



ISTITUTO « CARLO FORLANINI »
CLINICA FISIOLÓGICA DELLA R. UNIVERSITÀ DI ROMA
DIRETTORE : PROF. E. MORELLI

P. BASSANI e P. GRIMALDI

L'ARIA RESIDUA NELLA TUBERCOLOSI POLMONARE

NOTA I

SULLA TECNICA DELLA DETERMINAZIONE E CONFRONTO
DEI RISULTATI FRA IL « METODO ALL'OSSIGENO » E IL
« METODO ALL'IDROGENO » NEI SOGGETTI SANI

Estratto da ANNALI DELL'ISTITUTO « CARLO FORLANINI »

Anno V N. 1-2 Pag. 3-18



ROMA
TIPOGRAFIA OPERAIA ROMANA
Via Emilio Morosini, 17

—
1941-XIX

L'ARIA RESIDUA NELLA TUBERCOLOSI POLMONARE

NOTA I.

Sulla tecnica della determinazione e confronto dei risultati fra il «metodo all'ossigeno» e il «metodo all'idrogeno» nei soggetti sani.

Prof. P. BASSANI e Dott. P. GRIMALDI

INTRODUZIONE.

In ricerche in corso, istituite allo scopo di indagare il comportamento dell'aria residua in rapporto alla tubercolosi polmonare, abbiamo avuto motivo di studiare questo elemento della grandezza respiratoria, determinandolo con i due metodi oggi più in uso e precisamente quello di LUNDSGAARD e VAN SLYKE (1) o metodo comunemente detto «all'ossigeno» e quello di VAN SLYKE e BINGER (2) o metodo «all'idrogeno». Tale studio è parso a noi interessante per il fatto che nel corso delle nostre ricerche abbiamo dovuto constatare differenze notevoli, nei risultati, fra le due tecniche.

Era presumibile che i due metodi avessero a dare valori diversi, ma non ci risulta che sia mai stato fatto uno studio accurato per stabilire la grandezza di questa differenza, su uno stesso soggetto, e questo forse in parte è dovuto al fatto che queste tecniche non hanno avuto ancora quell'estensione di applicazione, come l'importanza della ricerca lo indicherebbe.

METODI.

a) *Metodo all'ossigeno.* — Questa tecnica è applicata in due modi diversi a seconda se il soggetto può cooperare all'esame con una respirazione forzata o no.

Nel primo caso (metodo per soggetti capaci di profondi atti respiratori di LUNDSGAARD e VAN SLYKE) (1), il soggetto mescola l'aria residua dei suoi polmoni con un dato volume di ossigeno, in cinque o sei profondi respiri, in modo da ottenere una miscela omogenea.

Nel secondo caso (metodo senza atti respiratori forzati di SENDROY, HILLER e VAN SLYKE) (3), il soggetto respira calmo per due o tre minuti. Nelle nostre ricerche noi abbiamo usato il primo metodo.

Principio. — Dopo che il soggetto ha mescolato l'aria residua polmonare con un dato volume di ossigeno (per esempio 2 litri), contenuto in uno spirometro, in cinque o sei profondi atti respiratori, si determina la percentuale in N_2 di questa miscela gassosa. Se il volume totale del gas nel sistema polmoni + spirometro non è variato, si può calcolare il volume dell'aria residua dal valore della diminuzione in concentrazione dell'azoto per effetto della diluizione dell'aria residua stessa con i 2 litri di ossigeno.

Si ammette che il volume totale del gas, durante i pochi secondi necessari per 5 o 6 profondi atti respiratori, sia approssimativamente costante e la differenza fra O_2 assorbito e CO_2 emessa in questo intervallo è di una grandezza trascurabile.

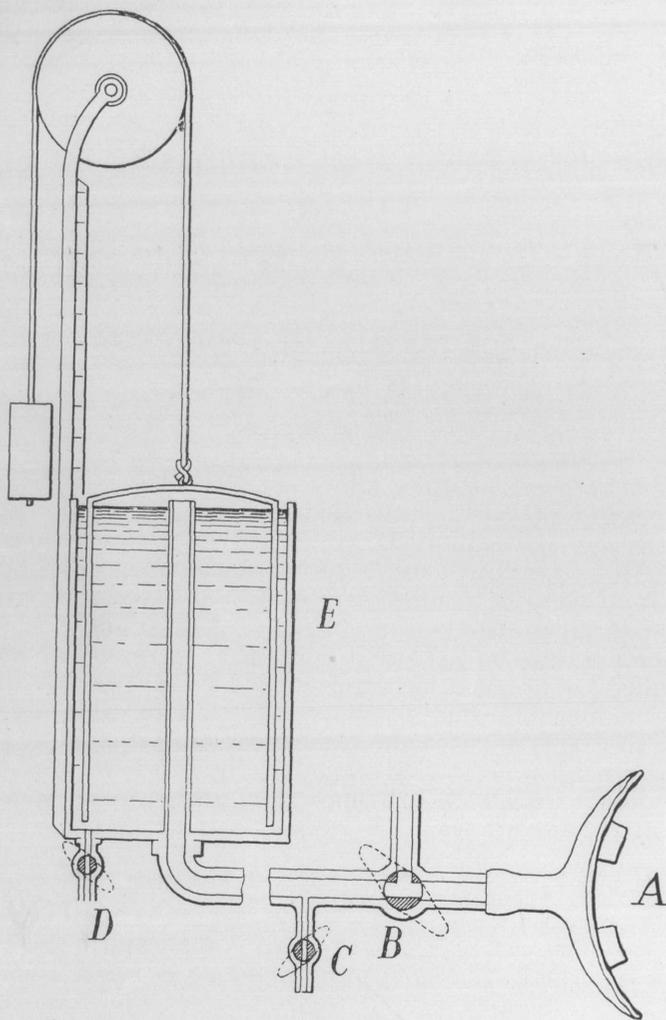


Fig. 1.

Tecnica. — Abbiamo introdotto nella tecnica originale di LUNDSGAARD e VAN SLYKE i perfezionamenti proposti da RIGONI e CICOGNANI (4). In uno spirometro a campana (fig. 1), della capacità di 8 litri, viene innestato al tubo orizzontale inferiore un rubinetto a tre vie (B) che consenta, al soggetto in esame, di essere posto in comunicazione o con l'ambiente esterno o con l'interno della campana spirometrica.

Questo rubinetto è fornito dal lato verso lo spirometro di una derivazione (C) di pochi mm. di diametro, mentre, al lato libero, è innestato un boccheruolo di gomma (A).

