

Comparación entre determinaciones de gases arteriales y equilibrio ácido-básico en sangre arterial y capilar "arterializada" en lactantes desnutridos severos. Evaluación del intercambio gaseoso pulmonar

DRES. ELIANA CERUTI *, CARLOS CASAR ** y ARMANDO DIAZ **.

Las determinaciones de pH, presión parcial de oxígeno arterial (PO_2), presión parcial de anhídrico carbónico arterial (PCO_2), exceso de base (EB) y bicarbonato standard (BS) tienen gran importancia clínica para la regulación del equilibrio ácido-básico y la evaluación de la función respiratoria. Conocidos los inconvenientes y posibles complicaciones de la extracción de sangre arterial (1, 2), la obtención de sangre arterializada se ha planteado con éxito como un sustituto de la arterial ya desde 1922 (3). Posteriormente y especialmente en los últimos años, se han desarrollado micrométodos que permiten las determinaciones en muestras menores incluso que 0,1 ml. (4, 5, 6, 7, 8, 9). La duda de si la sangre capilar realmente es representativa de la arterial ha persistido hasta ahora y ha sido ampliamente discutido en la literatura, tanto para el adulto como niños y recién nacidos. (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18). Diferentes autores han demostrado en el adulto y en el recién nacido normal la existencia de una buena correlación arterio-capilar entre las determinaciones de los parámetros ácido-básicos (12, 14, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24) y de la presión de oxígeno arterial, especialmente cuando ésta se determina por punción del lóbulo de la oreja (8, 12, 14). Sin embargo en un trabajo anterior (18) demostramos que tanto en los recién nacidos a término como en los prematuros sanos, sólo la determinación de los parámetros ácido-básicos en sangre capilar era representativa de los valores arteriales, no así la medición de la PO_2 , ya que observamos una diferencia arterio-capilar para la PO_2 estadísticamente significativa en todos los niños estudiados. Estos

resultados concuerdan por lo demás con los encontrados por otros autores (10, 17, 19).

En los lactantes desnutridos no hay estudios al respecto. En ellos es importante evaluar el intercambio gaseoso pulmonar que no se conoce, especialmente a la luz de la demostración en ratas desnutridas de una disminución de la concentración del surfactante pulmonar (23).

Además y considerando la alta frecuencia con que presentan infecciones respiratorias graves la medición acertada de la PO_2 y PCO_2 permite valorar el grado de suficiencia respiratoria y por consiguiente el indicar la concentración de oxígeno adecuada y el uso de respiración asistida en los niños que la requieran. Igualmente es importante tratar racionalmente en todos ellos las frecuentes alteraciones ácido-básicas que presentan.

Por todas estas razones creemos imprescindible contar con un método sencillo que nos permita obtener muestras representativas de sangre arterial. Por eso decidimos estudiar la exacta validez de las mediciones de gases arteriales y equilibrio ácido-básico en sangre capilar, en un grupo de lactantes con desnutrición calórico-proteica grado III y compararla con la encontrada en un grupo de lactantes con estado nutritivo normal. Fue nuestro propósito además evaluar en el primer grupo de niños, sin otra patología asociada, la función respiratoria y la regulación del equilibrio ácido-básico.

MATERIAL Y MÉTODO. En un grupo de 27 lactantes, 15 desnutridos severos sin otra patología asociada y 12 con estado nutritivo normal, se determinaron un total de 27 pares de muestras. Las edades de todos ellos fluctuaron entre 1 y 12 meses.

Los desnutridos se catalogaron como tales considerando la relación peso/edad y peso/talla, incluyéndose en este estudio sólo aquéllos con des-

* Prof. Asociado de Pediatría. Departamento de Pediatría, Area Norte Escuela de Medicina U. de Chile. Jefe Laboratorio Cardiorespiratorio, Hospital Roberto del Río.

** Departamento Pediatría. Area Norte. Esc. Medicina U. de Chile. Laboratorio Cardiorespiratorio, Hospital Roberto del Río.

nutrición calórico-proteica grado III con una relación peso/talla de 78% o menos (26, 27).

En ambos grupos se efectuaron determinaciones en sangre arterial y capilar con un intervalo máximo entre ellas de 15 minutos.

Las muestras de sangre arterial se obtuvieron por punción directa de la arteria femoral, en forma anaeróbica, en jeringas engrasadas y heparinizadas con una concentración de 1 mg. de heparina por ml. de sangre (28), desechándose, mediante otra jeringa, el primer ml. de sangre obtenido a través del catéter.

Las muestras de sangre arterializada se obtuvieron por punción del talón, previo calentamiento de éste y de toda la extremidad inferior, a 45°C. durante 20 minutos, siguiendo la técnica descrita por Astrup (6). La sangre se recibió en capilares heparinizados "Radiometer" que se sellaron y agitaron de acuerdo a la técnica de Andersen (5). Se tuvo especial cuidado de no presionar la extremidad del niño en el momento de obtención de la muestra.

Tanto los capilares como las jeringas se mantuvieron en hielo hasta el momento del análisis, efectuándose éste siempre dentro de los primeros 30 minutos de obtención de la sangre.

