

## Anàlisi de l'aire d'expiració

per

ANTONI ORIOL ANGUERA

Durant el curs 1930-1931 portarem a cap una tasca experimental —que avui resumirem— feta prop del pulmó considerat com un òrgan d'excreció.

Per aconseguir aquesta finalitat aprofitem l'exquisida sensibilitat de l'espectrofotometria, posada al servei de l'anàlisi de l'aire d'expiració. És curiós constatar que tot i la funció palesament excretora que ostenta el pulmó prop dels fenòmens respiratoris, no s'haguessin fet experiències a fi de fer extensiva aquesta propietat en el metabolisme general i respiració interna de l'organisme.

Darrerament ROGER (1) i BINET (2) estudien la forta significació que té el pulmó com a òrgan de reserva dels greixos, i, més recentment encara (3), estudien el metabolisme d'aquests en preparacions isolades de pulmó, portades a cap en cambres enginyoses i d'una extremada pulcritud.

D'altra banda, cada dia es proclama més seriosament la transcendència dels components habituals de l'aire alveolar, i, amb fina i penetrant erudició, HALDANE (4) per un cantó i DAUTREBANDE (5) per un altre, precisen l'alta significació que per cada malaltia tenen les proporcions de la mescla del contingut alveolar.

Per aquest doble camí s'esgota la tasca experimental, sense que ningú es pregunti si hi haurà algun altre element en la composició de l'aire d'expiració, ultra els tan debatuts oxigen, àcid carbònic, nitrogen, etc. I, si el pulmó és un emuntori habitual de l'organisme, és fàcil endevinar, que, ultra els catabòlits respiratoris, haurà d'eliminar altres elements volàtils sortits del metabolisme general.

Cal reconèixer que hem avançat molt poc en aquest sentit des del 1667 en què Robert HOOK (6), va enunciar magistralment que, per assegurar llur existència, els pulmons necessitaven una aportació suficient d'«aire fresc». El mateix John MAYOW (7) en deia *spiritus nitrus aereus*, de l'oxigen; però havia presagiat en aquells temps que aquest *spiritus nitrus* era indispensable per a les combustions ordinàries.

Just al cap d'un segle, PRIESTLEY (8) descriu l'oxigen sota la denominació *d'aire deflogisticat*, i és LAVOISIER (9) el qui té cura d'enderrocar la teoria *flogística* per precisar de forma definitiva una significació netament química de combustió, portada a cap per aquest element que, de llavors endavant, havia d'ésser anomenat oxigen.

A la seva manera tots tenien notícia d'aquest procés de respiració externa, i és per això que diem que en l'aspecte rigorosament químic ben poca cosa s'ha fet des de llavors. BLACK (10) distingia l'aire respirat de l'inspirat i deia que el primer era «aire fixat». Aquesta frase, tan justa, era l'anunci de l'òxid de carbó que no havia de tardar a precisar LAVOISIER. De llavors ençà, el contingut bioquímic de la respiració externa no dona un pas, i les valuoses aportacions de FLETCHER (11), WINTERSTEIN (12), BROWN (13), BARCROFT (14), HALDANE (15), PRIESTLEY (16), DOUGLAS (17), KROGH (18), HEAD (19), HASSELBACH (20), etc., serveixen per a precisar quantitats, proporcions, significació funcional i patològica, sempre referides però, a tensions d'aire integrat pels mateixos elements. Ningú no fa una nova aportació qualitativa, ningú no cerca ni descriu un nou element eliminat pel pulmó, ningú no apunta la possibilitat que això s'esdevingui.

Nosaltres anem justament a la recerca d'aquests elements que integren l'aire d'expiració, inquietats potser per aquella notícia, segons la qual les substàncies volàtils — com les aliàcies — s'eliminen pel pulmó, per bé que ningú no hagi plantejat seriosament la significació que pot tenir aquest fet com a coeficient d'una funció pulmonar excretora encara no descrita. I és curiós notar de passada que àdhuc constatacions tan repetides com l'eliminació d'acetona en casos d'acidosi diabètica no arriba a prendre més gruix que el d'un senzill símptoma.