È necessario conoscere la cubicità degli spazi morti dell'apparecchio, cioè lo spazio compreso tra la bocca del soggetto e l'interno della campana

(questa deve essere interamente abbassata) più lo spazio compreso tra la cupola della campana ed il livello dell'acqua presente nella vasca.

Questi spazi morti si determinano riempiendo completamente d'acqua l'apparecchio (tubi compresi) e valutandone successivamente il volume. Col simbolo *Sm* indicheremo la quantità d'aria presente nello spirometro e nei tubi annessi, quando la campana sia interamente abbassata.

Prima di ogni esperienza è necessario accertarsi che la composizione dell'aria contenuta entro lo spazio corrisponda a quella atmosferica e ciò si ottiene innalzando ed abbassando ripetutamente la campana. A questo punto si

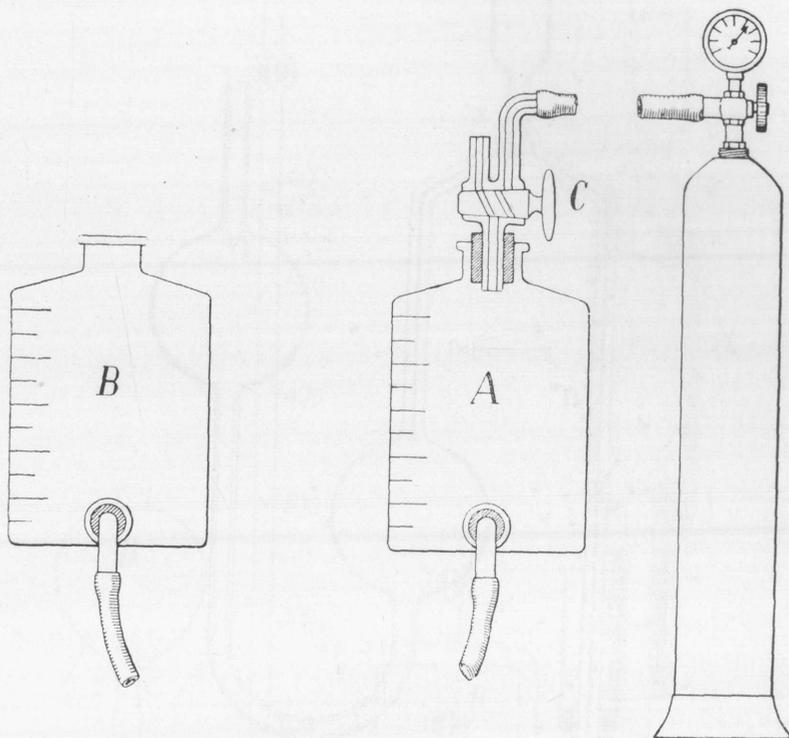


Fig. 2.

chiude ogni comunicazione dello spirometro coll'esterno: chiusura dei rubinetti *C* e *B* per cui al soggetto in *A* è consentito di respirare solo l'aria esterna.

Si immette per il rubinetto *C* un volume esattamente misurato di O_2 (3 litri per l'uomo e due litri per la donna) e se lo spirometro ha una buona graduazione ci si può servire di questa altrimenti si usa il dispositivo della fig. 2.

La bottiglia *A* è graduata in litri; la si riempie di acqua e si immette O_2 per il rubinetto *C* fino a che il livello dell'acqua si abbassa al segno voluto, badando che il livello dell'acqua nella bottiglia *B* sia alla stessa altezza di quello della bottiglia graduata. Si fa poi ripassare l' O_2 dalla bottiglia *A* allo spirometro, sollevando convenientemente il recipiente *B*.

L'apparecchio è pronto. Il soggetto è posto a sedere a livello del bocchero di gomma che serra tra labbra e denti, mentre il naso è chiuso da una pinza. Egli respira normalmente per qualche tempo con il rubinetto a tre vie girato in modo che i suoi polmoni siano in comunicazione con l'aria esterna.

Poi egli prende una posizione di massima espirazione e subito si gira il rubinetto a tre vie in modo da metterlo in comunicazione con lo spirometro. Quattro o cinque profondi atti respiratori mescolano l'aria residua dei polmoni con l'O₂ dell'apparecchio e così nel sistema spirometro-polmoni si otterrà una miscela omogenea. All'ultimo atto respiratorio si farà fare al soggetto una massima espirazione alla fine della quale si gira nuovamente il rubinetto

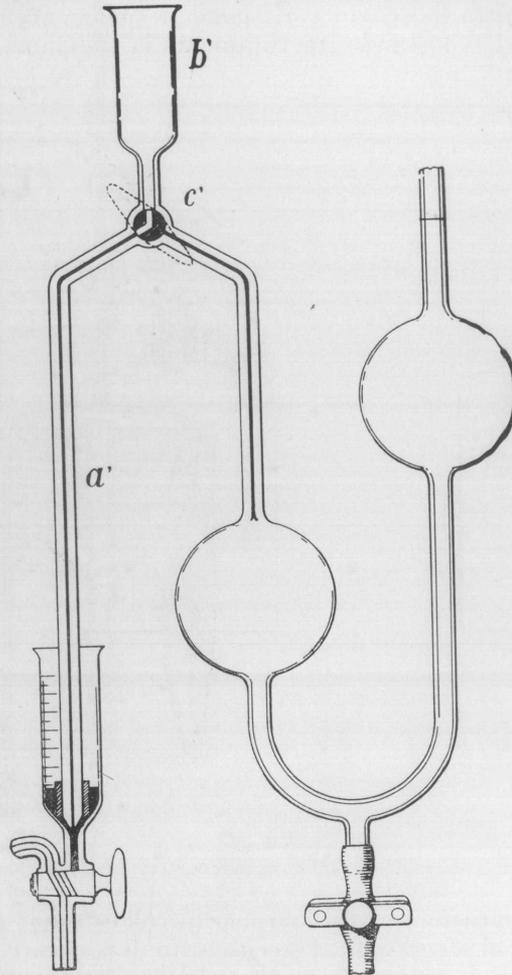


Fig. 3.

a tre vie, come nella posizione iniziale. Se dopo l'espirazione massima finale la graduazione dello spirometro indica la presenza di un volume di gas superiore a quello iniziale, che può essere anche di qualche centinaio di cc., noi dobbiamo tener conto di questa eccedenza che denota un errore del soggetto nel compiere l'espirazione massima all'inizio della prova.

Per correggere i valori del calcolo finale, basterà detrarre dal valore dell'aria residua presente questa eccedenza.