El pH se determinó en triplicado en un pH metro "Radiometer" 27 GM. La PCO₂ se determinó directamente en un electrodo de PCO₂ "Radiometer" y también indirectamente junto con la base buffer, el exceso de base y el bicarbonato standard según la técnica descrita por Astrup y Siggaard-Ardensen (5, 6). Como todas las mediciones de pH se determinaron a 38°C, los valores obtenidos se corrigieron a la temperatura del niño de acuerdo al factor Rosenthal: 0,0147 unidades de pH por grado C de diferencia (29). La presión parcial de oxígeno se determinó en triplicado en un electrodo de O₂, se calibró con sangre equilibrada con una presión de oxígeno conocida siguiendo la técnica de Severinghaus, que consiste en calibrar el electrodo a una presión parcial de oxígeno 5% superior a la correspondiente a la presión barométrica del momento.

En todos los niños se determinó la temperatura calórica (tele termómetro a 8 cm. del ano), en el momento de la toma de cada muestra.

En cada muestra se determinó la concentración de hemoglobina en un espectrofotómetro "Coleman".

RESULTADOS. Los resultados obtenidos se agruparon por separado en ambos grupos de lactantes estudiados.

En la tabla N° 1 se observan las diferencias observadas entre las determinaciones de pH, PCO₂, PO₂ EB y BS., en sangre arterial y arterializada en los lactantes con estado nutritivo normal. En las figuras 1^a, 2^a, 3^a y 4^a se demuestra en forma

TABLA 1

DIFERENCIAS ENTRE LOS VALORES DE pH, PCO₂, PO₂, EB Y BS DETERMINADOS EN SANGRE ARTERIAL Y CAPILAR EN 12 LACTANTES SANOS CON ESTADO NUTRITIVO NORMAL

CASO N°	EDAD (meses)	PESO (gm.)	DIFERENCIAS ARTERIO-CAPILARES				
			ΔpH	ΔPCO ₂	ΔPO ₂	ΔEB	ΔBS
1	5	7.260	0,013	-2,5	3,1	0,5	0,4
2	2	5.170	-0,006	0,8	5,5	-0,1	0,1
3	4	5.300	0,005	-0,7	1,9	0,7	0,6
4	5	5.720	-0,018	2,5	3,5	0,3	-0,3
5	1	4.500	0,010	-1,5	12,0	-0,2	0,4
6	4	6.050	-0,003	1,5	12,5	0,0	0,0
7	3	5.350	-0,010	3,9	3,3	-0,5	-0,7
8	2	4.850	0,014	-2,8	9,0	-0,7	0,6
9	6	7.575	-0,004	1,0	6,5	-0,5	1,0
10	9	9.300	0,015	-1,8	6,0	0,9	0,9
11	8	8.950	0,019	-2,0	6,4	0,7	-0,9
12	10	9.480	-0,014	-2,0	8,1	-0,2	-0,7

pH: unidades
PCO₂: mmHg.
PO₂: mmHg.
EB: mEq/L/sangre
ES: mEq/L/plasma.

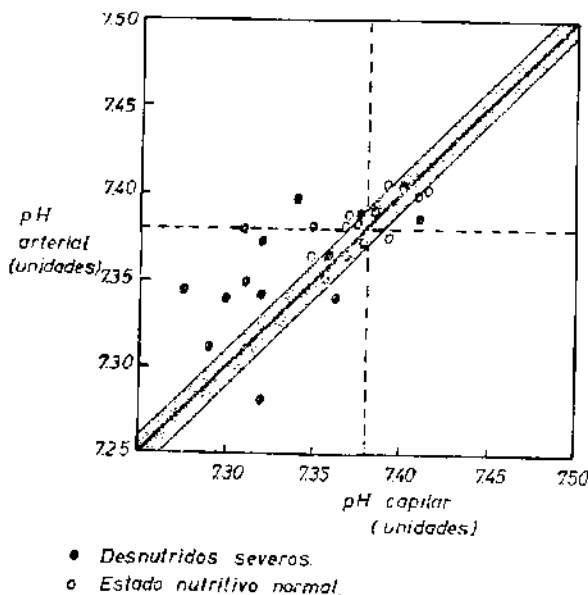


Figura 1.— Comparación entre las determinaciones de pH en sangre arterial y arterializada (capilar) en lactantes desnutridos severos y lactantes con estado nutritivo normal. (El área sombreada representa el rango de error del método, 0,01 unidades).

gráfica la correlación observada entre ambos métodos para el pH, PCO₂, PO₂ y E. B. En la tabla N° 2 se muestran las diferencias arterio-capilares promedio ± E.S. para los mismos parámetros en lactantes normales observándose una excelente correlación estadística entre ambos métodos excepto en lo que se refiere a la determinación de