Per nosaltres això té una forta significació metabòlica. En tenim la millor prova amb un reactiu tan sensible als components de l'aire d'expiració com és la flaire. Notem que l'alè del qui ens parla pot modificar-se ràpidament, arran d'una emoció, d'un disgust, o per l'exaltació d'una funció sexual, etc. Els elements que en aquest moment determinat han sortit pel pulmó donant a l'alè una flaire determinat, és evident que han de respondre a un metabolisme especial que dona lloc a l'alliberament d'elements volàtils que han de sortir per les vàlvules obertes del nostre organisme.

Deuen estar en quantitat molt insignificant, si atenem que mai no han sortit al pas del bioquímic, quan amb prou destresa fa les valoracions de l'aire d'expiració. Deuen estar en quantitat suficient per a estimular una determinada sensació olfactiva.

Per a reeixir en la nostra empresa portarem a cap les experiències

amb un aparell tan sensible com és l'espectrofotòmetre ultraviolat. De primer, guiats pel Professor VLES; més endavant seguirem les experiències nosaltres sols.

Per recollir els components de l'aire d'expiració, el fèiem passar a través d'una primera cambra de condensació (un senzill termostat) on perdia el seu contingut de vapor aquós i altres impureses procedents de la saliva i cavitat bucal. D'ací passava a una segona cambra que contenia el líquid que havia de fixar les substàncies de l'aire d'expiració. Borbollejava àmpliament, mercès a l'especial disposició d'aquest recipient, i tot seguit passava a un gasòmetre que ens indicava el nombre de litres lliurats.

La solució d'aquest recipient estava fortament tamponada a un pH conegut, que modifiçàvem segons les experiències, a fi de fixar diferents elements segons llur apetència àcida o alcalina.

Després d'haver fet passar sis-cents litres d'aire d'expiració a través d'aquest líquid, el portàvem junt amb el corresponent testimoni a l'espectrofotòmetre ultraviolat, model PELLIN (21) lleugerament modificat per VLES (22). El focus lluminós utilitzat era un arc de mercuri muntat amb quars, segons dispositiu de GALLOIS.

Per a la lectura de les adjuntes experiències caldrà que indiquem només que l'absorció és deduïda en funció de l'amplitud del diafragma que deixa passar la llum que va a la placa fotogràfica. Naturalment que també es funció de la llei de BEER-LAMBERT; però per no correspondre amb el «coeficient d'extinció» que acostuma a fer-se en les mesures quantitatives, explicarem el fonament d'aquesta particularitat aportada per VLES (23) en espectrofotometria, i amb ella ens serà fàcil la lectura de les següents gràfiques.

Diguem  $I_0$  a la llum que surt del focus.  $I$ , després d'haver travessat la cubeta absorbent, i  $I'$  després d'haver travessat la finestra o diafragma (escletxa).

És evident que, per a qualsevol testimoni que posem a la cubeta, la relació d'intensitats de llum serà funció exclusiva de la superfície del diafragma.

$$\frac{I'}{I_0} = aS$$

Igualment ho podríem dir de la substància problema un cop ha travessat la cubeta,

$$\frac{I'}{I} = a S_0$$

Es comprèn que aquest cas no podem referir-lo a  $I_0$ , perquè llavors hi hauria dues variables que condicionarien la variant  $I'$ . Per

igualar llurs equacions, prescindirem de l'absorció addicional que hi hagi a nivell de la cubeta i farem la proporció a partir de I.

Si dividim ordenadament aquelles igualtats, tindrem:

$$\frac{I'}{I_0} = \frac{a S}{a S_0}$$

I si resollem l'antecedent d'aquesta equació, tindrem:

$$\frac{I}{I'} = \frac{I_0}{I_0} = \frac{a S}{a S_0}$$

D'on és fàcil deduir:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{S}{S_0}$$

Però, com sigui que S i S<sub>0</sub> tradueixen la superfície del diafragma i aquest està construït d'aïtal faisó que només es modifica en un sentit, podrem substituir la superfície per l'amplitud que denominarem L. Per tant, la fórmula anterior serà

$$\frac{I}{I_0} = \frac{L}{L_0}$$

Amb això queda eliminada una variable: El diafragma. Ara cal que indiquem la relació d'intensitats que existeix entre I' i la possible absorció de I<sub>0</sub> en travessar la cubeta.