Analisi della miscela di gas. — Si preleva dal rubinetto C un campione di aria con una pipetta di HEMPEL-V. SLYKE (fig. 3) (5) e di questo campione

si misura il contenuto in N_2 nell'apparecchio di V. SLYKE e NEILL (fig. 4) provvisto di una camera per estrazione (A) da 50 cc. (per le generalità e per una più dettagliata conoscenza di questo apparecchio si rimanda alle memorie originali) (6).

Reagenti. — Nella analisi in oggetto ci si serve solo di una soluzione al 30 % di idrosolfito di sodio in idrato di potassio 4N che viene rapidamente filtrata su cotone e conservata sotto olio di paraffina. Deve essere rinnovata ogni giorno.

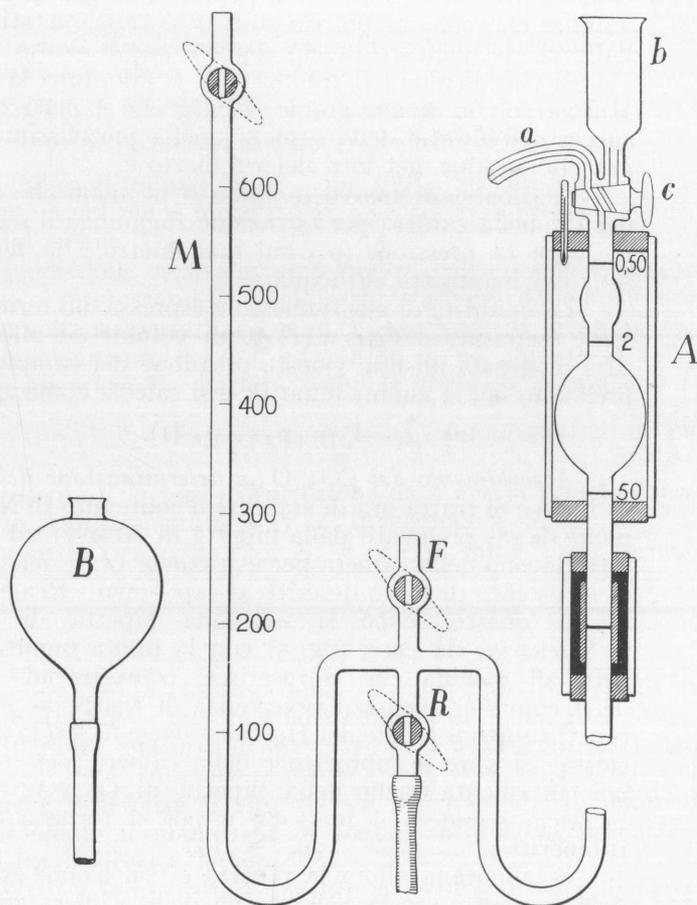


Fig. 4.

Lettura dello zero dell'apparecchio (p_0). — Tutto l'apparecchio di V. SLYKE e NEILL è riempito di Hg compresa la derivazione a, la parte inferiore della coppa b ed il manometro M. Si chiude il rubinetto c e si abbassa il bulbo B fino a che il menisco del Hg nella camera raggiunge il segno 50 cc. Si chiude il rubinetto R e si legge sul manometro la pressione (p_0) e la temperatura (t^0) del manicotto di H_2O in A.

Introduzione del campione di gas nell'apparecchio. — Si torna nuovamente a riempire di Hg la camera per estrazione e si inserisce, comprimendo, il capillare della pipetta di HEMPEL-V. SLYKE (la punta di questo capillare è prov-

vista di un manicotto di gomma) al fondo della coppa *b* (fig. 4) nella quale già si trovano ca. cc. 2 di Hg.

Si alza allora il bulbo *B* in modo che sia ad un livello più alto della pipetta di HEMPEL-V. SLYKE. Si apre il rubinetto *c* della camera per estrazione ed il rubinetto *c'* della pipetta in modo che il Hg salga dalla coppa *b* lungo il capillare *a'* ed arrivi alla coppa *b'*. Avremo cacciata così tutta l'aria dal capillare *a'* e dal rubinetto *c'* e potremo allora, abbassando il bulbo *B* e girando opportunamente il rubinetto *c'* della pipetta, immettere nella camera per estrazione *A* un volume di gas di ca. cc. 35, volume che con un po' di pratica si riesce a stimare dall'altezza del menisco di Hg sopra il segno cc. 50.

Si chiude allora il rubinetto *c*, si allontana la pipetta di HEMPEL e con alcune gocce del Hg che è nella coppa *b* si caccia nell'interno della camera quella piccolissima parte di gas che residua nel foro del rubinetto *c*.

Si abbassa di nuovo il bulbo *B* in modo che il menisco del Hg nella camera per estrazione raggiunga il segno cc. 50. Si legge la pressione (p_1) sul manometro e la temperatura (t_{01}) del manicotto di acqua.

La quantità di gas immesso è espressa dal termine: pressione esercitata dal gas a cc. 50 di volume ed alla temperatura di questa misura. Questa pressione del campione di gas prelevato noi la chiameremo P_c e si calcola come appresso:

$$P_c = p_1 - p_0 \quad (1).$$

Assorbimento del CO₂, O₂ e determinazione del contenuto in N₂. — Si tratta ora di stabilire il contenuto in N₂ del campione di gas prelevato dalla pipetta di HEMPEL ed all'uopo si introducono nella camera per estrazione cc. 3 della soluzione di idrosolfito di sodio descritto al capoverso « Reagenzi ».

A questo scopo si usa una pipetta di OSTWALD-V. SLYKE (7) da cc. 3 (fig. 5) con la punta munita di manicotto di gomma che si inserisce, comprimendo, al fondo della coppa *b*, avendo l'avvertenza di tenere la punta della pipetta sotto il livello del Hg che trovasi al fondo della coppa stessa. Si apre il rubinetto *c* della camera per estrazione e poi lentamente quello della pipetta di OSTWALD-V. SLYKE. Si lascia scendere il reagente e poi si torna a chiudere il rubinetto *c*.

Si allontana allora la pipetta e con alcune gocce di Hg della coppa si caccia nell'interno della camera anche quella piccolissima quantità di reagente che residua nel foro del rubinetto *c*. Durante queste operazioni il bulbo *B* sarà lasciato circa allo stesso livello del segno cc. 50 ed il rubinetto *R* deve essere aperto. Si passa ora a sbattere per tre minuti la camera per estrazione dopo di che, manovrando opportunamente il bulbo *B*, si porterà il menisco del Hg nella camera al segno cc. 50 e si leggerà la pressione p_2 sul manometro e contemporaneamente la temperatura t_2 del manicotto d'acqua. Questa pressione è data solo dall'N₂ perchè O₂ ed CO₂ sono stati assorbiti dal reagente.