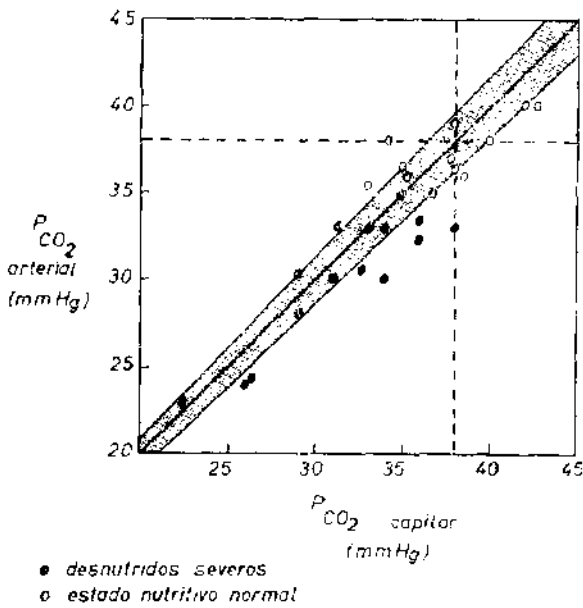


Figura 2.— Comparación entre las determinaciones de PCO₂ en sangre arterial y "Arterializada" (capilar) en lactantes desnutridos severos y lactantes con estado nutritivo normal. (El área sombreada representa el rango de error del método, 5%).

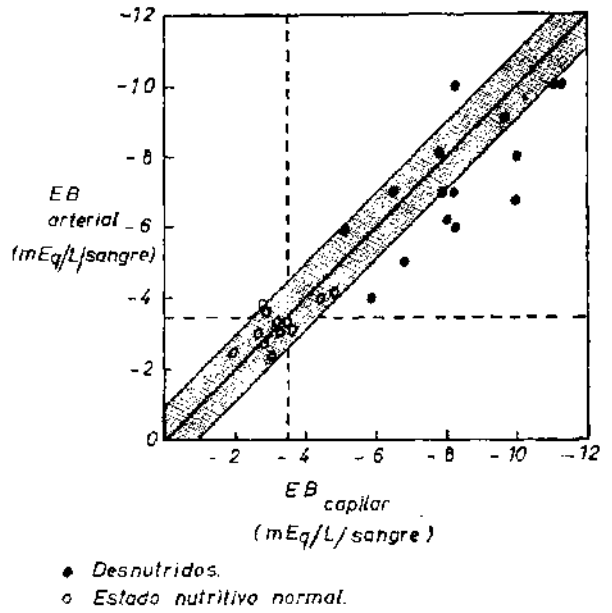


Figura 4.— Comparación entre las determinaciones de Exceso de Base (EB) en sangre arterial y arterializada (capilar) en lactantes desnutridos severos y lactantes con estado nutritivo normal. (El área sombreada representa el rango de error del método más o menos 1 mEq/L).

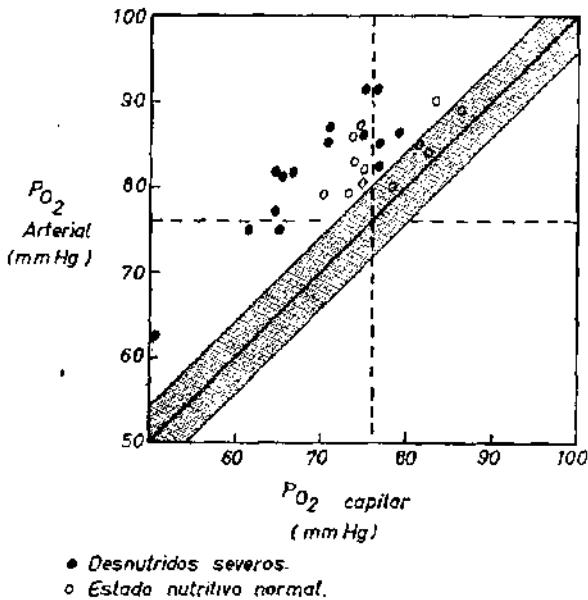


Figura 3.— Comparación entre las determinaciones de PO₂ en sangre arterial y arterializada (capilar) en lactantes desnutridos severos y lactantes con estado nutritivo normal. (El área sombreada representa el rango de error del método, 3 mmHg).

la PO₂. Se demuestra que el promedio de las diferencias entre las determinaciones de pH en sangre arterial y capilar fue de $0,0017 \pm ES 0,003$ unidades ($p < 0,25$) con un rango que varía entre 0,018 y 0,019 unidades. El promedio de la diferencia para la PCO₂ fue de $0,3 \pm ES 0,62$ mmHg ($p < 0,30$) con un rango fluctuante entre -2,8 y 3,9 mmHg.

El estudio del componente metabólico del equilibrio ácido-base en lactantes bien nutridos muestra resultados similares. En ninguno de ellos se observaron diferencias significativas entre las determinaciones arterio-capilares de EB y ES.

De los resultados expuestos en la tabla N^o 2 se desprende que en los lactantes con estado nutritivo normal las diferencias entre las determinaciones arterio-capilares para los parámetros del equilibrio ácido-básico no son significativas. En ninguno de los niños estudiados se observaron diferencias entre las determinaciones de pH mayores de 0,020 unidades y entre las determinaciones de PCO₂ mayores de 3,9 mmHg.

En este mismo grupo de niños se demostró que la diferencia arterio-capilar para la PO₂ fue siempre significativa, variando entre 1,9 y 12,5 mmHg. con un promedio de $6,5 \text{ mmHg.} \pm ES, 1,35$ ($p < 0,0001$) (tabla N^o 2 y Fig. N^o 3). Sin embargo y como se observará más adelante, las diferencias observadas en los lactantes bien nutridos son significativamente menores que las encontradas en los desnutridos severos.

