

11202
29-57

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES
ESPECIALIDAD DE ANESTESIOLOGIA
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DEL
CENTRO MEDICO "LA RAZA"



GASOMETRIA ARTERIAL EN APNEA
VOLUNTARIA COMO EVALUACION
PREANESTESICA Y FACTOR DE RIESGO

V. B.
[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

TESIS DE POSTGRADO

QUE PRESENTA EL
DR. JOAQUIN EDMUNDO RAMIREZ EVANGELISTA
PARA OBTENER EL GRADO DE:
ANESTESIOLOGO

Mexico, D. F.

1985



HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DEL
CENTRO MEDICO "LA RAZA"

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

GASOMETRIA ARTERIAL EN APENA VOLUNTARIA COMO EVALUACION
PREANESTESICA Y FACTOR DE RIESGO.

DR. JOAQUIN EDMUNDO RAMIREZ EVANGELISTA	+
DR. RAFAEL URRUTIA ZAMUDIO	++
DR. ALBERTO RANGEL ABUNDIS	+++
DR. RODOLFO LIMON LASON	++++
TEC. LAB. IRENE CASTILLO GUTIERREZ	+++++
DR. LUIS PEREZ TAMAYO	+++++

I N T R O D U C C I O N .

Si consideramos el sistema ecológico que interacciona son los seres vivos, hemos de caer en cuenta que este medio ambiente es mecánicamente hostil, ya que fuerzas ambientales como la gravedad, presión, temperatura, flujo de fluidos y tensión superficial actúan -- continuamente sobre ellas.

De este modo un organismo pequeño no estará en peligro de falla estructural por los efectos señalados, pero su vida será controlada en gran medida por los fenómenos físico-químicos de superficie, como la tensión superficial. ¹

+	RESIDENTE 2o. AÑO DE ANESTESIOLOGIA. C.M.R. I.M.S.S.
++	COORDINADOR DE TESIS. FISIOLOGO DEL DEPTO. HEMODINAMIA.
+++	JEFE DEL DEPTO. DE HEMODINAMIA C.M.R. FISIOLOGO.
++++	JEFE DEL PROGRAMA DE BIOLOGIA DEL DESARROLLO HUMANO ENEPI UNAM.
+++++	TECNICA DE LABORATORIO DE HEMODINAMIA. C.M.R. I.M.S.S.
+++++	JEFE DEL DEPTO. DE ANESTESIOLOGIA H.E.C.M.R. I.M.S.S.

Desde el punto de la teoría de modelos el hombre puede ser considerado como un conjunto de compartimientos interconectados; metabólicamente heterogéneos, entre los cuales se intercambia masa, energía e información.²

Por características dimensionales del cuerpo humano, al transporte por difusión se le agrega el transporte de masa por convección realizado por el sistema cardiopulmonar quedando la función distributiva a la microcirculación.²

En condiciones normales el metabolismo tisular es rigurosamente dependiente de un aporte adecuado de oxígeno y de sustrato; de esta manera es posible visualizar la función de transporte como una relación mercantil oferta-demanda; para el caso del consumo de oxígeno - se ha demostrado una variación desde 3.5 a 60 ml/kg/min. para condiciones de reposo y esfuerzo físico exhaustivo, respectivamente.^{2,3,4,5.}

Sin embargo a pesar de que el hombre puede tolerar por semanas la falta de sustrato o por días la falta de agua, su tiempo de tolerancia a la deprivación de oxígeno es del orden de segundos lo cual indica que sus almacenes de oxígeno son pequeños a esto debemos -- agregar la extraordinaria labilidad de las células excitables a el deterioro funcional y estructural por la hipoxia y caemos en la cuenta de lo crítico de la función respiratoria y el importante papel de los almacenes de oxígeno como elementos de sobrevivencia durante el paro respiratorio o circulatorio. ^{6,7,8,9,10.}

Desde el punto de vista de la fisiología comparada y considerando la evolución natural de las especies se ha encontrado que a mayor cantidad de masa en los animales vertebrados e invertebrados se requiere mayor cantidad de almacenes de oxígeno.¹

Las relaciones para tratar de mantener la homeostasis están determinadas por medio de un pigmento respiratorio llamado hemoglobina, la miohemoglobina, con una bomba propulsora que es el corazón así como una bomba de recambio que son los pulmones. Cuando el sistema-cardiopulmonar está abierto a su medio ecológico el oxígeno tiende a agotarse por lo que al indicar apnea voluntaria y medirla por gasometría arterial, durante esta y su recuperación nos permiten evaluar los almacenes de oxígeno ^{1,2,5,6}.

De los datos anteriores se deriva que los almacenes de oxígeno se comportan en forma diferente en las enfermedades obstructivas y procesos restrictivos. En estos últimos el almacén de oxígeno se encuentran disminuidos en su capacidad o tamaño y los procesos obstructivos aunque no varían en tamaño del almacén, su comportamiento es más lento en el recambio y transporte de oxígeno.

De esta manera también el registro de parámetros reportados por la gasometría arterial como son pH, contenido de oxígeno y bióxido de carbono, nos permiten caracterizar el comportamiento espacio-temporal de algunos de los almacenes de oxígeno bajo condiciones de simulación. ^{5,6,7,11}.

M A T E R I A L Y M E T O D O

Se estudiaron a un grupo de seis pacientes con diferentes grados de insuficiencia respiratoria, que acuden al servicio de Hemodinamia del Hospital de Especialidades de C.M. Raza. Con propósito --diagnostico: a los que se midio su función respiratoria, en base a -- la Mecánica, Ventilación, Circulación, Distribución y Gasometría arterial y en un paciente bajo cateterismo arterial se analizaron muestras,

Para obtener las muestras sanguineas se puncinaron y canularon a la arteria humeral derecha, con aguja Cournad número 18, y a un paciente se le tomarón muestras durante cateterismo de tronco arteria--pulmonar y aorta.

Las muestras se obtuvieron con jeringas desechables de 10 cc; --heparinizadas y colocadas en hielo antes de ser analizadas. Se solicitó analizar su contenido de oxígeno y bióxido de carbono, así -- como se midio el pH y el porciento de saturación durante la indicación de instalación de APNEA VOLUNTARIA; la cual duro en promedio -- de 40 segundos y en la fase de recuperación también se analizaron -- los mismos parámetros.

El laboratorio de Hemodinamia cuenta con el gasómetro utilizado I L modelo 13 y modelo 813; la saturación se midio en Co-oxímetro modelo I L 282 las curvas de equilibrio de la oxihemoglobina y determinaciones de P_{50} se realizaron en un tonómetro IL 237.

RESULTADOS

El curso temporal de la hipoxemia (fig. 1) varió entre 20 y 50 segundos en todos los casos en forma rectilínea hacia un valor umbral de 67 mmHg. para la PO_2 donde ocurre el punto de "rompimiento" de la apnea, también se observa una función rectilínea en la fase de recuperación a los valores control la cual ocurre en promedio de 30 segundos.

El curso temporal de la hipercapnia (fig. 2) mostró que el punto de rompimiento ocurrió al rededor de los 33 mmHg de PCO_2 , la tendencia rectilínea se pierde cerca del "punto de rompimiento".

Las variaciones del pH se dieron entre 7.520 y 7.408; e igualmente la tendencia rectilínea se pierde al final de la apnea. (fig.3)

La correlación de las tres funciones nos demuestra la concurrencia de la hipoxemia, hipercapnia y acidosis (fig. 4); así mismo la gráfica de PO_2 y Sat. % nos señala que el comportamiento durante la desaturación y resaturación de la molécula de hemoglobina no es el mismo, ya que ocurre una desviación a la derecha durante la fase de apnea.