Dopo questa lettura si caccia dalla camera per estrazione l'N₂ avendo l'avvertenza di non fare uscire anche parte del liquido e per questa manovra si gioca opportunamente con il bulbo *B* ed il rubinetto *c*. Il Hg che trovasi al fondo della coppa *b* funzionerà da valvola in modo che nella camera non entra aria.

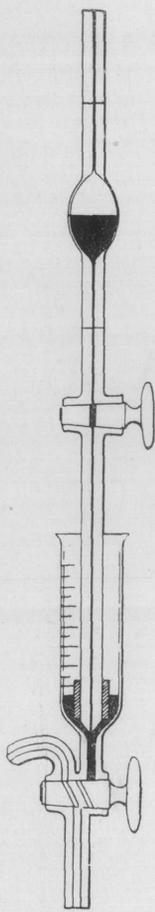


Fig. 5.

Espulso l' N_2 , si torna a chiudere il rubinetto c e si riporta il menisco del Hg nuovamente al segno cc. 50 leggendo p_3 e t°_3 .

Calcolo. — La pressione P_c del campione di gas prelevato si ricava come abbiamo già visto da (1):

$$P_c = p_1 - p_0 \quad (1) \text{ in cui}$$

p_0 , p_1 sono pressioni lette sul manometro a camera vuota (p_0) di gas e dopo l'introduzione (p_1) del campione di gas.

Per ricavare il valore del campione di gas introdotto espresso in termini di volume e non di pressione si userà la seguente formula:

$$V_c = V_v \cdot \frac{P_c}{760} \cdot \frac{t - 1}{1 + 0,0034 t}$$

in cui V_c indica il volume, a 0° e 760 mm., del campione di gas introdotto. V_v il volume a cui viene misurato P_c , che nel caso nostro è 50 cc. P_c il valore ricavato dal calcolo (1).

Agli scopi della nostra ricerca questo calcolo non è necessario, perchè i valori che ci interessano si calcolano direttamente dalle misure della pressione. Infatti una volta ricavato P_c come in (1), per avere la pressione esercitata dallo N_2 , dopo assorbimento del CO_2 e O_2 , a 50 cc. ed alla stessa temperatura alla quale si è misurato P_c , basterà usare la seguente formula:

$$P_{N_2} = 0,94 (p_2 - p_3) \quad (2) \text{ in cui}$$

0,94 rappresenta il fattore di correzione dato che la pressione esercitata dallo N_2 viene in realtà misurata a 47 cc. invece che a 50 cc.

La quantità percentuale di N_2 si otterrà infine dalla formula:

$$\% N_2 = 100 - \frac{P_{N_2}}{P_c} \quad (3)$$

Si sarebbe così in possesso della percentuale in N_2 del gas in esame se le temperature ($t^{\circ}_0 - t^{\circ}_1 - t^{\circ}_2 - t^{\circ}_3$) della camicia di acqua non subiscono durante l'analisi differenze maggiori di 0,1 $^{\circ}$. Così pure la differenza con la temperatura ambiente non deve superare 0,2 $^{\circ}$ -0,3 $^{\circ}$.

A queste differenze si rimedia sia cercando di riscaldare o raffreddare convenientemente il manicotto di acqua, sia correggendo con il calcolo le differenze fra le diverse letture.

Se infatti la temperatura durante la lettura di P_c e di P_r (pressione del gas residuo dopo l'assorbimento di O_2 e CO_2) differisce più di 0,1 $^{\circ}$, basterà correggere P_r moltiplicandolo per il fattore T_c/T_r , dove T_c e T_r sono la temperatura assoluta (centigradi + 273 $^{\circ}$) della camera del gas al momento della misura di P_c e P_r rispettivamente.

Conosciuta la percentuale di N_2 presente nel gas in esame si passa a calcolare l'aria residua secondo la formula:

$$AR = V_{O_2} \cdot \frac{\% N_2 - a}{79,1 - \% N_2} - Sm \quad (4)$$

Dove AR = aria residua;

V_{O_2} = volume dell'ossigeno misurato entro lo spirometro;

$\% N_2$ = percentuale dello N_2 ricavata come da (3);

Dove a = impurezza in N_2 dell'ossigeno usato e che viene determinata su ogni bombola, con lo stesso apparecchio manometrico, misurando la pressione P_r del campione a cc. 50 e le pressioni (p_2 , p_3) dell' N_2 , non assorbito, a cc. 2;

79,1 = la concentrazione percentuale di N_2 nell'aria residua all'inizio della prova;

Sm = cubicità degli spazi morti.

Si sarebbe così in possesso del valore cubico dell'aria residua alla temperatura ambiente, ma poichè l'aria residua si trova nei polmoni ad una temperatura presso a poco uguale a quella dell'organismo, RIGONI e CICOGNANI (4) eseguono un calcolo complementare per avere la cubicità reale dell'aria residua che, per le note leggi sui gas, si ricaverà dalla formula:

$$AR_{36,5} = \frac{273 \text{ Art}}{273 + t} \cdot \left(1 + \frac{36,5}{273}\right)$$

Dove AR = aria residua alla temperatura endo-polmonare;

Art = aria residua a temperatura d'ambiente.

b) *Metodo all'idrogeno. — Principio.* — Si mescola l'aria residua polmonare con una miscela di $O_2 - H_2$ a volume noto di H_2 . Si determina poi, a respirazione avvenuta, il rapporto $N_2 : H_2$ della miscela di gas e da questo rapporto i volumi di N_2 e di aria che erano nei polmoni. Poichè nè l' N_2 nè l' H_2 partecipano agli scambi respiratori, il soggetto in esame può respirare per il tempo necessario così da assicurare una miscela di gas omogenea.

Questo metodo ha dei grandi vantaggi di fronte a quello all'ossigeno ed in particolare i seguenti:

1) il soggetto non ha bisogno di portare, alla fine del periodo respiratorio, i suoi polmoni alla posizione presa all'inizio (cioè di massima espirazione) e questo evita la grande variabilità che, come abbiamo visto, si può riscontrare col metodo all'ossigeno;

2) il soggetto può respirare tranquillamente, cioè senza atti respiratori forzati, e per un periodo da cinque a dieci minuti, ciò che consente, come abbiamo già detto, oltre che una migliore omogeneizzazione dei gas, anche il vantaggio di evitare una respirazione forzata che per i tubercolosi polmonari è sempre fonte di disturbi come tosse, dispnea, ecc. ecc.

Di fronte a questi vantaggi si richiedono, per questo metodo, alcune precauzioni, in quanto durante l'esperimento lo spirometro ed i polmoni del soggetto sono pieni di una miscela esplosiva di idrogeno-ossigeno.