En el grupo de lactantes con desnutrición calórico-proteico grado III las diferencias arterio-capilares encontradas para todos los parámetros fueron estadísticamente significativas y mayores que las observadas en los niños bien nutridos (Tablas N^o 3 y 4, Fig. 1, 2, 3, y 4). Las diferencias arterio-capilares para el pH variaron entre -0,040 y 0,070 unidades con una diferencia promedio de $0,022 \pm ES 0,008$ ($p < 0,005$). En

TABLA 2

PROMEDIO \pm ES DE LAS DIFERENCIAS ENTRE LAS DETERMINACIONES DE pH, PCO₂, PO₂, EB Y ES EN SANGRE ARTERIAL Y ARTERIALIZADA EN 12 LACTANTES SANOS CON ESTADO NUTRITIVO NORMAL

	pH	PCO ₂	PO ₂	ES	BS
Promedio diferencias	0,0017	-0,3	6,5	-0,04	0,16
Rango	-0,018 a	-2,8 a	1,9 a	-0,7 a	-0,9 a
D. S. promedio diferencias	0,019	3,9	12,5	0,9	1,0
E. S. promedio diferencias	0,012	2,17	4,66	0,53	0,64
t	0,003	0,62	1,35	0,15	0,18
r	0,56	0,48	4,81	0,26	0,87
P	<0,25	<0,30	<0,0001	<0,35	<0,20

pH: unidades.
PCO₂: mmHg.
PO₂: mmHg.

EB: mEq/L/sangre
ES: mEq/L/plasma.

TABLA 3

DIFERENCIAS ENTRE LOS VALORES DE pH, PCO₂, PO₂, EB y BS DETERMINADOS EN SANGRE ARTERIAL Y CAPILAR EN 15 LACTANTES CON DESNUTRICION CALORICA-PROTEICA GRADO III.

Caso N°	Edad (ms)	Relación Peso/edad %	Relación Peso/talla %	Diferencias Arterio - Capilares				
				Δ pH	Δ PCO ₂	Δ PO ₂	Δ EB	Δ BS
1	3	48	72	0,070	-5,0	12,0	-2,0	1,3
2	9	44	65	0,040	-2,5	8,4	-1,8	1,3
3	4	47	<70	0,070	-5,0	15,7	-1,8	1,7
4	3	65	72	-0,025	0,4	14,0	-1,0	0,9
5	5	67	78	0,021	-1,0	7,3	-1,0	0,6
6	11	66	68	0,022	-1,0	15,8	-0,8	0,5
7	4	62	75	0,053	-1,0	12,5	-2,1	1,7
8	5	52	75	0,005	-2,0	15,6	0,3	0,0
9	8	47	63	-0,040	0,0	13,5	1,8	-1,3
10	5	54	78	0,040	0,0	16,0	-2,2	1,6
11	3	62	77	0,007	1,3	14,5	-1,0	0,6
12	4	59	72	0,012	-2,2	8,3	0,8	-0,5
13	5	55	62	0,031	-2,0	5,5	-0,5	0,3
14	4	60	68	0,059	-3,7	12,0	-1,9	1,5
15	5	61	72	-0,022	1,7	16,0	0,5	-0,5

pH: unidades
PCO₂: mmHg
PO₂: mmHg

ES: mEq/L/sangre
BS: mEq/L/plasma.

12 de los 15 niños desnutridos severos las diferencias para el pH fueron mayores de 0,020 unidades, no observándose esta magnitud de diferencias en ninguno de los lactantes normales estudiados.

En los desnutridos las diferencias observadas para la PCO₂ también fueron mayores que las encontradas en los normales variando entre -5,0 a 1,7 mmHg. con una diferencia arterio-capilar pro-

medio de $-1,46 \pm$ ES 0,52mmHg ($p < 0,005$).

En los lactantes desnutridos severos las diferencias arteriocapilares promedio para el EB y el BS fueron también significativas, aun cuando el rango de variación fue muy estrecho. La diferencia promedio para el ES fue de $-0,84 \pm$ ES 0,31 ($p < 0,005$) con un rango entre -2,2 y 1,8 mEq/L/sangre. La diferencia promedio para el BS fue

TABLA 4

PROMEDIO \pm ES DE LAS DIFERENCIAS ENTRE LAS DETERMINACIONES DE pH, PCO₂, PO₂, EB Y BS EN SANGRE ARTERIAL Y ARTERIALIZADA EN 15 LACTANTES CON DESNUTRICION

	pH	PCO ₂	PO ₂	EB	BS
Promedio diferencias	0,022	-1,46	12,5	-0,84	0,65
Rango	-0,040 a	-5,0 a	5,5 a	-2,2 a	-1,3 a
	0,034	1,7	16,0	1,8	1,7
DS. promedio diferencias	0,034	2,04	3,51	1,21	0,92
ES. promedio diferencias	0,008	0,52	0,90	0,31	0,23
t	2,75	2,77	13,8	2,70	2,82
P	<0,005	<0,005	<0,0005	<0,005	<0,005

pH: Unidades
PCO₂: mmHg.
PO₂: mmHg

EB: mEq/L/sangre
ES: mEq/L/plasma.

de 0,65 \pm ES 0,23 ($p < 0,005$) con un rango entre -1,3 y 1,7 mEq/L/plasma.