Prescindim ara de la intervenció del diafragma S i relacionem la radiació I<sub>0</sub> amb I, i per a la substància-patró tindrem, evidentment:

$$\frac{I}{I_0} = 1$$

En canvi, per a la substància absorbent, tindrem, d'acord amb la llei de BEER-LAMBERT:

$$\frac{I}{I_0} = e^{-kcl}$$

D'on es dedueix fàcilment:

$$I = I_0 e^{-kcl}$$

Substituint valors en la fórmula obtinguda anteriorment en estudiar la intensitat de llum en funció del diafragma, tindrem:

$$\frac{I'}{I_0 e^{-kcl}} = a S_0$$

Cada cop que trobarem al clixé que la radiació I' (corresponent a la substància-patró) és igual a la I' (corresponent a la substància-problema), podrem eliminar els factors comuns d'aquestes equacions:

$$\frac{I}{I_0 e^{-kcl}} = a S_0 \quad \text{i} \quad \frac{I'}{I_0} = a S$$

I obtindrem:

$$e^{-kcl} = \frac{S}{S_0} = \frac{L}{L_0}$$

S'endevina fàcilment que només podrà igualar-se I amb I' en el cas que en la substància-problema no hi hagués cap element absorbent que no estigués també a la patró, o bé compensant l'absorció per una major obertura del diafragma S.

Si ara fem la concentració igual a la unitat, i la longitud igual a un centímetre, tindrem:

$$e^{-k} = \frac{L}{L_0}$$

i, per transformació d'aquesta valor exponencial, tindrem el corresponent col·logaritme que ens traduirà un valor positiu de K:

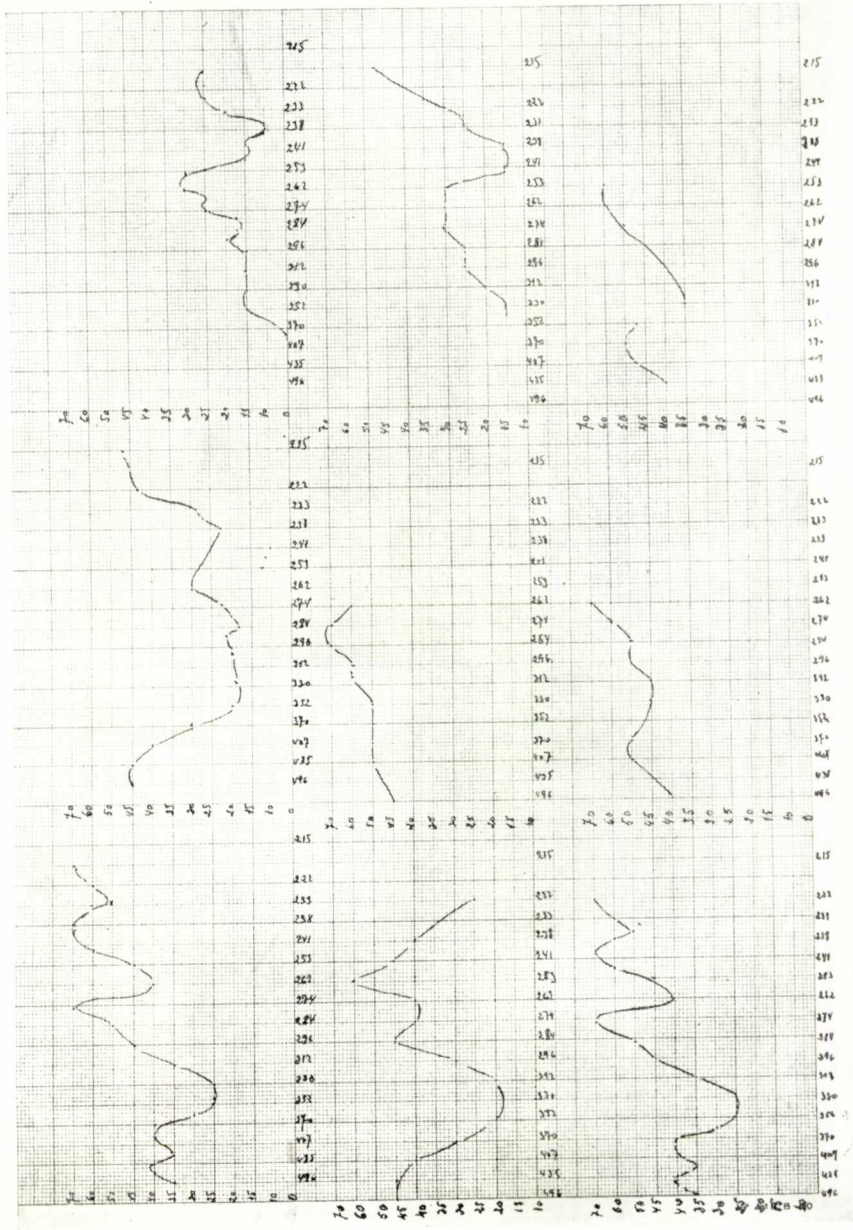
$$K = \text{col·logaritme} \frac{L}{L_0}$$