Nel laboratorio quindi non si dovrà fumare nè tenere accesi becchi Bunsen, nè si dovranno usare grassi combustibili per lubrificare l'apparecchio, perchè il contatto di tali sostanze con il gas ad elevato contenuto di ossigeno può dare combustioni spontanee. Infine l'idrogeno usato deve essere analizzato per la eventuale presenza di arsine (metodo dello specchio metallico) dato che l'uso di un tale idrogeno potrebbe essere fatale per il soggetto in esame.

Apparecchio. — La disposizione dell'apparecchio da noi usato è molto simile a quella proposta da SENDROY (8) di cui in parte abbiamo seguito le indicazioni. Schematicamente essa risulta costituita come dalla fig. 5

Messa a punto dell'apparecchio. — Prima di ogni esperienza l'apparecchio viene accuratamente liberato dall'aria atmosferica facendovi passare, a varie riprese, un totale di circa 40 litri di O_2 . A questo scopo si serra tra le due

tavolette (*M*) il pallone *B*, si abbassa al massimo la campana dello spirometro e si adatta al boccheruolo *L* il dispositivo *N* a cui verrà applicato in *a* la suzione di una pompa aspirante ad acqua ed in *b* la bombola dell'ossigeno. Il rubinetto *D* è messo in comunicazione con le due valvole *E-F*. Girando opportunamente il rubinetto *O* si riempirà l'apparecchio con O_2 ed alternativamente lo si estrarrà

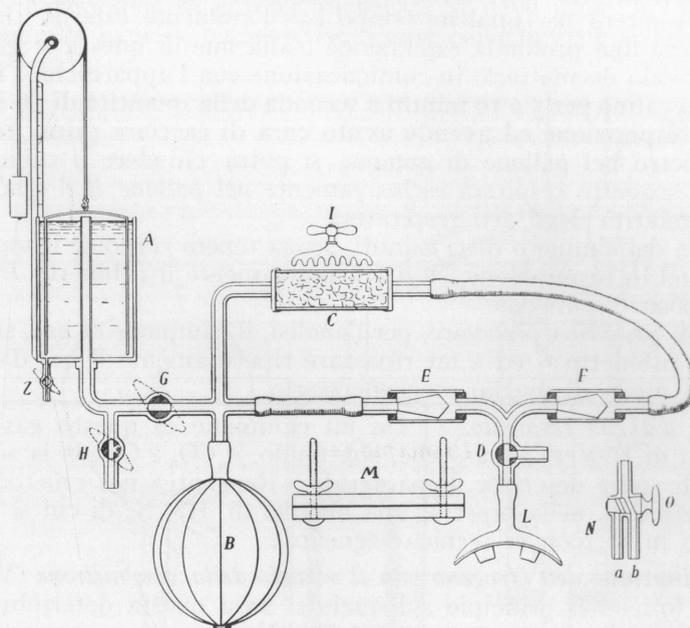


Fig. 6.

- A - Spirometro a campana come quello descritto nella fig. 1.
- B - Pallone di gomma della capacità di 10 litri circa.
- C - Recipiente da 500 a 750 cc. circa contenente calce sodata.
- D - Rubinetto a tre vie che consenta al soggetto in esame di essere posto in comunicazione con l'ambiente esterno o con l'apparecchio.
- E-F - Valvole da respirazione (entrata ed uscita).
- I - Sistema di refrigerante ad acqua.
- L - Boccheruolo di gomma.
- G-H - Rubinetti.
- N - Rubinetto a tre vie.
- M - Sistema di due tavolette sovrapposte per tenere afflosciato il pallone B.

e questa operazione va ripetuta per circa dieci volte. Alla fine nell'apparecchio non vi saranno tracce di aria. Si passa ora a riempirlo con sei litri di ossigeno, nel caso si voglia far respirare il soggetto per dieci minuti o con tre litri se il soggetto respira solo per cinque minuti. A questo scopo ci si serve del rubinetto *H* e si potrà usare sia la scala graduata annessa allo spirometro, sia un dispositivo simile a quello descritto nella fig. 2.

Va ricordato che prima di immettere l' O_2 bisogna chiudere il rubinetto a tre vie (*D*) in modo che l'apparecchio non sia in comunicazione con l'esterno. Dopo questo rifornimento di O_2 si introducono (sempre per la via del rubinetto *H*) due litri esattamente misurati di H_2 ed a questo scopo sarà sempre

bene servirsi del dispositivo della fig. 2 con le precauzioni che per esso abbiamo segnalato.

Avremo quindi nello spirometro una miscela di $H_2 : O_2$ che possiamo meglio omogeneizzare liberando dal morsetto *M* il pallone di gomma *B* e cacciando alternativamente in esso il contenuto dello spirometro. L'apparecchio è ora pronto per far respirare il soggetto, il quale si applicherà il boccheruolo e respirerà per qualche tempo con l'ambiente esterno; lo si invita poi a compiere una profonda espirazione e alla fine di questa si gira il rubinetto *D* in modo da metterlo in comunicazione con l'apparecchio. Il soggetto respira allora calmo per 5 o 10 minuti a seconda della quantità di O_2 introdotta. Durante la respirazione ed avendo avuto cura di cacciare prima tutto il gas dello spirometro nel pallone di gomma, si potrà chiudere il rubinetto *G* in modo che il soggetto respirerà esclusivamente nel pallone *B* il quale segnerà anche la regolarità degli atti respiratori.

Alla fine dei cinque o dieci minuti, senza tenere conto se il soggetto è in espirazione od in inspirazione, si girerà nuovamente il rubinetto *D* rimettendolo nella posizione iniziale.

Prima di passare a prelevare, per l'analisi, il campione di gas, si provvede a riaprire il rubinetto *G* ed a far ripassare ripetutamente il gas da *B* in *A* e viceversa in modo di meglio omogeneizzarlo.

Analisi del gas respirato. — Da un campione di questo gas prelevato nella pipetta di HEMPEL, si assorbe, sbattendo, il CO_2 e O_2 con la soluzione di idrosolfito di sodio descritta al paragrafo « Reagenti » nel « metodo all'ossigeno »; ne residua, nella pipetta, una miscela di $H_2 : N_2$ di cui si determina il contenuto in H_2 con la tecnica seguente:

Determinazione dell'idrogeno con il metodo della combustione (VAN SLYKE ed HANKE) (9). — Il principio sul quale si basa questa determinazione è il seguente: al gas in esame, contenente $H_2 : N_2$, si aggiunge un eccesso di O_2 e si fa esplodere la miscela in una pipetta, provvista di una spirale di platino, collegata ai poli di un accumulatore.

