

UN APARATO DE CIRCUITO ABIERTO PARA LA DETERMINACION DEL METABOLISMO CALORICO (*)

PRIMERA COMUNICACION

Pablo Liendo Coll
Instituto Nacional de Nutrición

Desde hace algún tiempo han sido preocupación del autor las limitaciones de los aparatos para determinación del metabolismo calórico. Los aparatos utilizados en clínica son invariablemente del tipo de circuito cerrado, siendo variaciones más o menos extensas de los aparatos originales de Regnault y Reiset y del de Benedict. El principio mismo de estos aparatos está sujeto a una serie de limitaciones que les son inherentes y que, por tanto, no han podido ser superadas a pesar de los muy notables perfeccionamientos introducidos por las distintas casas manufactureras de modelos ulteriores diseñados alrededor del mismo tipo general.

No obstante lo dicho anteriormente, este tipo de aparatos es universalmente empleado en las determinaciones de RMB para aplicaciones en clínicas debido a la simplicidad de manipulación en comparación con el delicado y tedioso manejo de los aparatos de circuito abierto que requieren un análisis de gases (aparatos de Tissot y Douglas) o delicadas pesadas diferenciales de los compuestos usados para la absorción de los gases (aparatos de Haldane, etc.).

Los principales inconvenientes generales de que adolecen los sistemas de circuito cerrado son:

1º La medida se hace volumétricamente en un espacio cerrado constituido por el aparato mismo (cuyo volumen es fácil

(*) Recibido el 28 de noviembre de 1950.

de determinar) más el sistema respiratorio del sujeto (de volumen no fácilmente medible y que de hecho no se determina durante la prueba, además de que es de capacidad variable dependiendo del tono de los músculos respiratorios); para poder hacer en estas circunstancias determinaciones volumétricas es condición "sine qua non" que el volumen de gas contenido en el sistema respiratorio del sujeto sea el mismo al comienzo y al fin de la prueba. A este fin se hacen en todos estos aparatos trazados de las variaciones volumétricas del sistema y luego se descartan las modificaciones rítmicas y uniformes debidas al movimiento respiratorio, tomando la orientación general de la curva como debida a la rata de consumo de O_2 (el CO_2 producido es absorbido y eliminado por cal sodada). Ni que mencionar que para poder eliminar las modificaciones respiratorias sin introducir error es esencial que éstas sean **uniformes**: es decir, que todos los ciclos respiratorios sean iguales y que sean **simétricas**, es decir, que la variación volumétrica inspiratoria sea igual y de sentido inverso a la expiratoria.

La primera causa de error puede ser fácilmente descartada con una simple ojeada al gráfico, siendo opinión unánime que esté debe descartarse si no es regular, con lo cual se pierde la prueba, con los consiguientes inconvenientes, pero al menos puede uno librarse del error.

La segunda clase de error es más grave y creemos que no se le ha dado toda la importancia que merece; en efecto, si debido a un cambio en el tono de los músculos respiratorios varía la posición media alrededor de la cual oscila el pulmón, ello introduce un error que no siempre es fácilmente perceptible en el gráfico y que se traduce por modificaciones volumétricas muy importantes que se suman o restan al consumo real de O_2 , error que durante el cálculo es multiplicado considerablemente. Sin tener resultados experimentales concretos, por el momento, creemos por razones teóricas que es a este error al que se deben las extraordinarias variaciones constatadas por todos los investigadores que se observan en determinaciones del metabolismo de base en sujetos sin una completa relajación psíquica. Creemos muy difícil que las enormes modificaciones constatadas se deban realmente a un aumento de consumo de O_2 .

2º Otro grave inconveniente de los aparatos de circuito cerrado es el hecho de prescindir de la determinación del CO_2 en la prueba, lo cual requiere la hipótesis de un Cuociente Respira-

torio invariable (generalmente, 0,82) para poder fijar el equivalente calórico del oxígeno en los cálculos.

3º El hecho de que el paciente respira una atmósfera poco natural de oxígeno puro, el confinamiento del aire, con el peligro de acumularse en el aparato malos olores, si se descuida el operador con su aereación adecuada antes de la prueba (lo que es difícil en algunos aparatos) y otros pequeños inconvenientes, constituyen otros tantos motivos por los cuales sería de desear un aparato que sin perder las ventajas de fácil manipulación de los aparatos de circuito cerrado tuviera las ventajas de los aparatos de circuito abierto.

Con miras a solucionar este problema hemos tratado de diseñar algunos aparatos. Nuestra primera intención fué volver a los primitivos modelos, en los cuales el sujeto se encuentra totalmente dentro de la cámara, pero conservando de los aparatos de circuito cerrado las medidas volumétricas de O_2 después de la absorción del anhídrido carbónico con cal sodada; dicha medida se efectuaría en una pequeña campana gasométrica en comunicación con la cámara principal; sin embargo, el volumen y costo del aparato, ciertas dificultades técnicas debidas a la dificultad de medida de pequeñas variaciones de volumen en una masa considerable de gas y las reacciones psicológicas que podrían desencadenarse en el sujeto al ser cerrado en una cámara de proporciones relativamente reducidas, hicieron que abandonáramos esta idea, al menos en aparatos para adultos, aun cuando hemos diseñado un modelo pequeño de material transparente que podría dar resultado en las determinaciones metabólicas de infantes y niños pequeños, problema de gran interés y que no ha encontrado hasta ahora soluciones satisfactorias. El diseño de este aparato será objeto de una comunicación especial.