Per a la representació gràfica d'aquesta absorció, disposem en abscisses les longituds d'ona i en ordenades la valor de K expressada pel seu col·logaritme  $\frac{L}{L_0}$ .

Les gràfiques que segueixen a continuació són de fàcil interpretació després del que acabem de dir. Cada una ja indica tots els detalls amb què s'han portat a cap, i, en primer terme s'hi notarà la influència que té l'alimentació.

No podem donar cap gràfica d'absorció qualitativa perquè justament aquest serà el contingut de les nostres experiències següents, bell punt puguem tornar a treballar amb l'espectrofotòmetre ultraviolat.

De l'anàlisi d'aquestes gràfiques és fàcil deduir que, en passar de tres-cents litres d'aire expirat, sempre es troba una absorció manifesta. i que aquesta absorció és diferent segons els dies i les solucions tampòn utilitzades. Per això resulta interessant, no tan sols continuar aquestes experiències, sinó fer els controls amb solucions sintetitzades segons les dades espectrofotomètriques obtingudes i assajar de superar els espectrogrames. Nosaltres continuem aquest control, mercès a la col·laboració de J. ORIOL ANGUERA, utilitzant mesures físico-químiques de pK, i ben segur que els resultats obtinguts seran objecte d'una nova comunicació.



Experiència núm. 1: Règim carní; aire expirat, 500 l; pH del líquid testimoni, 3,70; pH del líquid bufat, 4,20. — Exp. núm. 2: R. vegetal; A. exp., 600 l; pH liq. test., 3,75; pH liq. buf., 4,25. — Exp. núm. 3: R. mixt; A. exp., 300 l; pH liq. test., 6,40; pH liq. buf., 6,66. — Exp. núm. 4: R. mixt; A. exp., 300 l; pH liq. test., 6,20; pH liq. buf., 6,00. — Exp. núm. 5: R. mixt; A. exp., 600 l; pH liq. test., 8,40; pH liq. buf., 7,80. — Exp. núm. 6: R. carní; A. exp., 300 l; pH liq. test., 3,75; pH liq. buf., 4,00. — Exp. núm. 7: R. carní; A. exp., 500 l; pH liq. test., 3,70; pH liq. buf., 4,20. — Exp. núm. 8: R. mixt; A. exp., 100 l; pH liq. test., 6,30; pH liq. bufat, 5,90. — Exp. núm. 9: R. mixt; A. exp., 80 l; pH liq. test., 5,80; pH liq. bufat, 5,40.

Diguem finalment que, al mateix temps que nosaltres portàvem a cap aquestes experiències, en el Laboratori de Zoofisiologia de Copenhaguen Th. P. PARSONS precisava petites quantitats de metà i d'hidrogen eliminats pel pulmó d'individus afectats de peritonitis i putrefaccions intestinals greus. CAMPBELL ratifica aquestes experiències de PARSONS, i aquests autors, en lloc de l'espectrofotòmetre, utilitzen el sac de DOUGLAS modificat per KROGH a fi de poder concentrar a volums insignificants grans quantitats d'aire expirat per mitjà del fil de plati posat al roig.

## C o n c l u s i o n s

- Primera: Entre els components de l'aire d'expiració es troben altres elements, a més dels que es descriuen clàssicament (O. CO i N).
- Segona: Aquests elements es troben en tan petita quantitat, que no podrien ésser posats de manifest pel més sensible dels procediments químics. Es tracta de quantitats de l'ordre de 0'0002 gr. per 600 litres d'aire expirat.
- Tercera: Es pot assegurar que alguns d'aquests elements són cossos cíclics i aminats. Un grup enòlic s'hi troba amb freqüència.
- Quarta: El nombre, quantitat i qualitat d'aquest elements varia segons els dies i l'alimentació.
- Cinquena: D'aquestes conclusions es dedueix que el pulmó és una via d'excreció per als elements volàtils sortits de la respiració interna dels teixits.