Per questa determinazione si usa l'apparecchio manometrico di VAN SLYKE e NEILL (fig. 4), completato di una pipetta da combustione come nella fig. 7.

L'uso del VAN SLYKE e NEILL è il più conveniente, perchè evita la necessità di diluire la miscela con un gas inerte per evitare esplosioni troppo vigorose. Come vedremo infatti, per attenuare l'esplosione, basterà farla avvenire a pressione ridotta.

Apparecchio. — La fig. 7 illustra la costruzione e l'attacco della camera di combustione alla camera manometrica dell'apparecchio di VAN SLYKE e NEILL secondo le indicazioni di VAN SLYKE ed HANKE (9).

La camera di combustione è un cilindro di vetro a grosse pareti di circa 100 mm. di altezza per 32 mm. di diametro e di una capacità quindi di 75 cc. circa. L'apertura del cilindro è leggermente espansa in modo da potervi adattare comodamente un tappo di gomma. Attraverso questo tappo passano tre tubi di vetro: uno (*M*) è in connessione con il bulbo livello del Hg (*A*), mentre agli altri due è saldata all'estremità superiore una spirale di platino.

La corrente elettrica per rendere incandescente questa spirale è fornita da una batteria di 2 o 4 Volt. Per evitare danni alle persone nel caso di uno scoppio del cilindro di vetro, per esplosione di una miscela di gas male calcolata, sarà opportuno ricoprire esternamente il cilindro con una sottile rete metallica. Le estremità capillari (*L*) della camera di combustione e della camera di estrazione sono congiunte per mezzo di un tubo di gomma. Si intende che la camera di combustione è fissata ad un supporto tale che il livello

del suo capillare incontri esattamente quello della camera dell'apparecchio di VAN SLYKE-NEILL. Con queste precauzioni non si avranno perdite al punto di connessione, quando la pressione della camera di combustione sia ridotta a 100 mm., cioè con il bulbo livello *A* abbassato di 660 mm.

Introduzione e misura del campione di gas da analizzare. — Prima di introdurre il campione di gas da analizzare si deve innestare la camera di combustione alla camera manometrica come nella fig. 7 e si porta inoltre il

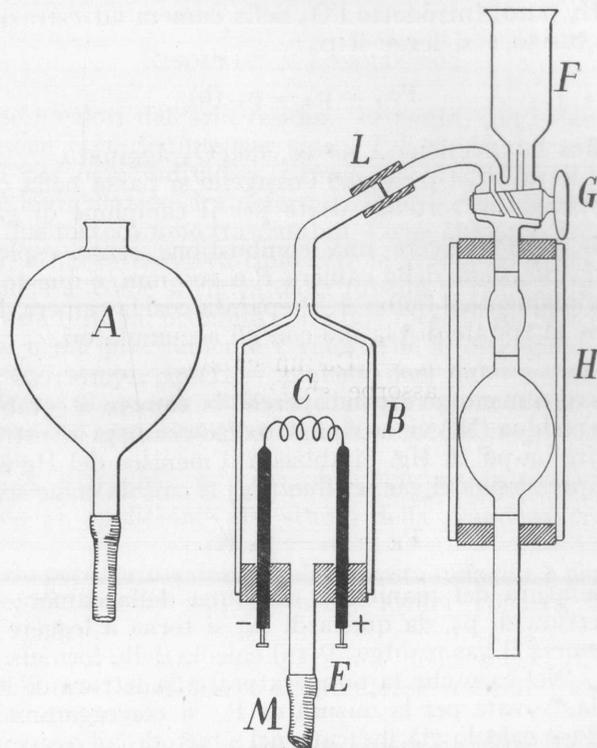


Fig. 7.

Hg dalla camera *B* in *H* cacciando tutta l'aria dalle connessioni; avremo così l'apparecchio pieno completamente di Hg e senza tracce di aria. Il campione di gas è introdotto con la stessa tecnica descritta per il « metodo all'ossigeno » eseguendo prima la solita lettura dello zero (p_0); allo scopo ci si serve della stessa pipetta di HEMPEL-V. SLYKE che contiene la miscela di gas ($N_2 : H_2$) privata dell' O_2 e CO_2 , e s'introdurranno preferibilmente circa cc. 30-35 di gas in modo da avere una pressione di circa 500 mm. a 50 cc. di volume (p_1).

La pressione di questo campione è calcolata nel modo usuale:

$$P_c = p_1 - p_0 \text{ (a).}$$

Eseguita la misura del p_1 , girando opportunamente il rubinetto *G* si passa tutto il gas da *H* in *B* avendo l'avvertenza di tenere una parte di Hg da *H* un po' al disotto della camera *B*. Si farà inoltre passare una parte di Hg da *H* in *B* in modo da riempire la connessione *L*; questo passaggio di gas da una camera all'altra non avviene sotto pressione positiva, il che sarebbe dannoso perchè si avrebbero delle perdite dal rubinetto *G*.

Aggiunta dell'ossigeno. — Passato il campione di gas nella camera di combustione (*B*) e con la camera di estrazione (*H*) completamente piena di Hg, si introduce in essa l'O₂ (con la stessa tecnica usata precedentemente per l'introduzione del campione di gas). La quantità di O₂ da usare dipende dal contenuto in H₂ del campione. La pressione di questo O₂ non dovrà mai, in ogni caso, essere meno della metà della pressione dell'idrogeno e se si introdurrà quindi una quantità di O₂ che dia più di 0,5 P_r mm. di pressione si potrà essere sicuri della presenza di un sufficiente eccesso anche se il campione di gas è composto di H₂ puro. Introdotto l'O₂ nella camera ad estrazione si abbassa il Hg al segno cc. 50 e si legge il p₂:

$$Po_2 = p_2 - p_0 \quad (b)$$

dove Po₂ significa la pressione a 50 cc. dell'O₂ aggiunto.

Eseguita la lettura del p₂ anche l'ossigeno si passa nella camera a combustione con le stesse avvertenze usate per il campione di gas precedente.

Combustione. — Per avere una combustione senza esplosioni si avrà cura di ridurre la pressione della camera *B* a 100 mm. e questo si ottiene abbassando opportunamente il bulbo *A*. Preparata così la camera di combustione si potrà collegare la spirale di platino con gli accumulatori.