La cantidad de PO_2 necesaria para saturar en un 50% a la molécula de hemoglobina se conoce como P_{50} (fig. 5) su valor es de 26 mmHg de PO_2 y su determinación nos indica la desviación de la curva de oxihemoglobina a la derecha, disminuyendo la afinidad de la hemoglobina por el O_2 y facilitando la entrega; o la desviación a la izquierda por aumento de afinidad y disminución de la entrega a los tejidos. 2,12.

DISCUSION

La función transporte O_2 con frecuencia resulta difícil evaluar la debido a que el nivel de la circulación capilar se encuentra coexistiendo y en superposición los procesos de transportes por convección y por difusión; por otro lado las características fisicoquímicas de los sistemas con capacidad de disociación y las propiedades alostéricas de la molécula de hemoglobina no permiten reconocer fácilmente la relación entre la oferta de oxígeno y la entrega tisular del mismo.

La distinción entre la presión parcial de O_2 de la sangre -- (factor intensivo) y la concentración por unidad de volumen (factor-extensivo) nos ayuda a establecer cuantitativamente la entrega de O_2 a los tejidos en base a los desplazamientos de la curva de disociación de la oxihemoglobina.

Las mediciones del consumo de oxígeno en reposo nos indican valores muy estables y próximos a 3.5 ml/kg/min; un individuo de 70 Kg. consume aproximadamente 250 ml/min; este es el valor real de la demanda tisular.

Si observamos la ecuación de Fick donde:

$$VO_2 = Q \cdot \text{Dif. a-v}$$

$$\text{Consumo de } O_2 = \text{Gasto por diferencia arteriovenosa de } O_2$$

Tendremos que:

$$vO_2 = \text{DEMANDA}$$

$$Q \cdot \text{Contenido arterial de } O_2 = \text{OFERTA}$$

$$Q \cdot \text{Dif. a-v} = \text{ENTREGA}$$

En condiciones de reposo para una demanda de 250 ml/min se da una oferta de:

$$(5 \text{ litros de } Q) \cdot (200 \text{ ml de } O_2) = 1000 \text{ ml}$$

(del cont. art)

y una entrega de:

$$(5 \text{ litros de } O) \cdot (50 \text{ ml/L de } O_2) = 250 \text{ ml}$$

(de dif. a-v de O_2)

de esta forma se demuestra que se ofrecen 1000 ml/min para ser usados sólo 250 ml; aunque a primera vista la relación 4 a 1 entre la oferta y la demanda puede parecer un lujo innecesario y demostrar ineficiencia del sistema, lo cierto es que para circulaciones especiales como la del miocardio quien utiliza virtualmente todo el O_2 que recibe o el cuerpo carotídeo el cual necesita una gran oferta de O_2 para cumplir apropiadamente con su función como quimiorreceptor -- esta condición es necesaria.

De hecho la relación de transporte, oferta, entrega, consumo de O_2 depende de diversas combinaciones entre la cantidad de flujo circulatorio, contenido de O_2 de la sangre y grado de afinidad de la molécula de hemoglobina por el O_2 .

Cuando se grafica la curva de equilibrio de la oxihemoglobina se puede sustituir en las ordenadas la saturación % por el contenido arterial de O_2 cuyas dimensiones son expresadas en vol % y en ml de oxígeno por litro de sangre (Fig. 6), de esta manera es fácil reconocer la significación de la desviación de la curva y expresar numéricamente la modificación en la restricción o entrega tisular de oxígeno.

En la misma gráfica es posible visualizar la posición, tamaño y la relación entre los diferentes almacenes de O_2 del cuerpo (Fig. 7).

Muchos de los criterios médicos de riesgo y sobrevivencia están basados en la reversibilidad de las funciones químicas durante la adaptación a la hipoxia, condición en la cual el tamaño y la dinámica de los almacenes de O_2 juegan un importante papel.

Bajo condiciones de apnea voluntaria estamos en posibilidad de estudiar el transporte de O_2 ; durante la fase de hipoxia la transferencia de O_2 de la sangre a los tejidos y durante el tiempo de recuperación el transporte de O_2 de el alveolo hacia la arteria

Las pendientes de hipoxemia y recuperación informan de la tasa de consumo de O_2 y la difusión alveolocapilar respectivamente así mismo la extrapolación de la pendiente de hipoxemia hacia el eje de X señalaría el máximo tiempo de sobrevivencia.

Sin embargo subyacente a la relación oferta-demanda de O_2 se encuentra la relación costo-beneficio la cual en cierta medida nos informa de los criterios de eficiencia y optimidad de la función de transporte y de consumo, en cierta forma se implica la conservación de información en el sistema de tal manera que el proceso homeostático sea muy ordenado, de hecho el transporte O_2 puede dirigirse hacia la hipoxemia durante el estado de shock y el esfuerzo físico intenso, la diferencia clave en ambos procesos estaría dada por la conservación de información y la tendencia al cambio ordenado; tal es el caso de la apnea en condiciones de inmersión, donde el reflejo de --

conservación de O_2 permite una redistribución circulatoria que jerarquiza la entrega de O_2 a tejidos más sensibles a la hipoxia en base a obtener una relación costo beneficio más favorable.

Los mismos procesos homeostáticos y homeokinéticos pueden ser percibidos cuando se realiza una prueba de esfuerzo y se miden variables de transporte de O_2 de tal manera que estas pruebas pudieran ser consideradas en la valoración preoperatoria y el establecimiento del criterio de riesgo quirúrgico en Anestesiología.

La medición de la conservación de información en la función de transporte cardiopulmonar de oxígeno puede estar dada por la determinación del "umbral anaeróbico" y la cuantificación de la máxima ganancia de retroalimentación para variables como la frecuencia cardiaca o la ventilación pulmonar. 7,8,9,10.

Así también es importante señalar que al comparar fenómenos como la apnea con la hiperventilación ambos por medio de la gasometría arterial observamos cambios drásticos en direcciones opuestas en lo que se refiere a los almacenes de oxígeno. (figura 8,9).

La apnea es una condición que se refleja en todo el sistema intravascular pero ocurre con otro curso de espacio temporal más agudo y magnitudes más rápidas para el lecho arterial en comparación con el venoso (Fig. 10) y fig. 11).

En la figura 12 se muestran las gráficas de los períodos de apnea sucesivos en los que se ha variado el intercambio entre ellos, diferentes tiempos de apnea y recuperación, donde se observa que en

todos los casos la segunda apnea es de menor duración a la primera, - sobre todo cuando el intervalo de recuperación es en tiempo más corto como sucede en un segundo. Sin embargo los intervalos de cinco - segundos y quince segundos no son tan diferentes como era de espe--- rarse, este comportamiento sugiere que los almacenes de oxígeno son- susceptibles a ajustes microcirculatorios.

En la figura 13 se graficó en el eje de las X el número de apneas y en el eje de las Y la duración de las mismas en segundos.

Así mismo al final de la gráfica se observan los intervalos - entre la apnea y la recuperación, donde es de destacar los interva-- los de un segundo y treinta segundos por ser opuestos en su comporta- miento. Sin embargo durante los dos, tres, cuatro, diez y veinte se- gundos, al finalizar la quinta apnea se obtienen casi los mismos --- tiempos para tolerar esta. Probablemente, esto se debe a procesos - homeostáticos en los almacenes de oxígeno o estabilidad adecuada de- los quimiorreceptores. También en la parte inferior de esta figura- (13) se realizaron las mismas mediciones con los mismos intervalos de- tiempo entre 3 segundos y 20 segundos pero bajo condiciones de ejer- cicio; y obtenemos que el consumo de oxígeno es exagerado en condi- ciones de actividad física importante donde los almacenes de oxígeno no alcanzan a regular esta variable, probablemente también debido a- trastornos de los quimiorreceptores.