## B i b l i o g r a f i a

- (1) ROGER. — «La fonction lipolytique du poumon». Bull. de l'Acad. de Médic., pàg. 129, 4 octubre 1921.
- (2) BINET. — «Recherches histophysiologiques du poumon» en «Questions physiologiques d'actualité», pàg. 1-14, París, 1927.
- (3) BINET. — «La combustion des graisses au niveau du poumon». Comp. Rend. Soc. Biol., vol. CXII, pàg. 540.
- (4) HALDANE. — «The regulation of the Lung-Ventilation». Journ. Physiol., vol. XXXII, pàg. 225-262.
- (5) DAUTREBANDE. — «Les échanges respiratoires au niveau des poumons et des tissus». Les Presses Universitaires de France, 1929.
- (6) HOOKE. — «An account of an Experiment made by Mr. Hook of preserving animal alibe by blowing through their Lungs with Bellows». Phil. Trans., vol. II, pàg. 539.
- (7) MAYOW. — «Tractus Quinque medico-physici quorum primus agit de sal-nitro et spiritu nitro-aereo. Secundus de respiratione». Oxonii e

- Theatro Sheldoniano, 1674. N'existeix una traducció anglesa editada per Dinann en el n.º 125 de la col·lecció «Klassiker».
- (8) PRIESTLEY. — «Experiments and Observations on different kinds of air», pàg. 524, Johnson edit., Londres, 1774.
  - (9) LAVOISIER. — «Oeuvres de Lavoisier». Publicació feta pel Ministeri d'Instrucció Pública. Editor Imperial, 1862.
  - (10) BLACK. — «Essays and Observations Physical and Literary», pàg. 73, Edimburg, 1782.
  - (11) FLETCHER. — «The relation of Oxygen to the survival Metabolism of Muscle». Journ. of Physiolog., vol. XXVIII, pàg. 474-498.
  - (12) WINTERSTEIN. — «Die Regulierung der Atmung durch das Blut». Pfluger's Archiv., vol. CXXXVIII, pàg. 167-184.
  - (13) BROWN. — «Absorption and Haemoglobin». Nature, vol. CII, pàg. 881.
  - (14) BARCROFT. — «The respiratory Function of the Blood». Cambridge University Press., 320 p.
  - (15) HALDANE. — «The Extension of the Gas Laws to Liquids and Solids». Biochem. Journ., vol. XII, pàg. 464.
  - (16) PRIESTLEY. — «The Regulation of the Lung Ventilation». Jour. Physiol., vol. XXXII, pàg. 225-266.
  - (17) DOUGLAS. — «Die Regulation der atmung beim Menschen». Ergeb. Physiol., vol. XIV, pàg. 338-430.
  - (18) KROGH. — «The Respiratory exchange of Animals and Men». Longmans and Co., 173 p.
  - (19) HEAD. — «On the Regulation of Respiration». Journal of Physiol., vol. X, pàg. 1-70, 279-290.
  - (20) HASSELBACH. — «Blutreaktion und Lugen Ventilation». Skand. Arch. Physiol., vol. XXVII, pàg. 13-31.
  - (22) VLES. — «L'absortion ultra-violette des carbures». Archives de Physique Biologique, vol. IV, n.º III, pàg. 209.
  - (23) VLES. — «Étude spectro-photometrique des colorants». Archives Phys. Biol., vol. VI, n.º III, pàg. 159.
  - (24) PARSONS. — «The traces of combustible Gas in human expiret Air». Archiv. Lab. of Zoophysiol. of Copenhagen, any 1931.
  - (25) CAMPBELL. — «Hydrogen in the tissues». Journal of Physiol., vol. LXVII proceedings Vi 1929.

### S u m m a r y

In this paper the experiments made by ORIOL ANGUERA about the composition of breath are discussed. The measurements are effected through ultra violet spectrophotometry, in buffered solutions at different pH, thsongh which large quantities of breath are previously made to pass. From the analysis of the spectograms obtained, the usual constituents of the breath can, in addition, be deduced and other complex elements in small quantities are found. Such elements differ from one day to another, as well as in different individuals. The most frequent elements met with are cyclical nuclei (of bensinic and pyrolic skeleton). Often they show an alcoholic function.