

Facultad de Medicina
Universidad Central del Ecuador.—Quito

El metabolismo basal en la embarazada y el feto

Plutarco Naranjo Vargas, Francisco Cornejo y Jorge Bermeo

(Recibido para publicar el 15 de octubre de 1953)

Varios autores han hecho determinaciones del metabolismo basal (M. B.) en embarazadas y casi todos han llegado a la conclusión de que éste se encuentra aumentado considerablemente. Magnus Levy (13 y 14) fué uno de los primeros que observó este fenómeno, y posteriormente, Zunts (20 y 21), Carpenter (7), Murlin (15), Hanna (12) y muchos otros (4 y 5) han confirmado dicha observación e inclusive han tratado de determinar el «aumento promedial durante el embarazo». Sandford y Wheeler (18) lograron estudiar el M. B. en un grupo de embarazadas, tanto durante algún tiempo del embarazo como después de él, y encontraron, durante el último período del embarazo, un «aumento promedial» del 25 %. Encontraron también que durante la lactancia no se produce ningún aumento del M. B. Baer (2), en cambio, estudió dos grupos de mujeres: uno de embarazadas y otro de ingravidas, a fin de comparar los respectivos datos. Encontró que en las embarazadas, en comparación con el grupo testigo, hubo un aumento del M. B. de 33 a 35 %. Además, encontró que este aumento del M. B. decrece rápidamente después del parto; así, al tercer día el aumento es sólo del 11 %, y entre el séptimo y el décimoprimeros días, el M. B. vuelve a sus valores normales. Estos hallazgos han sido plenamente confirmados por Hanna (12), quien encontró que el aumento del M. B. oscila entre + 20 y + 30 %, existiendo embarazadas normales en las que dicho aumento llega a cifras tan altas como + 70 %, por ejemplo.

Castex y Peralta (9), en un intento de encontrar la relación entre el progreso del embarazo y el aumento del M. B., estudiaron un cierto número de casos — quizá insuficiente — y llegaron, entre

otras, a la siguiente conclusión: «El aumento del M. B., salvo excepciones, comienza en la segunda mitad del embarazo y no siempre se halla en relación con el progreso del mismo». Pero Sonntag (19), en un trabajo más minucioso, encontró que el aumento del M. B. aparecía precozmente después de iniciado el embarazo.

En general, pues, hay acuerdo entre los autores de que M. B. aumenta en las embarazadas, pero hay discordancia acerca del momento en que comienza dicho aumento, y, además, no hay estudios suficientes sobre los límites dentro de los cuales debe considerarse este aumento como normal y desde qué límite debe considerarse, en una embarazada, un posible caso de hipo o hipertiroidismo. Por último, hay que anotar que muy poca atención se ha prestado a la posible relación entre el progreso del embarazo, que es un proceso en evolución, y la escala de aumento del M. B., a tal punto de obtener, como lo han hecho algunos autores, «promedios» de aumentos de todo el embarazo o, por lo menos, de su segunda mitad. Esto mismo revela ya que los datos experimentales no han sido sometidos al análisis estadístico, puesto que si al comienzo del embarazo dicho aumento es tan leve que algunos autores no lo han considerado como tal y al final del embarazo el aumento es grande, no tiene ningún sentido práctico el determinar un «promedio» de aumento para todo el embarazo. Además, por esa misma falta de análisis estadístico, las conclusiones de varios autores son, realmente, de escaso valor.

El trabajo que hemos realizado intenta llenar, siquiera en parte, esos vacíos, y, habiendo encontrado — aunque anticipamos un resultado — que el M. B. aumenta durante el embarazo, hemos intentado también dilucidar cuánto de ese aumento corresponde exclusivamente al feto y cuánto a la madre y la placenta.

Material y métodos

Para las determinaciones del M. B. se usó un «metabolor» marca MacKesson. El procedimiento es tan conocido que creemos inoficiosa su descripción. De acuerdo con la tabla de Du-Bois, se tomaron como valores normales de calorías por hora y metro cuadrado de superficie corpórea, los siguientes: para personas de 17 a 19'5 años, 38 calorías; para las de 20 a 29'5 años, 37 calorías, y para las de 30 a 39'5 años, 36'5 calorías.

El elemento humano utilizado en este estudio se dividió en tres grupos: a) *ingravidas*, que sirvieron como «grupo testigo», y en su mayoría corresponden a empleadas y enfermeras de la Maternidad Isidro Ayora (Quito); b) *embarazadas*, grupo que

estuvo constituido por aquellas personas que, desde los primeros meses de embarazo, concurren al servicio gratuito «prenatal» de la misma Maternidad, y c), *puérperas*, que corresponde a esta misma categoría de personas, pero cuyo control metabólico se hizo después del parto.