En el grupo de lactantes desnutridos severos las diferencias entre la PO₂ determinada en sangre arterial y arterializada fueron siempre significativas y francamente mayores que las observadas en niños normales (tabla N^o 4 y Fig. 3). El promedio de las diferencias para la PO₂ fue de 12,5 mmHg. \pm ES 0,90 mmHg. ($p < 0,0005$) y el rango varió entre 5,5 y 16 mmHg.

Finalmente, en la tabla N^o 5 se observan los valores arteriales promedio \pm DS de pH, PCO₂, PO₂, EB y BS en ambos grupos de lactantes estudiados, demostrándose que en ambos la PO₂ fue totalmente normal. Solamente en un lactante desnutrido se encontró una PO₂ inferior al límite considerado normal (Fig. 3). Posteriormente se comprobó en este enfermo la presencia de un ductus hipertenso con inversión del shunt. Se observó además en los lactantes desnutridos la presencia de una acidosis metabólica moderada parcialmente compensada por hiperventilación (\bar{X} pH 7.360, \bar{x} PaCO₂ 30,04 mmHg, \bar{x} EB -7,38 mEq/L/sangre y \bar{X} BS 18,3 mEq/L/plasma). Al analizar los resultados individualmente se encontró que en 7 de ellos la acidosis metabólica estaba parcialmente compensada y que en los restantes 8 estaba totalmente compensada por hiperventilación.

DISCUSIÓN. Siendo el propósito fundamental de los procesos dinámicos de la respiración la mantención de presiones parciales de oxígeno y anhídrido carbónico normales en sangre arterial, el conocimiento de esas presiones permite evaluar el grado de suficiencia de la respiración. Es importante destacar que la determinación de la PO₂ y PCO₂ en sangre venosa no sirve para los fines anteriores ya que en la sangre venosa la concentración de oxígeno y anhídrido carbónico depende

TABLA 5

VALORES PROMEDIO \pm DS DE pH, PCO₂, PO₂, EB Y BS EN SANGRE ARTERIAL EN 12 LACTANTES CON ESTADO NUTRITIVO NORMAL Y 15 LACTANTES CON DESNUTRICION CALORICO-PROTEICA GRADO III

Lactantes con estado nutritivo normal:

	\bar{X}	\pm	DS
pH (unidades)	7.382	\pm	0,017
PCO ₂ (mmHg)	37,25	\pm	1,76
PO ₂ (mmHg)	83,75	\pm	3,76
EB (mEq/L/sangre)	-3,2	\pm	0,56
BS (mEq/L/plasma)	19,85	\pm	0,70

Lactantes con desnutrición calórico proteica grado III.

	\bar{X}	\pm	DS
pH (unidades)	7.360	\pm	0,034
PCO ₂ (mmHg)	30,04	\pm	3,78
PO ₂ (mmHg)	81,20	\pm	7,9
EB (mEq/L/sangre)	-7,38	\pm	1,86
BS (mEq/L/plasma)	18.31	\pm	1,40

no sólo de la concentración de esos gases en la sangre arterial sino también, y en forma muy importante, del metabolismo celular y del flujo sanguíneo tisular. Considerando además, que la san-

gre arterial es la base de referencia más importante para el estudio ácido-básico, es lógico contar con algún método representativo y sencillo que permita evaluar los gases arteriales y el equilibrio ácido-básico en los lactantes, muy especialmente en los desnutridos severos tan afectos a presentar complicaciones respiratorias graves y trastornos profundos del equilibrio ácido-básico e hidroelectrolítico.

Este estudio demuestra que en el lactante sano con buen estado nutritivo existe una excelente correlación arterio-capilar para el pH, PCO_2 , EB y B.S. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por algunos autores especialmente, en adultos (11, 12, 14, 16, 20, 21, 22, 23, 24) y por lo observado por nosotros y otros investigadores en recién nacidos a término y prematuros sanos (10, 15, 18, 19). Al igual que en nuestra observación anterior en recién nacidos normales y prematuros sanos, volvimos a demostrar en el lactante normal que no existe una correlación arterio-capilar satisfactoria para la PO_2 . Teniendo presente este último hecho podemos concluir que en el lactante sano con buen estado nutritivo, la sangre capilar que fluye libremente bajo circunstancias normales es virtualmente arteriolar y por ende, las determinaciones de los diversos parámetros del equilibrio ácido-básico en sangre capilar son representativas de las observadas en sangre arterial. También en los lactantes bien nutridos observamos una excelente correlación en presencia de hiperventilación hecho que corrobora los hallazgos de Knudsen en adultos (23) y también durante el ejercicio lo que igualmente está de acuerdo con algunas observaciones realizadas en adultos (11, 21).