Otra condición en la que comúnmente ocurre hipoxia, acidosis-- e hipercapnia como en la apnea voluntaria es la realización de un es-

fuerzo físico como se muestra en la figura 14 donde se muestran los datos del curso temporal de la gasometría arterial durante el esfuerzo físico y su recuperación, en este caso los cambios derivan del hecho de que el sistema cardiopulmonar se encuentra abierto a la atmósfera y por lo tanto son más agudos y más controlados por el sujeto sano y no así por el sujeto enfermo donde será inversamente el comportamiento del transporte de oxígeno por la capacidad mínima a realizar el esfuerzo físico y el poder de homeostasis que se manifiesta incompleto tardío y cerca de la zona de irreversibilidad metabólica y riesgo como en algunos estados de choque o el paro cardiorrespiratorio.

CONCLUSIONES .

1. La apnea voluntaria es un examen fácil de aplicar así como accesible de analizar y cuantificar por medio de la gasometría arterial.
2. Nos permite comparar el comportamiento y almacenes de oxígeno a -- simulación de estados de choque o paro cardiorespiratorio.
3. También al agregar el fenómeno de ejercicio, se permite conocer - el grado de regulación de los quimorreceptores carotídeos y su proceso de mantener el orden e información en el ser vivo.
4. El consumo de oxígeno está en relación con la actividad, temperatura, nutrición, tamaño del cuerpo, etapa del ciclo vital, estación del año, hora del día y material genético, así como sexo.
5. La apnea voluntaria con control por gasometría arterial se puede considerar como un examen preoperatorio más con el fin de analizar los almacenes de oxígeno, o el comportamiento de el O_2, CO_2 y pH. así como los demás componentes que permiten evaluar la gasometría arterial.
6. Así también es un examen preanestésico que permite considerar un elemento más para valorar el Riesgo Anestésico Quirúrgico.
Y con ello tener un horizonte más amplio para poder corregir adecuadamente incidentes comunes que suelen ocurrir en Anestesiología como son; los Broncoespasmos o Laringoespasmos, así como la hipoxia por laringoscopías difíciles, y teniendo también este tipo de resultados previos al acto, anestésico quirúrgico podemos - indicar además de los parámetros ya conocidos, instalar algún ---

tipo de ventilación mecánica, o tener una idea también clara - de poder decidir si extubamos al paciente en sala al finalizar - el acto quirúrgico o pasamos al paciente a recuperación con apo- yo ventilatorio.

R E S U M E N

Se estudiaron a seis pacientes que acuden al departamento de Hemodinamia con diferentes y diversos grados de insuficiencia respiratoria con modalidad, restrictiva o obstructiva así como mixta.

Se realizaron pruebas respiratorias completas donde incluyen pletismografía, espirometría, prueba de esfuerzo con registro electrocardiográfico y gasometría arterial. Donde adicionalmente se midió -- tiempo de apnea voluntaria, el cual se siguió cada 10 segundos con -- duración aproximada de 40 segundos, así como la fase de recuperación.

Pudimos relacionar y contrastar los resultados de la gasometría arterial en el esfuerzo y la apnea voluntaria en base a la caracterización de la magnitud de los almacenes de oxígeno y se pretende en base a este método adicionar un parámetro más para considerar y establecer el criterio para el riesgo anestésico quirúrgico.

S U M M A R Y .

Patients with respiratory insufficiency (obstructive or restrictive) were studied in order to evaluate the voluntary apnea time as a Risk Factor.

Complete pulmonary function tests were carried out in watch patient: body pletismography, spirometer, E.C.G. y arterial gasometry.

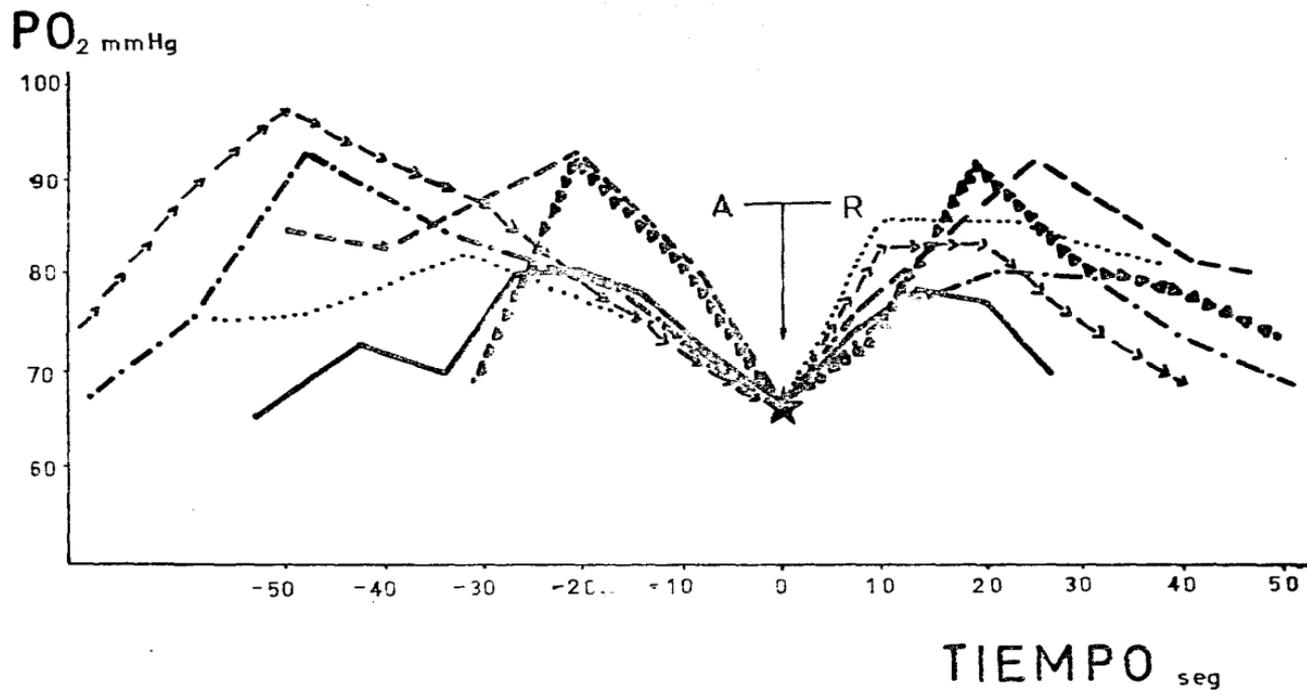
A correlation is made between blood gases, pulmonary function - test and the voluntary apnea time in function of oxigen available. This correlation may be useful in stablishing a Surgical Risk Factor.

B I B L I O G R A F I A

1. Malcoms S.g. Fisiología Humana, Principios y Adaptaciones, Respiración. 146-189 1984.
- 2.- Dr. Grote J. Trastornos del Transporte de oxígeno Magnitudes Influyentes del Transporte de oxígeno en la sangre. 194-245 1982 - Inst. Fisiología Universidad de Mainz.
3. Dr. J. Eckart Trastornos de la Ventilación. Significación sobre el intercambio gaseoso en el pulmón. 24-62 1982. Inst. Anestesiología Universidad de Dusseldorf.
4. Dr. Dolf R. Cuestiones Diagnósticas en la Secuencia de Urgencias. Dept. Anestesiología de Clínicas Universitarias ULW Danubio 243-312. 1979
5. Dr. J. Grote Magnitudes Influyentes del Intercambio gaseoso en el pulmón 14-38 IMSS Fisiología de la Universidad de Mainz. 1982.
6. Dr. Arthur C. Guyton, Tratado de Fisiología Médica 29-86-254-423 (1979) Universidad de Missisipi USA.
7. Dr. Nishan G.G., Agop K. Fisiología para anestesiólogos 285-342-1983 Hospital General Massachusetts USA.
8. Dr. Halmayi M. Los Principios Básicos del Restablecimiento y Mantenimiento de la Homeostasis. 245-384 - 1982. IMSS. Anestesiología Universidad de Mainz USA.

