astringente sulle pareti del vaso, ed inoltre bisogna far in modo che il tratto compreso fra le due pinze rimanga turgido, ripieno di sangue.

In queste analisi abbiamo avuto spesso l'occasione di vedere che la speditezza delle analisi è una delle condizioni essenziali per conoscere lo stato reale del sangue e studiare i mutamenti che subisce circolando in differenti circostanze.

Prendendo due campioni contemporaneamente dalla stessa arteria ed analizzando prima l'uno e poi l'altro, nel primo campione si trova sempre più ossigeno e meno anidride carbonica: nel secondo meno ossigeno e più anidride carbonica. Che il sangue estratto dall'organismo continui a vivere ed a respirare era già noto. Sul Monte Rosa fummo obbligati a fare le analisi su campioni doppi ed osservammo sempre questa differenza, ma non nello stesso grado però, quantunque il tempo inteceduto fra la prima analisi e la seconda sia sempre variato entro i limiti di un'ora e mezza, due ore. Questo sta a povare la poca attendibilità delle correzioni fatte da Tissot alle sue analisi, che esegui 13-15 ore dopo il prelevamento dei campioni.

Concludendo, la tecnica da noi adottata presenta i seguenti vantaggi principali:

si tiene legato l'animale solo cinque minuti al massimo per ogni esperienza;

si possono eseguire, anche nello stesso giorno, parecchie esperienze sullo stesso animale senza metterne fuori uso alcuna arteria e levandogli solo 1<sup>cc</sup> di sangue per volta;

quindici, venti minuti dopo il prelevamento del campione, lo si libera già dell'ossigeno che contiene, in modo che si evita l'errore sopraccennato.