En cada caso la paciente fué examinada, tanto desde el punto de vista de su salud general cuanto desde el punto de vista del embarazo. Cuando se juzgó oportuno, se pidieron exámenes complementarios — sangre, orina, etc. —. Para el estudio del M. B. se utilizaron sólo aquellas pacientes que no presentaron ningún trastorno o anomalía y que podían considerarse como personas «sanas».

Se recomendó a las pacientes que la víspera del examen tomasen una comida ligera, y al siguiente día, en «condiciones basales», se efectuó la determinación del M. B. Previamente se estableció la «edad del embarazo», de acuerdo al procedimiento aconsejado por Nubiola y Zárate (17). Los diferentes datos, tanto de M. B. como de frecuencia respiratoria y del pulso, de presión arterial, etcétera, fueron luego debidamente tabulados, como se verá a continuación.

Resultados y discusión

I

1. EL M. B. EN LAS INGRÁVIDAS. El grupo de las ingravidas, para efecto de la tabulación de los resultados, fué subdividido, de acuerdo a la edad de las pacientes, en tres subgrupos. Los diferentes datos obtenidos se presentan en la tabla I. Más adelante nos ocuparemos de varios de aquellos datos. En cuanto al M. B., los resultados de los tres subgrupos son muy semejantes entre sí. El promedio general es igual a + 0'42 %, con un error «standard» de 6'71, o sea, para usar números enteros, diríamos que en las ingravidas el M. B. fué igual a 0 ± 7 . La generalidad de los autores aceptan que el M. B. normal está comprendido entre + 10 % y - 10 %; por lo mismo, los valores obtenidos por nosotros se encuentran por completo dentro de lo normal.

2. EL M. B. EN LAS EMBARAZADAS. Los resultados se presentan en la tabla II. Se observa de inmediato que el M. B. aumenta de valor conforme avanza la edad del embarazo. Si estos datos se disponen en un sistema de coordenadas, como lo hemos hecho en la figura 1, puede apreciarse que la regresión que se produce es, probablemente, de tipo lineal; en otros términos, el M. B. en las embarazadas aumentaría en función del tiempo.

Para conocer en qué magnitud varía el M. B. por cada unidad de tiempo — semana —, se ha buscado el coeficiente de regresión, y, finalmente, los datos experimentales se han sometido a la prueba de hipótesis nula con el objeto de probar si realmente hay una relación lineal entre el aumento del M. B. y el progreso del embarazo. El coeficiente de regresión que hemos obtenido es igual a 1'03, lo que significa que si se produce la regresión lineal, el M. B. aumentaría en + 1'03 % por cada semana de embarazo.

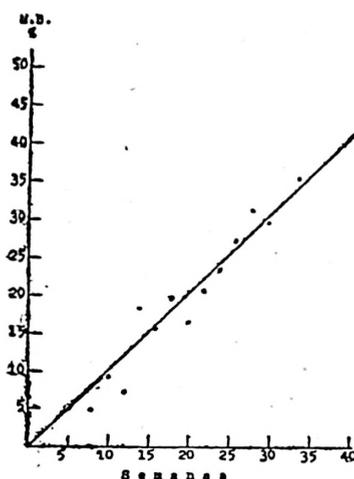


Fig. 1. Aumento del metabolismo basal durante el embarazo.
(Ordenada, por ciento de aumento del metabolismo basal; abscisa, semanas de embarazo)

De otro lado, el valor de X^2 (J_i al cuadrado), es de 11'25, y, para 14 grados de libertad, el valor de la probabilidad de que la diferencia entre la hipótesis de regresión lineal con un coeficiente de 1'03 y los datos reales, sea significativa, es igual a 0'70, es decir, la diferencia no es significativa. En otras palabras, significa que el M. B. en las embarazadas aumenta realmente en función del tiempo y que ese aumento es de + 1'03 % por semana.

Como el grupo de las 200 embarazadas estudiadas comprende: 40, cuya edad está entre los 17 y 19'5 años; 127, de 20 a 29'5 años, y 33, de 30 a 39'5 años, es interesante conocer cómo se produce la regresión de acuerdo con la edad de las pacientes. Los resultados se presentan en la figura 2, y como puede observarse, son muy semejantes entre sí. Los coeficientes de regresión en los tres subgrupos son: 1'05, 1'00 y 1'09, respectivamente.

Esto significaría que el aumento del M. B. durante el embarazo se produce independientemente de la edad de la embarazada — dentro de los límites estudiados, es decir, 17 a 40 años.