9. Dr. Dudziar R. Medidas Terapéuticas para la reproducción de una - Hipoxia Arterial Primaria y de una Venosa Primaria. 64-124 1983. Depto. Anestesiología Universidad de Dusseldorf.
10. Dr. Stauch, K. Terapéutica medicamentosa para el aumento del volumen minuto cardiaco en hipoxia venosa irreversible 34-148, 1981 Centro de Medicina Interna y Pediatría Universidad de ULM Danubio.
11. Dr. Dudziak, R. Medidas Diagnosticas Métodos y Aparatos. 54-231, 1982. Depto. Anestesiología de la Universidad de Dussldorf
12. Espinosa S.E., Flores, CM. Pérez, T.L. "Trabajos de Investigación" Influencia de la Medicación Preanestésica sobre la Espirometría 2: 364-388, 1984 GMR. IMSS.

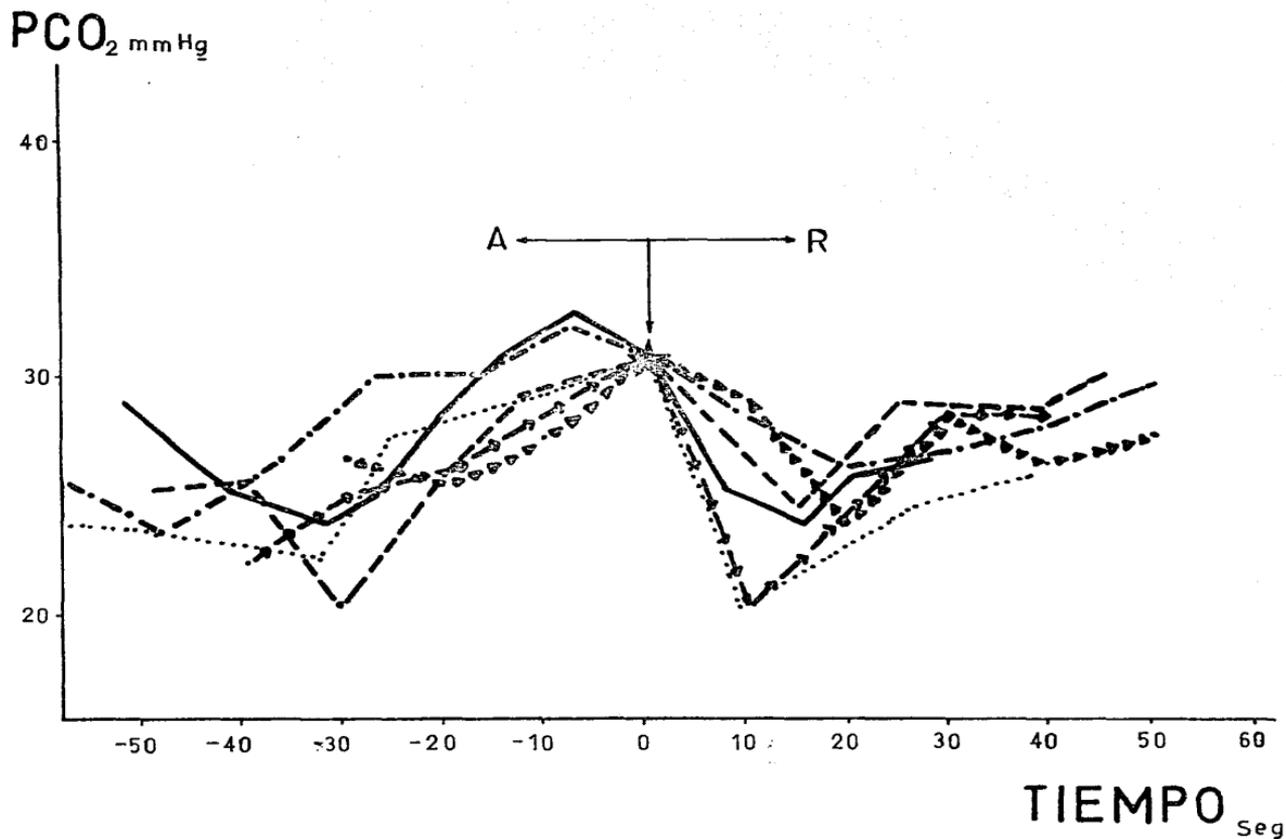
FIG. 1



A : apnea

R : recuperación