Otra solución ha sido el uso de un aparato de circuito abierto en donde se hacen medidas volumétricas del O_2 y del CO_2 después de absorción selectiva del CO_2 con cal sodada.

El principio de este aparato es el siguiente:

A) El aire atmosférico llega al paciente después de pasar por cal sodada primero, donde es privado de CO_2 y de vapor de agua; luego pasa por un contador, donde se mide, y de allí a la mascarilla.

B) El aire expirado pasa a una campana gasométrica de Tissot con ciertas modificaciones consistentes en: a) la instalación de dos contactos eléctricos que actúan en unas señales;

el volumen diferencial entre las dos posiciones de la campana es cuidadosamente medido, constituyendo la calibración del aparato; b) la instalación de un sistema cerrado colateral constituido por un motor para hacer circular el aire de la campana a través de un recipiente con cal sodada. Este sistema se encuentra aislado del resto durante la prueba por medio de una llave de paso doble.

Tanto la parte A del aparato como la parte B están provistas de válvulas que hacen la corriente de gas unidireccional: la primera del exterior al sujeto y la segunda del sujeto a la campana gasométrica.

Esquemáticamente, el aparato es así:



La disposición es análoga a la del aparato de Tissot, salvo las modificaciones descritas y el modo de operarlo.

La determinación se efectúa así: estando la campana a nivel de la primera posición (primera señal eléctrica) y el contador en cero, se anota el tiempo y comienza la prueba; el aire seco y privado de CO_2 es medido en el contador y acumulado en la campana gasométrica; al alcanzar ésta la segunda señal eléctrica se anota el tiempo y se termina la prueba anotándose la lectura del contador; entonces se prende el motor del sistema lateral y se absorbe el CO_2 de la campana, la cual disminuye de volumen. Al obtener un volumen constante se llena de nuevo la campana hasta la señal eléctrica a través del contador, anotándose esta lectura, que corresponde al CO_2 producido durante la prueba.

Cálculo:

El volumen de CO_2 producido durante la prueba se obtiene por lectura directa del contador. Es igual al aire necesario para

llenar de nuevo la campana después de la absorción del CO_2 . En cuanto al oxígeno consumido se obtiene así:

La diferencia entre la primera lectura del contador y el volumen de calibración de la campana representa el O_2 consumido menos el CO_2 producido. Agregando el volumen de éste (que fué obtenido como ya se dijo), tendremos el volumen de O_2 durante el tiempo de la prueba.

Las ventajas que vemos a este sistema es que no requiere una uniformidad respiratoria para obtener el consumo real de oxígeno.

Además, el hecho de determinarse en la prueba el volumen de CO_2 permite calcular el cociente respiratorio, lo que si se une a una sencilla determinación de nitrógeno en la orina permitiría con facilidad calcular no sólo el metabolismo total, sino las fracciones calóricas correspondientes a los metabolismos parciales de prótidos, lípidos y glúcidos, lo cual es evidentemente de gran interés.

Los cálculos con este aparato son casi tan simples como en un aparato de circuito cerrado, la subjetividad del operador queda reducida a un minimum (lo cual es un factor de importancia en la evaluación del trazado en los aparatos de circuito cerrado) y el paciente respira aire seco de la atmósfera y no de un espacio confinado. Incidentalmente, este aparato no requiere para su funcionamiento el uso de oxígeno comercial.

En cuanto a desventajas, la más grande parece el volumen de la campana manométrica, que hace al aparato poco portátil y ocupa más espacio; sin embargo, la inclusión de ésta en un pequeño armario es un buen compromiso con la estética y permitiría su uso en cualquier oficina de un médico.

Por otra parte, las fastidiosas manipulaciones y pesadas, así como los análisis de gases en buretas propias de los aparatos de circuito abierto, han sido totalmente eliminadas.

En próxima publicación daremos detalles del aparato, así como las fórmulas y soluciones de los problemas técnicos de su construcción.

RESUMEN

Se discuten las limitaciones de los aparatos para metabolismo de circuito cerrado. Se describe un aparato de circuito abierto que, conservando las posibilidades de aplicación clínica de los

aparatos actualmente usados, permite salvar la mayor parte de sus inconvenientes. El aparato descrito permite el cálculo del Cuociente Respiratorio, lo cual, unido a una determinación de nitrógeno excretado, haría fáciles los cálculos de calorías provenientes de grasas, lípidos y prótidos.

SUMMARY

The limitations of the apparatus for metabolism of the closed circuit type are discussed. An open circuit model is described retaining the simplicity of the apparatus now used, but eliminating its main inconveniences. With the apparatus here described it is possible to determine Respiratory Quotient. It, together with the knowledge of nitrogen excretion, would make possible the calculation of calories liberated from fats, carbohydrate and proteins.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit behandelt Schwierigkeiten, die sich beim Arbeiten mit Stoffwechselbestimmungsapparaten mit geschlossenem Gasraum ergeben. Es wird ein offener Stoffwechselapparat beschrieben, der unter Erhaltung der klinienischen Anwendungsmöglichkeiten der gebräuchlichen Modelle, nicht deren Nachteile aufweist. Der beschriebene Apparat erlaubt die Bestimmung des Respirationsquotienten, dadurch kann, wenn auch die Stickstoffausscheidung bestimmt wird, der Verbrauch an Eiweiss, Fett und Kohlehydraten bestimmt werden.