En los lactantes desnutridos severos las diferencias arterio-capilares para el pH, PCO_2 , EB y ES fueron siempre significativas, al contrario de lo observado en lactantes sanos. En los desnutridos, la sangre capilar mostró un pH más bajo, una PCO_2 más elevada y una menor PO_2 que la sangre arterial. Estas diferencias observadas en los desnutridos calóricos proteicos grado III podrían explicarse por la presencia de una vasoconstricción de los capilares cutáneos con la consiguiente disminución de la velocidad de circulación capilar, es decir, por la existencia de una perfusión tisular disminuida que se manifiesta en estos enfermos por palidez, enfriamiento y cianosis. Ya hace muchos años atrás se había comprobado en los desnutridos un espasmo de los capilares cutáneos y al examen microscópico una disminución significativa de la velocidad circulatoria a nivel capilar (30, 31, 32). Estas alteraciones hemodinámicas presentes en los desnutridos severos hacen no significativos los resultados obtenidos en sangre capilar, especialmente en lo que se refiere a la PO_2 , y por cierto, no comparables a los observados en

lactantes normales con una adecuada circulación periférica.

Es posible además, que en el desnutrido severo con una pobre perfusión periférica, no se pueda obtener una adecuada vasodilatación aun con una técnica de calentamiento satisfactoria, ya que es sabido que en estos enfermos, la vasodilatación localizada como respuesta al calentamiento no ocurre con la misma rapidez y frecuencia que en el lactante normal. También es probable que en el desnutrido, tal como se ha demostrado en el recién nacido de bajo peso (18), la temperatura corporal profunda tenga marcada influencia en las diferencias encontradas entre la sangre arterial y capilar. El que en este trabajo hayamos observado las mayores diferencias arterio-capilares en aquellos lactantes desnutridos con temperaturas corporales profundas más bajas apoya esta última hipótesis. Nuestros resultados permiten destacar la importancia del calentamiento mantenido y prolongado como un medio útil de reducir los márgenes de diferencia entre la sangre arterial y capilar, especialmente cuando se utiliza el talón como sitio de punción.

Sin embargo, aun cuando todas las consideraciones anteriores deben de tenerse presente, al analizar en el grupo de lactantes desnutridos severos los resultados individualmente, se puede observar que el rango de variación de las diferencias, si bien es significativo desde el punto de vista estadístico, no es significativo desde el punto de vista clínico, a menos que se esté en presencia de una acidosis muy severa (en estas circunstancias, las muestras siguientes deberán obtenerse de una arteria y no a través de una punción capilar). Salvo esta última eventualidad creemos que desde el punto de vista de su aplicación clínica práctica, los valores de pH, PCO_2 , EB y BS determinados en sangre capilar pueden ser utilizados con confiabilidad en la evaluación de las alteraciones ácido-básicas del desnutrido severo. Asimismo, los resultados obtenidos hacen posible que la determinación de la PCO_2 en sangre capilar pueda ser considerada como un índice de ventilación alveolar.

En el presente estudio volvimos a demostrar, lo mismo que habíamos comprobado en los recién nacidos a término y prematuros sanos (18), es decir que la determinación de la PO_2 en sangre capilar no es representativa de la PO_2 arterial ni en los lactantes sanos ni mucho menos en los desnutridos severos. El que la diferencia arterio-capilar para la PO_2 sea siempre significativa no es sorprendente ya que varios autores habían observado en adultos una deficiente correlación arterio-capilar para la PO_2 cuando ésta se determinaba en muestras obtenidas por punción del dedo en vez del lóbulo de la oreja (8).

Las mayores diferencias arterio-capilares ob-

servadas para la PO_2 que para la PCO_2 y el pH pueden explicarse si se considera que en los capilares siempre se produce una pequeña mezcla con sangre venosa, aun cuando el calentamiento sea adecuado. Esta pequeña mezcla no alcanza a afectar significativamente ni a la PCO_2 ni al pH, por lo menos en los lactantes normales, pero sí afecta el % de saturación de la hemoglobina. Así, una pequeña caída de este porcentaje determina una disminución significativa de la PO_2 como consecuencia de la forma de la curva de disociación de la hemoglobina (17).

La deficiente correlación observada entre la PO_2 arterial y capilar tiene especial significado clínico en los lactantes desnutridos si se considera que éstos presentan con gran frecuencia afecciones respiratorias graves que los llevan a la insuficiencia respiratoria, requiriendo, por lo tanto, de la administración de una mayor concentración de oxígeno en el aire inspirado. En estas circunstancias, cuando la PaO_2 sube sobre los 100 mmHg, las diferencias arterio-capilares son considerablemente mayores (17) hecho que le resta aún mayor validez a la determinación de la PO_2 en sangre capilar.

Es importante destacar que en todos los desnutridos severos menos uno se observaron PO_2 normales (ausencia de hipoxemia) y PCO_2 normales o bajas lo que evidencia un adecuado intercambio gaseoso pulmonar. La única referencia existente en la literatura, en relación a que la concentración del surfactante pulmonar disminuiría en ratas con desnutrición no ha sido demostrada en el ser humano y requiere de un mayor estudio que abre interesantes posibilidades de investigación. Creemos que esta experiencia demuestra que el desnutrido sereno no presenta alteraciones groseras del intercambio gaseoso pulmonar aunque obliga a un estudio más profundo, especialmente de la mecánica respiratoria.

En todos los desnutridos severos se encontró además una acidosis metabólica parcial o totalmente compensada por hiperventilación lo que también demuestra la existencia de una adecuada compensación respiratoria. La existencia en el desnutrido, sin patología asociada, de una acidosis metabólica ya ha sido demostrada por otros autores (33, 34, 35) pero hasta ahora no ha podido ser claramente explicada. En una próxima comunicación comentaremos con más detalle las alteraciones ácido-básicas del desnutrido severo y algunas de sus posibles causas.