FIG. 2



pH

ESTA TESIS NO DEBE SER REPRODUCIDA SIN EL CONSENTIMIENTO DEL AUTOR

FIG. 3

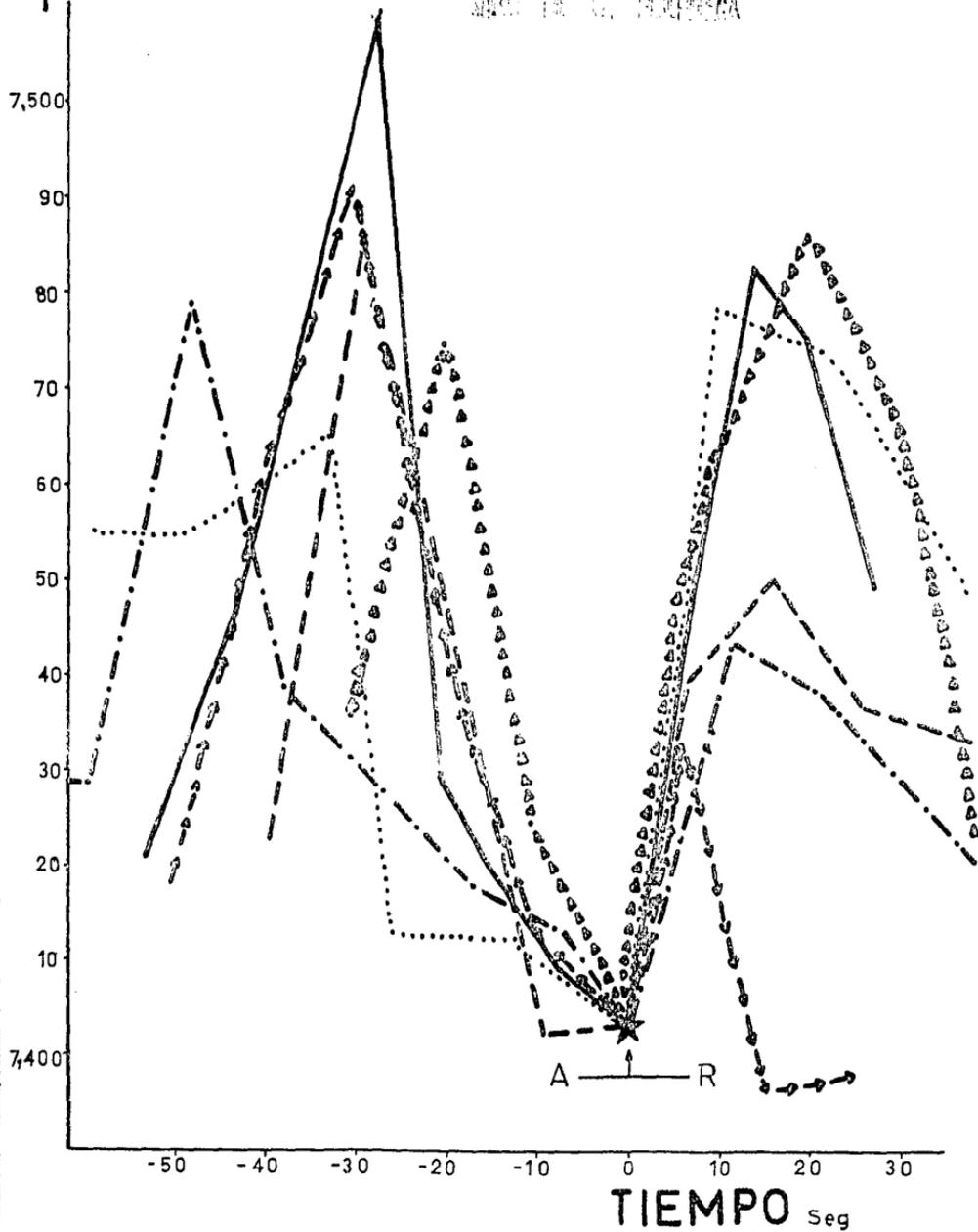


FIG. 4

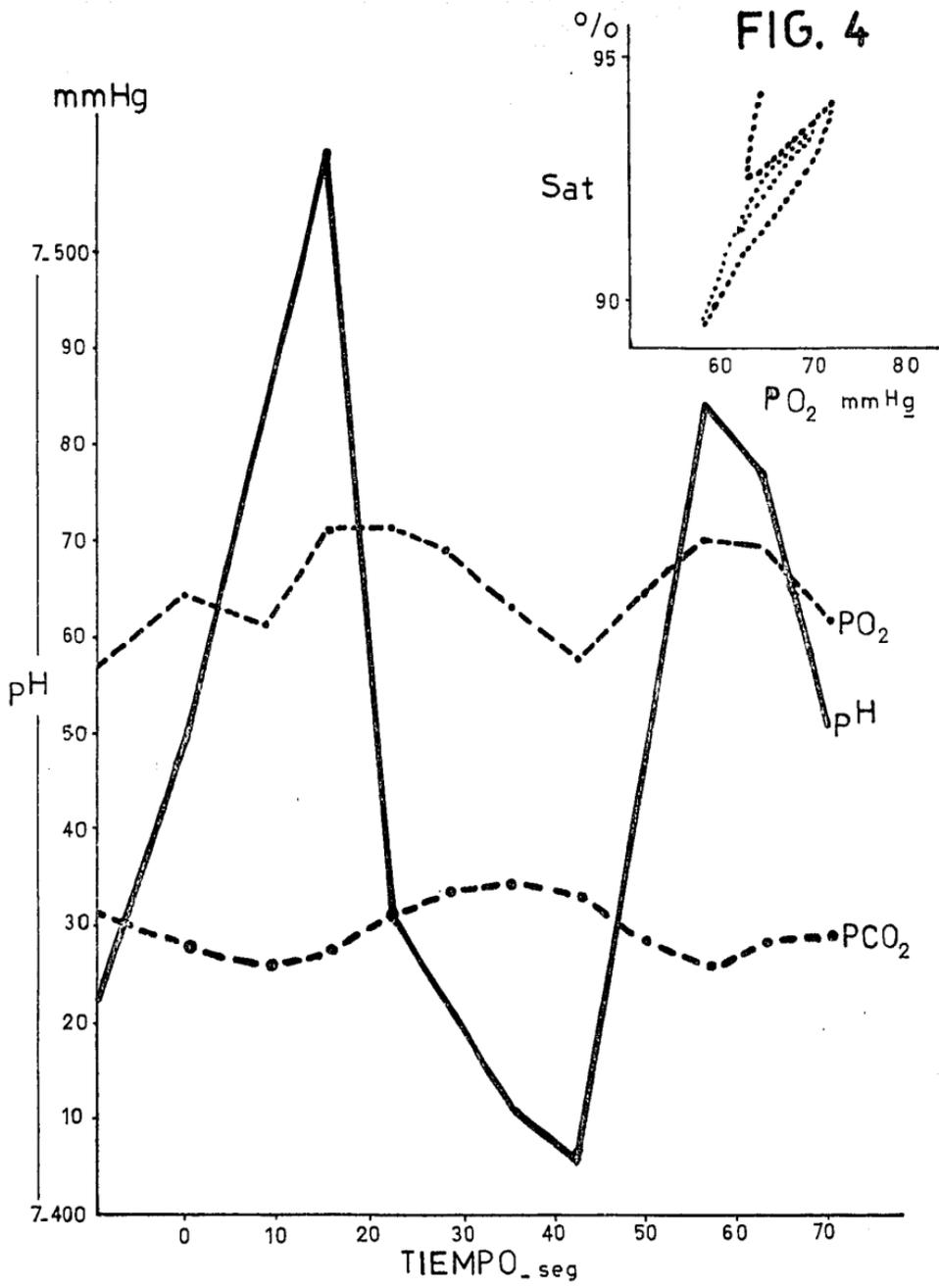


FIG. 5

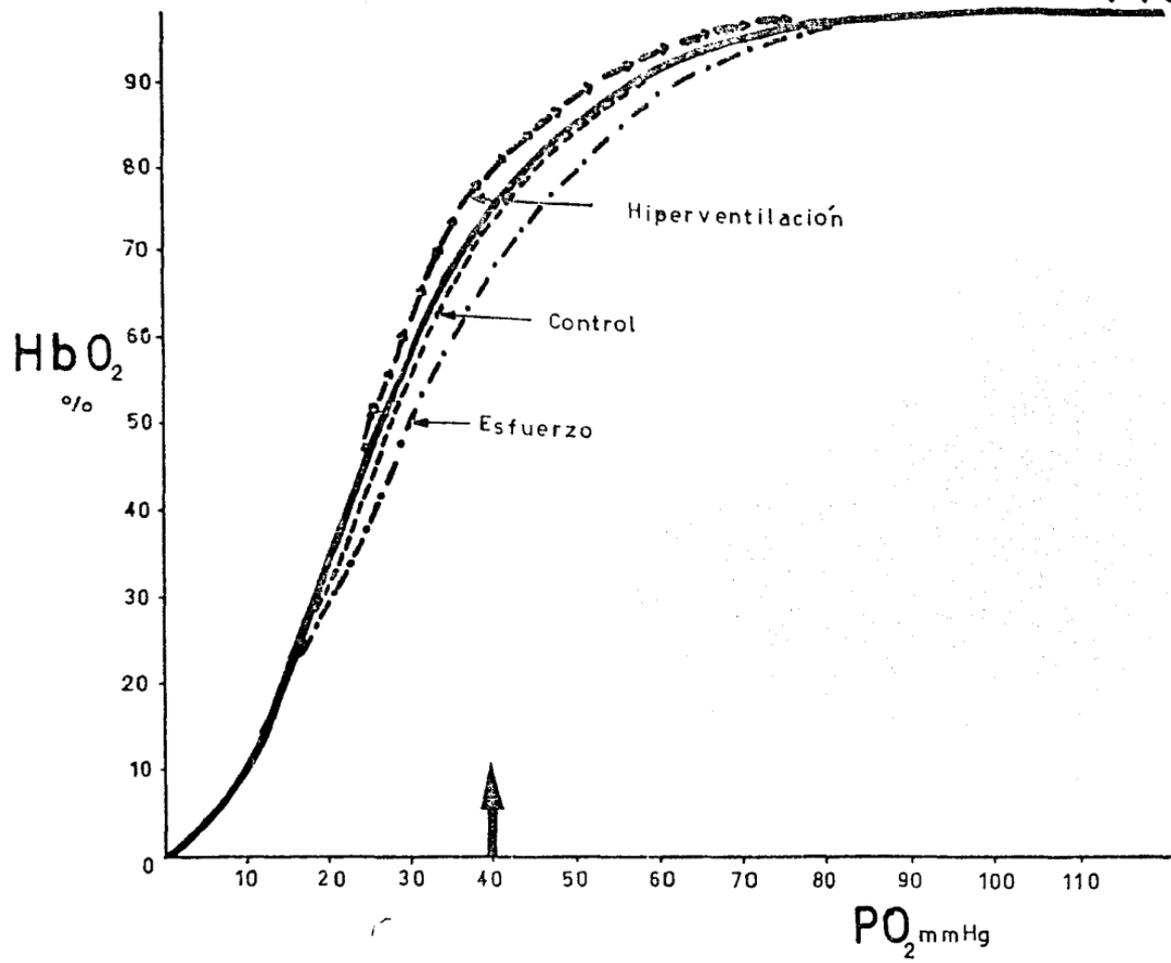


FIG. 6

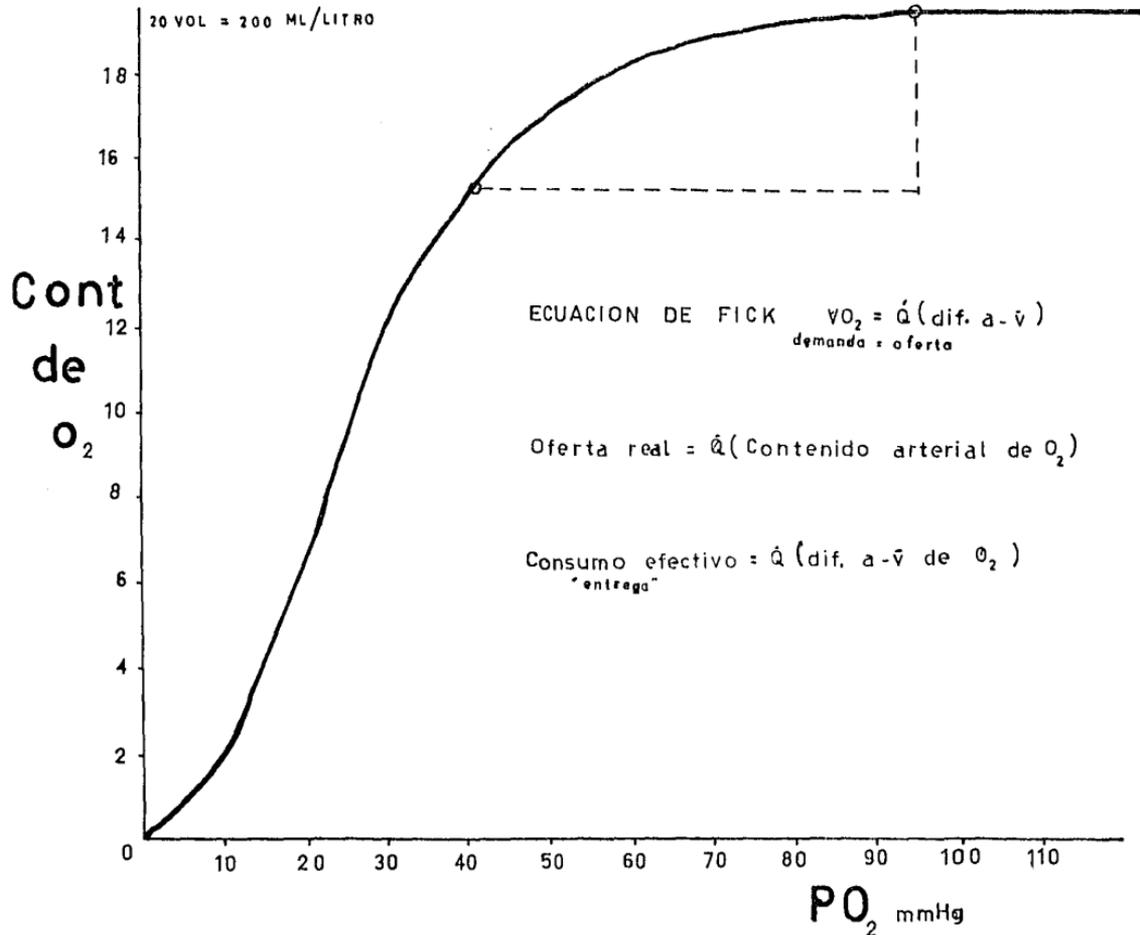


FIG. 7

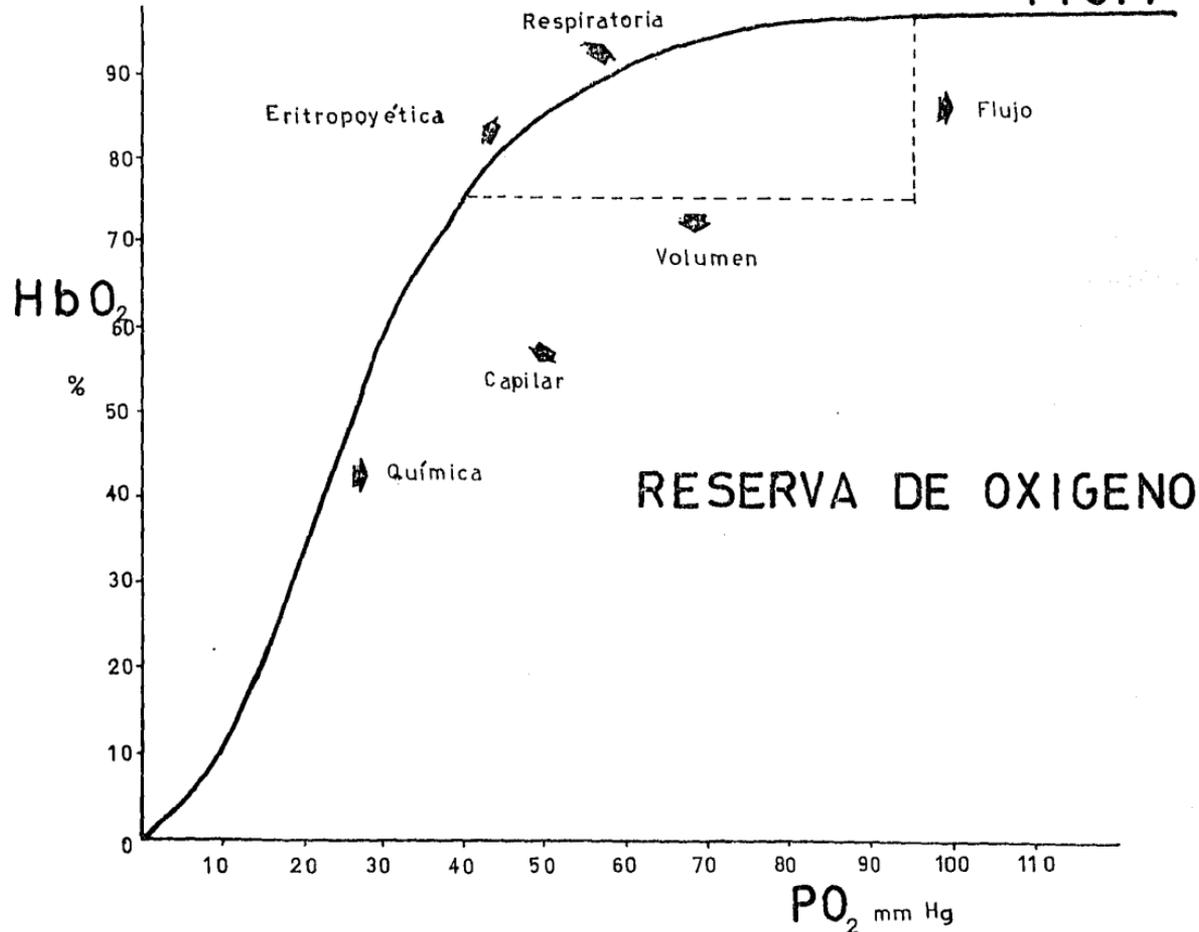
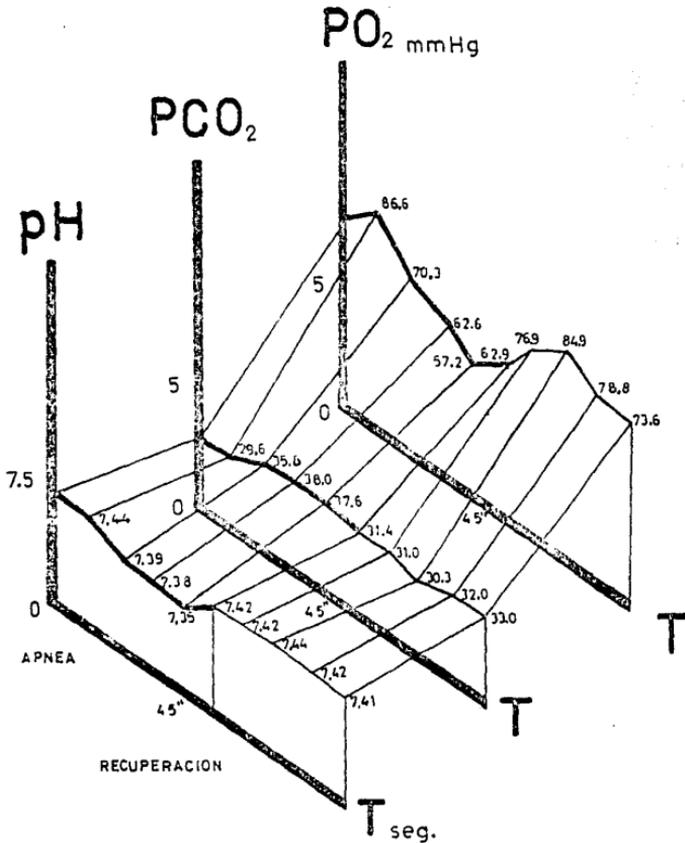