Misura del gas residuo non bruciato. — Dopo avere reso incandescente la spirale e passati almeno 30 secondi perchè la camera a combustione si raffreddi, il gas che residua (N₂) viene ripassato nella camera ad estrazione avendo cura di far seguire un po' di Hg. Si abbassa il menisco del Hg al segno cc. 50 e si legge p₃. La pressione del gas residuo (P_R) si calcola come segue:

$$P_R = p_3 - p_0 \quad (c).$$

Se la temperatura del manicotto di acqua della camera ad estrazione differisce, alla lettura di p₃, da quella di p₀, si torna a leggere p₀ dopo aver cacciato dalla camera il gas residuo. Per il calcolo della formula in (c) si userà questo ultimo p₀. Nel caso che la temperatura, alla lettura di Po₂ e di P_R sia diversa da quella trovata per la misura di P_c, si correggeranno Po₂ o P_R od entrambi secondo il calcolo già indicato nel «metodo all'ossigeno».

Calcolo.

$$P_{H_2} = 2/3 (P_c + Po_2 - P_R) \quad (1);$$

$$\% H_2 = \frac{100 P_{H_2}}{P_c} \quad (2).$$

La formula (2) darà il % dell'H₂ nel campione di gas analizzato mentre la differenza rappresenta il % di N₂. Questo N₂ è quello dell'aria che era in principio nei polmoni e nello spazio morto tra valvola e bocca, dato che tutto l'apparecchio conteneva solo O₂ ed H₂.

Si potrà quindi calcolare il volume nello N₂ presente e moltiplicarlo per 1/0791 per ottenere il volume di aria che si aveva nei polmoni e nello spazio morto a soggetto in connessione con l'apparecchio.

$$\text{Litri } N_2 = \text{litri di } H_2 \cdot \frac{\% N_2}{\% H_2} \quad (3) \text{ da cui}$$

$$\text{litri di aria} = 1/0791 \cdot \text{litri di } N_2 \quad (4)$$

Si avrebbe così l'aria residua esatta se l'O₂ usato fosse puro, ma esso contiene sempre tracce di N₂ e quindi dai litri di N₂ della formula (3) bisogna sottrarre il volume di N₂ presente come impurezza dell'O₂ usato.

Nell'eseguire questa correzione non solo sarà necessario conoscere il volume dell'O₂ introdotto, ma anche l'O₂ contenuto nello spazio morto dell'apparecchio all'inizio della ricerca.

Da ricordare inoltre che l'O₂ usato non deve essere impuro di H₂, nè l'H₂ di O₂ e ciò per ovvie ragioni di precisione nel calcolo finale.

RISULTATI E CONCLUSIONI.

Riportiamo i valori dell'aria residua, ottenuta con i due metodi, su un gruppo di persone sane distinte per sesso. Tali risultati sono dedotti da più determinazioni per ogni individuo, ricerca che del resto si è dimostrata superflua, perchè le oscillazioni fra determinazione e determinazione sullo stesso soggetto e nei due metodi sono trascurabili. Come abbiamo premesso, all'inizio di questa nota, a noi interessava conoscere la grandezza della differenza data dalle due tecniche e, come si rileva dalla tabella I, risulta che effettivamente il volume dell'aria residua, ottenuta con i due metodi, differisce costantemente per tutti i casi e più precisamente i valori che si ottengono con il « metodo all'ossigeno » sono sempre inferiori a quelli dati dal « metodo all'idrogeno ».

La grandezza di questa differenza meglio si nota dal confronto delle singole differenze per ogni soggetto o dalla loro media che si aggira su un valore di circa cc. 300.

Si tratta ora di stabilire in pratica l'eventuale influenza di questi diversi risultati quando si applichino allo studio della grandezza respiratoria polmonare.

È necessario però, prima di entrare in questa indagine e per una sua esatta interpretazione, richiamare sull'argomento alcuni concetti di fisiopatologia polmonare.

Noi oggi, in particolare per gli studi della scuola di MORELLI (MONALDI) (10), dobbiamo considerare la grandezza respiratoria da due punti di vista: statica e dinamica.

La grandezza respiratoria statica si divide in capacità polmonare assoluta (CP_a) e capacità di equilibrio (CP_e); la prima legata all'effettiva capienza del polmone nella sua massima distensione, la seconda alla capacità dell'organo nel riposo respiratorio.

A base della grandezza respiratoria statica è l'elemento anatomico di volume dell'organo più l'elemento funzionale legato però esclusivamente alla proprietà di distensione sotto l'azione combinata della trazione parietale all'esterno e della pressione atmosferica all'interno, sia nel riposo che nella più profonda inspirazione.

La grandezza respiratoria dinamica rappresenta invece il volume di aria che può essere messo in movimento in un atto respiratorio, capacità vitale (HUTCHINSON), e che è legata ad ambedue le proprietà del polmone della distensione e della retrazione.

Già allo stato fisiologico esistono differenze fra capacità polmonare assoluta e capacità vitale: questa non corrisponde alla prima per la costituzione anatomica dell'organo e la sua effettiva posizione, fattori che vengono a costituire l'aria inespulsa o aria residua.

Allo stato patologico, a rendere maggiormente diversi i valori tra capacità polmonare (CP_a) e capacità vitale (CV), interviene un altro elemento. La CP_a è infatti legata funzionalmente al solo potere di distensione, mentre

la CV ad ambedue le proprietà del polmone (distensione e retrazione) e quindi un'alterazione di una sola di queste due proprietà si ripercuoterà necessariamente sulle due grandezze respiratorie.

In un enfisematoso infatti la CP_a (MONALDI) (10) è di gran lunga superiore a quella della CV che risente della limitazione del potere retrattile del polmone.

Ora se, dopo quanto succintamente abbiamo ricordato, passiamo a studiare la grandezza respiratoria con questi concetti, meglio potremo comprendere il ruolo giocato dall'aria residua.

Infatti, come MONALDI (10) suggerisce, se consideriamo il rapporto tra CV e CP_a $\left(\frac{\text{capacità vitale}}{\text{capacità vitale} + \text{aria residua}} \right)$, rapporto che l'A. considera di circa 0,75, attribuendo ad un suo aumento solo un valore relativo, espressione di una riduzione dell'aria residua, mentre una diminuzione sarebbe sempre espressione di una difficoltà di retenzione polmonare, noi potremo ricavare a seconda se nel calcolo si usa, per l'aria residua, il dato ottenuto con i due diversi metodi di determinazione, un concetto utile per stabilire fino a quale grado influisca su questo valore la differenza da noi constatata.

Come risulta dalla tab. I, questo rapporto, che indichiamo con la dicitura «indice A» ha una media di 0,67 ricavato col «metodo all'idrogeno» e 0,71 col «metodo all'ossigeno» con oscillazioni di $-3 +5$ per il primo e di $-5 +7$ per il secondo.

TABELLA I.