En resumen, podemos concluir que en los lactantes, cualquiera sea su estado nutricional, puede y debe usarse sangre capilar como sustituto de sangre arterial cuando se requiere evaluar el equilibrio ácido-básico, e incluso, la ventilación alveolar a través de la determinación de la PCO_2 . En los desnutridos, o en cualquier lactante con cir-

culación venosa disminuida o con ectasis venoso marcado los parámetros respiratorios deben evaluarse en sangre arterial. Durante la oxígeno-terapia, la determinación de la PO_2 debe efectuarse siempre en sangre arterial.

RESUMEN

- 1.— En un total de 27 lactantes, 15 desnutridos severos, catalogados como tales según su relación peso/edad y peso/talla, y 12 con estado nutricional normal, se determinaron pH, PCO_2 , PO_2 , EB y BS en 27 pares de muestras de sangre arterial y capilar (arterializada) obtenidas con un intervalo de 10 a 15 minutos.
- 2.— En los lactantes sanos con estado nutricional normal, el pH, la PCO_2 , el EB y el BS determinados en sangre capilar reflejaron fielmente los valores arteriales. Esta correlación se mantuvo en presencia de hiperventilación y ejercicio.
- 3.— En los lactantes desnutridos severos no se observó correlación estadísticamente significativa para ninguno de los parámetros estudiados; sin embargo, al analizar las diferencias desde el punto de vista clínico, no se consideraron significativas, excepto en lo que se refiere a la PO_2 .
- 4.— En ambos grupos de niños y a todas las edades, las diferencias entre las determinaciones de PO_2 en sangre arterial y capilar fueron siempre significativas, lo que demuestra que la determinación de la PO_2 en sangre capilar no es representativa de la efectuada en sangre arterial.
- 5.— En todos los desnutridos severos se observó la presencia de una acidosis metabólica parcial o totalmente compensada por hiperventilación.
- 6.— Se discuten las hipótesis que explicarían las diferencias encontradas entre los lactantes con estado nutricional normal y los desnutridos severos.
- 7.— En resumen, se concluye que en el lactante, cualquiera sea su estado nutricional, puede y debe utilizarse sangre capilar para las determinaciones ácido-básicas, incluso para evaluar la ventilación alveolar. En el desnutrido o en cualquier lactante con circulación capilar disminuida o con ectasis venoso, los parámetros respiratorios deben evaluarse en sangre arterial.

SUMMARY

- 1.—A total of 27 pairs of arterial and capillary samples were obtained in 27 infants (1 to 12 months); of these 12 were healthy children and the remaining 15 had severe malnutrition (30% or more deficit for expected weight & height).
- 2.—In the healthy infants there was agreement between arterial and arterialized capillary blood pH, PCO₂, BE and SB. The agreement was maintained during hyperventilation and exercise.
- 3.—In the infants with severe malnutrition the differences between arterial and capillary blood pH, PCO₂, PO₂, BE and SB were always significant, and greater than that observed in healthy infants.
- 4.—The differences observed in infants with severe malnutrition between arterial and capillary blood pH, PCO₂, BE and SB were not considered great enough to prevent cautious clinical acceptance of capillary readings.
- 5.—In both groups of infants at any age, the differences between arterial and capillary blood PO₂ were significant.
- 6.—All the infants with severe malnutrition had metabolic acidosis with complete or partial respiratory compensation.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.—Ray, S. Complications of arterial puncture (letter to ed). *Brit. Med. J.* 11: 758, 1964.
- 2.—Mortensen, J. D. Clinical sequelae from arterial needle puncture, cannulation and incision. *Circulation* 35: 1118, 1967.
- 3.—Lundsgaard, C., and Moller, E. Investigations on the oxygen content of cutaneous blood (so called capillary blood). *J. Exp. Med.* 36: 559, 1922.
- 4.—Singer, R. B., Shohl, J., Bluemle, D. B. A modification of the Shock and Hasting technique for the simultaneous determination of pH, CO₂ content and cell volume in 0.1 ml. aliquots of cutaneous blood. *Clin. Chem.* 1: 287, 1955.
- 5.—Siggaard-Andersen, O., Engel, K., Jorgensen, K., and Astrup, P. A micromethod for determination of pH, carbon dioxide tension, base excess and standard bicarbonate in capillary blood. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 12: 172, 1960.
- 6.—Astrup, P., Jorgensen, M., Siggaard-Andersen, O., and Engel, K. The acid-base metabolism. A new approach. *Lancet* 1: 1035, 1960.