FIG. 8

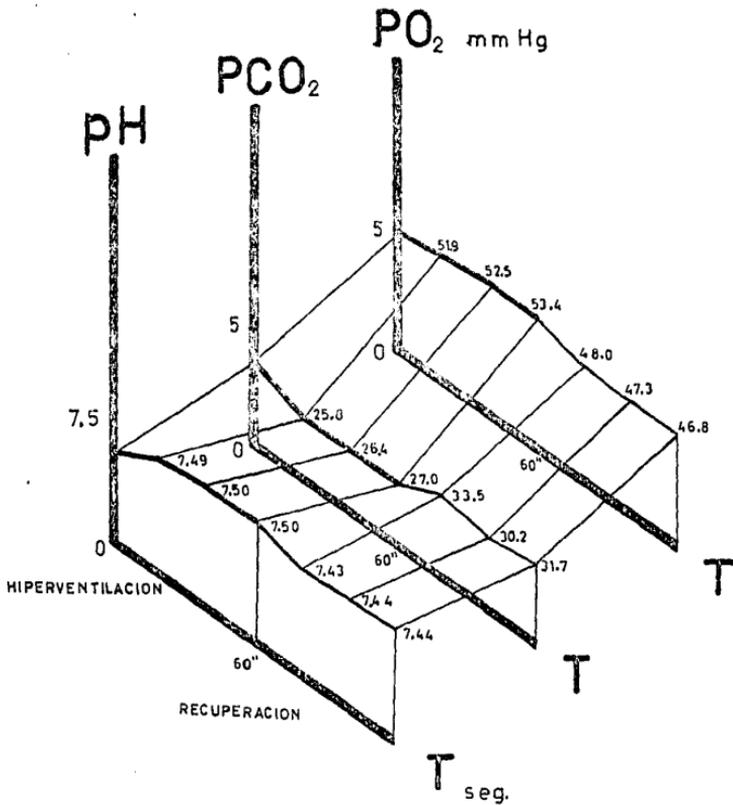
GASOMETRIA ARTERIAL EN APNEA VOLUNTARIA



ARTERIA HUMERAL DERECHA

FIG. 9

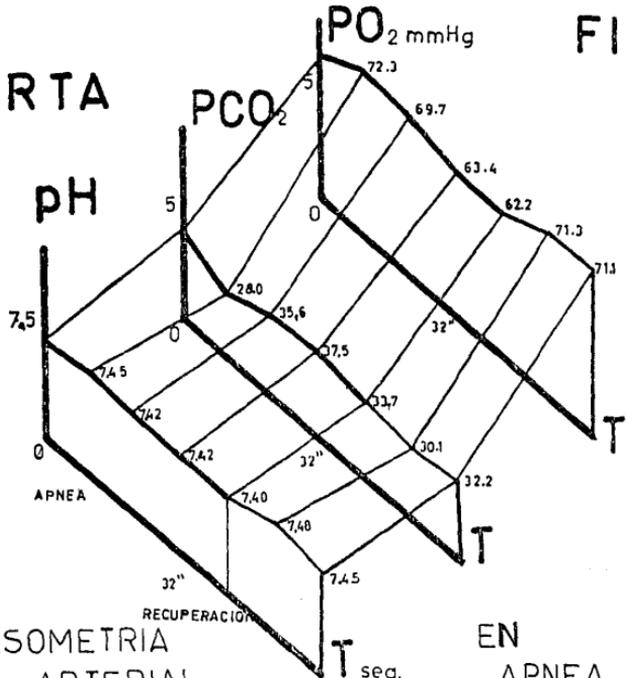
GASOMETRIA ARTERIAL
EN
HIPERVENTILACION



ARTERIA HUMERAL DERECHA

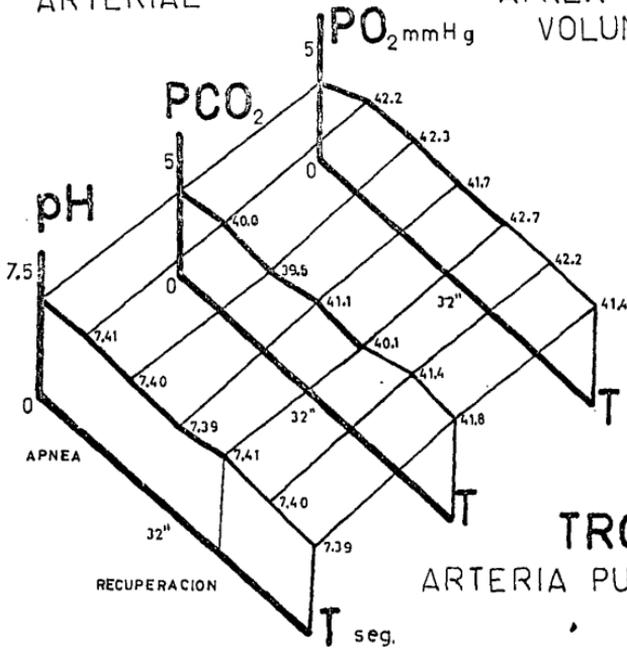
FIG. 10

AORTA



GASOMETRIA ARTERIAL

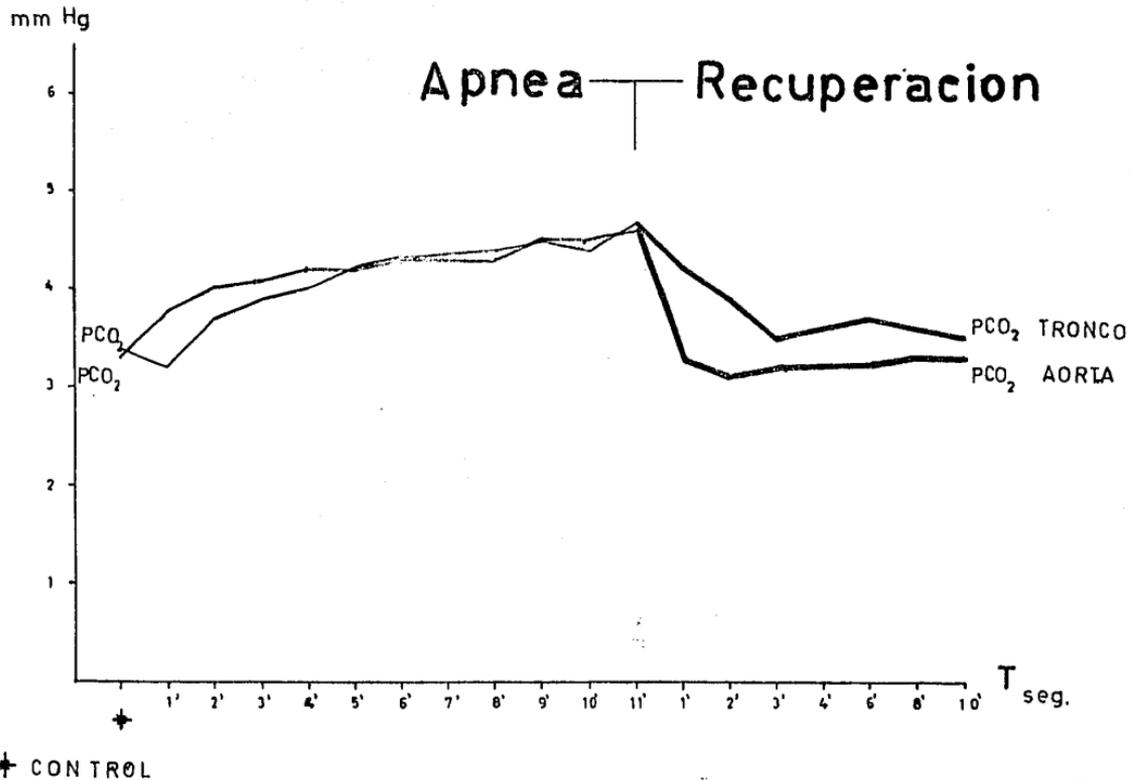
EN APNEA VOLUNTARIA