N. progr.	Sesso	NOME	AR determinata con		Differenza	CV	AR	Indice A		Indice B	
			H ₂	O ₂				H ₂	O ₂	H ₂	O ₂
			1	M				Bruno B. . . .	1,970	1,610	360
2	»	Pasquale G. . .	1,845	1,585	260	3,600	1,300	0,66	0,69	0,57	0,55
3	»	Parisi C. . . .	1,911	1,210	701	4,100	1,800	0,68	0,77	0,61	0,56
4	»	Enrico L. . . .	1,997	1,934	63	4,100	1,800	0,67	0,67	0,62	0,61
5	»	Francesco M. . .	1,600	1,320	280	3,800	1,625	0,70	0,74	0,59	0,57
6	»	Mario M. . . .	1,812	1,520	292	4,000	1,700	0,68	0,72	0,60	0,58
7	F	Irma C. . . .	1,321	0,939	382	2,575	1,100	0,66	0,73	0,62	0,58
8	»	Maria P. . . .	1,719	1,452	267	3,800	1,300	0,68	0,72	0,54	0,52
9	»	Attilia B. . . .	1,794	1,515	279	2,950	1,200	0,62	0,66	0,63	0,60
10	»	Clementina A. .	0,951	0,712	249	2,560	1,010	0,72	0,78	0,55	0,52
11	»	Giuditta M. . . .	1,302	1,020	282	2,900	1,200	0,69	0,73	0,59	0,56
12	»	Luisa M. . . .	1,510	1,220	290	2,700	1,100	0,64	0,68	0,61	0,59
Media					308			0,67	0,71	0,59	0,56

AR = aria residua.

CV = capacità vitale.

AR = aria riserva.

H₂ = dati ottenuti col «metodo all'idrogeno».

O₂ = dati ottenuti col «metodo all'ossigeno».

Indice A = $\frac{\text{capacità totale}}{\text{capacità vitale} + \text{aria residua (cap. polmon. assoluta)}}$

Indice B = $\frac{\text{aria residua} + \text{aria riserva (capacità di equilibrio)}}{\text{capacità vitale} + \text{aria residua (cap. polmon. assoluta)}}$

Un secondo rapporto che abbiamo voluto prendere in considerazione e che ha, in altro senso, un valore nello studio delle turbe della grandezza respiratoria è quello tra capacità di equilibrio (CP_e) e (CP_a) $\left(\frac{\text{a. residua} + \text{a. riserva}}{\text{capacità vitale} + \text{aria residua}} \right)$ che secondo MONALDI (10) si aggira intorno a 0,55.

Una sua riduzione parla per una posizione di riposo del polmone in maggiore retrazione, mentre un aumento è espressione di una maggiore distensione statica. Il primo è il caso dei così detti polmoni tisiici; il secondo dei polmoni enfisematosi.

Tale rapporto, che nella tab. I indichiamo con la lettera B, ha una media di 0,59 col « metodo all'idrogeno » e 0,55 col « metodo all'ossigeno » con oscillazioni di $-5 +4$ nel primo e $-4 +5$ nel secondo.

La differenza nei risultati dei rapporti presi in considerazione non è sensibile sia che nel calcolo si usi l'aria residua calcolata col primo o con il secondo metodo. Inoltre essi trovano riscontro nei valori dati da MONALDI, valori che possono subire, entro certi limiti e come precisiamo nelle presenti ricerche, delle oscillazioni che occorre tenere presente quando si devono usare come riferimento per uno studio nel campo patologico.

RIASSUNTO

Gli AA. hanno confrontato, su un gruppo di soggetti sani, i metodi di LUNGSGAARD-VAN SLYKE e VAN SLYKE-BINGER per la determinazione dell'aria residua polmonare. Dal confronto è risultato che il primo metodo offre dei valori sempre inferiori rispetto al secondo. Gli AA. hanno successivamente voluto indagare le ripercussioni di questa differenza quando si applichino questi diversi valori allo studio della grandezza respiratoria polmonare.

RÉSUMÉ

Les AA. ont comparé sur quelques sujets sains les méthodes de LUNGSGAARD-VAN SLYKE et VAN SLYKE-BINGER pour la détermination de l'air résiduelle du poulmon. Resultat de la comparaison est que l'épreuve de la première méthode donne des valeurs toujours moins élevées que la seconde. Ensuite les AA. ont accompli des recherches sur la répercussion de cette différence lorsqu'on applique ces différentes valeurs à l'étude de la grandeur respiratoire du poulmon.

ZUSAMMENFASSUNG

Verff. verglichen an einer Gruppe gesunder Individuen die Verfahren nach LUNGSGAARD-VAN SLYKE und VAN SLYKE-BINGER für die Bestimmung der residualen Luft in der Lunge. Aus dem Vergleich ging hervor, das erstere Methode stets geringere Werte bietet als letztere. Verff. erforschten sodann die Rückschläge dieses Unterschiedes wenn man diese verschiedenen Werte dem Studium der Atmungsgrösse der Lunge anpasst.

SUMMARY

The authors have confronted, in a group of healthy subjects, the LUNGSGAARD-VAN SLYKE and the VAN SLYKE-BINGER methods for the determination of the residual air of the lung, from which it results that the first method always offer values inferior to the second. Successively, the writers considered the repercussions of this difference when these different values are applied of the measure of pulmonary respiration.

BIBLIOGRAFIA

- (1) LUNSGAARD C. e VAN SLYKE D. D. — « J. Exp. Med. », 1918, **27**, 65.
- (2) VAN SLYKE D. D. e BINGER C. A. L. — « J. Exp. Med. », 1923, **37**, 457.
- (3) SENDROY I., HILLER A. e VAN SLYKE D. D. — « J. Exp. Med. », 1923, **25**, 56.
- (4) RIGONI N. e CICOGNANI E. — « Bull. Sc. Mediche », 1936, **1**, 12.
- (5) VAN SLYKE D. D. e HILLER A. — « J. Biol. Chem. », 1925, **78**, 507.
- (6) VAN SLYKE D. D. — « J. Biol. Chem. », 1927, **73**, 121 ; VAN SLYKE D. D. e NEILL I. N. — « J. Biol. Chem. », 1924, **61**, 523.
- (7) HAWK P. B. e BERGEIM O. — « Pratical Phys. Chem. », 1931, 10ª ed., 517.
- (8) Vedi n. 3.
- (9) VAN SLYKE D. D. e HANKE M. E. — « I. Biol. Chem. », 1932, **95**, 120.
- (10) MONALDI V. — Fisiopatologia dell'apparato respiratorio nella Tuberculosis polmonare. Stab. tip. Armani, Roma, 1937-XV.

~~352177~~

59600