- 7.—Siggaard-Andersen, O., Jorgensen, K., and Naeraa, N. Spectrophotometric determination of oxygen saturation in capillary blood. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 14: 298, 1962.
- 8.—Laughlin, D. E., Mc Donald, J. S., and Bedell, G. N. A micro-technique for measurement of PO₂ in arterialized earlobe blood. *J. Lab. Clin. Med.* 64: 330, 1964.
- 9.—Gambino, S. R., Goldberg, H. E., and Polangy, M. L. A micro method for determination of oxygen saturation by reflexion spectrophotometry. *Amer. J. Clin. Path.* 42: 364, 1964.
- 10.—Gandy, G., Grann, L., Cunningham, N., Adamsons, K., and James, S. The validity of pH and PCO₂ measurements in capillary samples in sick and healthy newborn infants. *Pediatrics* 34: 192, 1964.
- 11.—Koch, G.: Comparison of CO₂ tension, pH and standard bicarbonate in capillary blood and in arterial blood with special respect to relations in patients with impaired cardiovascular and pulmonary function and during exercise. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 17: 223, 1965.
- 12.—Langlands, J. H., and Wallace, W. F.: Small blood samples from earlobe puncture. A substitute for arterial puncture. *Lancet* 11: 315, 1965.
- 13.—Torjussen, W.: Oxygen saturation in capillary blood.. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 17: 505, 1965.
- 14.—Jung, R. C., Balchun, O. J. and Massey, F. J.: The accuracy venous and capillary blood for the prediction of arterial pH, PCO₂, and PO₂ measurements. *Amer. J. Clin. Path.* 45: 129, 1966.
- 15.—Koch, G., and Wendel, H.: Comparison of pH, CO₂ tension, standard bicarbonate and oxygen tension in capillary blood and in arterial blood during the neonatal period. *Acta Paediat. Scand.* 56: 10, 1967.
- 16.—Torjussen, W., and Nitter, H.: pH and PCO₂ in capillary blood from the earlobe. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 19: 79, 1967.
- 17.—Koch, G.: The validity of PO₂ measurement in capillary blood as a substitute for arterial PO₂. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 21: 10, 1968.
- 18.—Ceruti, E., Contreras, S., Díaz, A., y Núñez, N.: Comparación entre determinaciones de gases y equilibrio ácido-básico en sangre arterial y arterIALIZADA en prematuros sanos y con insuficiencia respiratoria. *Rev. Chilena Ped.* 40: 990, 1969.

- 19.— *Thomsen, A.*: Arterial blood sampling in small infants. *Acta Paediat.* 53: 237, 1964.
- 20.— *Geubelle, F., and Nicolas-Goldstein, M.*: Comparaison entre le CO₂ et le pH de sang. arteriel. *Clin. Chim. Acta* 3: 480, 1958.
- 21.— *Gambino, S. R.*: Collection of capillary blood for simultaneous determinations of arterial pH, CO₂ content, PCO₂ and oxygen saturation. *Amer. J. Clin. Path.* 35: 175, 1961.
- 22.— *Maas, A. H., and Van Heijst, A. N.*: A comparison of the pH of arterial blood with arterialized blood from earlobe with Astrup's micro glasselectrode. *Clin. Chim. Acta* 6: 31, 1961.
- 23.— *Knudsen, E. J., and Hansen, P.*: Carbon dioxide tensions in non-arterialized capillary and arterial blood during anesthesia. *Acta Anaesth. Scand.* 6: 29, 1962.
- 24.— *Howland, W. S., Schweizer, O., and Murphy, T. W.*: Estimation of acid-base of venous and arterial blood from capillary samples. *Acta Anaesth. Scand.* 8: 191, 1964.
- 25.— *Faridy, F. E.*: Effect of food and water deprivation on surface activity of lung of rats. *J. Appl. Physiol.* 29: 493, 1970.
- 26.— *Mora Parra, J. O., Rojas García, J. M., Pardo, F., y Luna-Jaspe, H.*: Somatometría en niños de clase socioeconómica baja. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 20: 7, 1970.
- 27.— *Vallejos, E., y Rodríguez, M. E.*: Clasificación del estado nutricional. *Rev. Chilena Ped.* En prensa.
- 28.— *Ardensen, S.*: Sampling and storing of blood for determination of acid-base status. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 13: 196, 1961.
- 29.— *Rosenthal, T. B.*: The effect of temperature of the pH of blood and plasma in vitro. *J. Clin. Chem.* 173: 25, 1948.
- 30.— *Kundratitz, K.*: Die Möglichkeiten der Klinischen Erkennung drohender ernährungsstörungen in Säuglingsalter und deren Bedeutung für die Toleranzbestimmung. *Ost. Z. Kinderheil* 5: 93, 1950.
- 31.— *Kerpel-Fronius & Frank.* Einige Besonderheiten der Körperzusammensetzung und Wasserverteilung bei der Säuglingsatrophie. *Ann. Paediat. (Basel)* 173: 321, 1949.
- 32.— *Utheim, R.*: Metabolism studies in infants suffering from chronic nutritional disturbance. *Amer. J. Dis. Child.* 22: 329, 1921.
- 33.— *Garrow, J. S., Smith, R., and Ward, E. E.*: Electrolyte metabolism in severe infantile malnutrition. Pergamon Press. London, 1968.
- 34.— *Ramos Galván, R., Mariscal, C., Viniestra, A., y Pérez-Ortiz, B.*: Desnutrición en el niño. *Hosp. Infantil Mex. México, D. F.*, 1969.
- 35.— Diseases of metabolism, Endocrinology and Nutrition. South edition Edited by Philip K. Bondy. W. B. Saunders Company. Philadelphia, 1969.