TRONCO ARTERIA PULMONAR

FIG.11

GASOMETRIA EN REINHALACION DE CO₂ Y CATETERISMO DE AORTA Y TRONCO ARTERIA PULMONAR



APNEA VOLUNTARIA

EN
 DIFERENTES INTERVALOS
 DE
 TIEMPO EN LA RECUPERACION

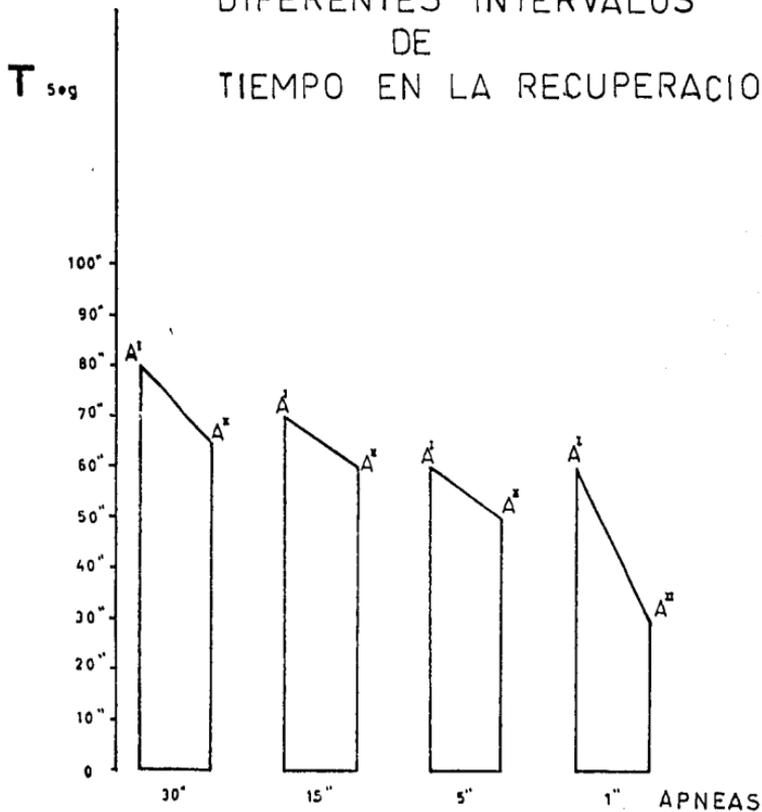


FIG. 13

T_{Seg}

APNEA VOLUNTARIA

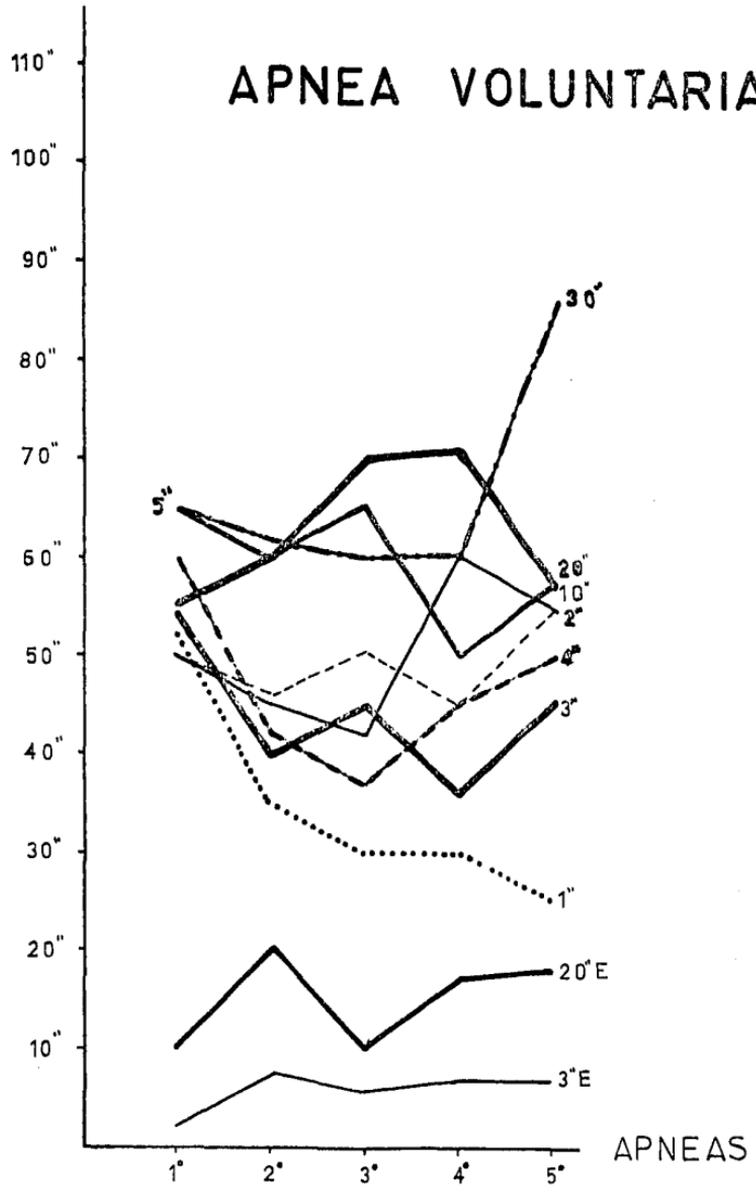


FIG. 14

GASOMETRIA ARTERIAL
CON
EJERCICIO Y RECUPERACION