TABLA I
GRUPO DE LAS INGRÁVIDAS
El metabolismo basal y otros valores normales

1	2	3	4	5	6		7	8		9	10
Edad (años)	N*	Peso Kg.	Estatura mts.	Superficie m. ²	Tensión arterial		Mínima	Frecuencia		Respirac.	Metabol. basal
					Máxima			Pulso			
De 17 a 20	8	48'9 ± 6'45	1'54 ± 0'04	1'45 ± 0'05	108 ± 7'5	67 ± 3'7		75 ± 4'2	18 ± 1'4		+ 0'33 ± 6'54
De 21 a 30	24	49'8 ± 5'3	1'53 ± 0'05	1'45 ± 0'04	110 ± 8'15	70 ± 7'1		76 ± 4'1	17 ± 1'3		+ 0'46 ± 6'52
De 31 a 40	8	49'6 ± 6'3	1'53 ± 0'05	1'48 ± 0'05	115 ± 9'8	72 ± 6'5		77 ± 6'2	18 ± 2'0		+ 0'48 ± 7'12

* Número de personas.
± Error standard.

En la misma tabla II es interesante también la distribución del error «standard», la misma que, para mayor objetividad, presentamos en la figura 3. Esta distribución, bastante regular por cierto, sugiere que hasta los seis meses, aproximadamente, las

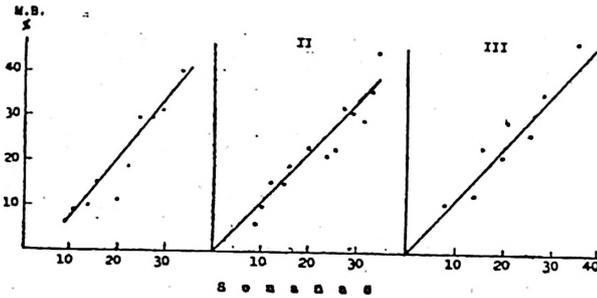


Fig. 2. Aumento del metabolismo basal durante el embarazo, en mujeres de distinta edad.

(I, mujeres de 17 a 19'5 años; II, mujeres de 20 a 29'5 años; y III, mujeres de 30 a 39'5 años.)

variaciones individuales son bastante amplias, en tanto que, a partir del séptimo mes de embarazo en adelante, las variaciones individuales son menos amplias y más uniformes. Quizá ésta es una de las razones que ha inducido a que varios autores que no han

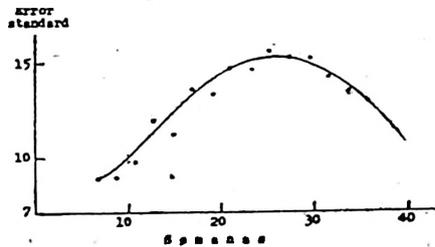


Fig. 3. Curva de distribución del error standard en las determinaciones del metabolismo basal, durante el embarazo.

sometido sus propios datos al análisis estadístico, hayan afirmado que el aumento del M. B. es inconstante en la primera mitad del embarazo y muy notorio en su segunda mitad.

3. EL M. B. EN LAS PUÉRPERAS. Los resultados aparecen en la tabla III y puede apreciarse que, al contrario de lo que sucede en las embarazadas, el M. B. desciende rápidamente después del parto.

Estos datos coinciden bastante con los de Baer (2), quien encontró que el M. B. vuelve a valores semejantes a los de antes

TABLA II
GRUPO DE LAS EMBARAZADAS
El metabolismo basal durante el embarazo

1 Edad del embarazo (Semanas) X	2 N*	3 Metabolismo basal		4 e. s. **	5 X ²	6 XY	7 Estimaciones \hat{Y} ($\hat{Y}=1.03X$)	8 Desviaciones $dy.x=Y-\hat{Y}$
		Promedio Y						
8	9	+ 5'5 %		8'6	64	44	8'25	- 2'75
10	9	+ 9'0 »		8'8	100	90	10'30	- 1'30
12	12	+ 7'5 »		9'6	144	90	12'36	- 4'86
14	12	+ 18'0 »		11'8	196	252	14'42	+ 3'58
16	16	+ 15'5 »		11'0	256	248	16'48	- 0'98
18	15	+ 19'3 »		13'4	324	348	18'54	+ 0'76
20	12	+ 16'0 »		13'1	400	320	20'60	- 4'60
22	10	+ 20'3 »		14'4	484	447	22'66	- 2'36
24	18	+ 23'6 »		14'4	576	567	24'72	- 1'12
26	13	+ 26'6 »		15'2	676	692	26'78	- 0'18
28	16	+ 31'3 »		15'0	784	876	28'84	+ 2'46
30	16	+ 28'5 »		14'9	900	855	30'90	- 2'40
32	12	+ 25'0 »		14'0	1.024	800	32'96	- 7'96
34	14	+ 35'5 »		13'3	1.146	1.217	35'02	+ 0'48
36	19	+ 48'6 »		12'6	1.286	1.750	37'08	+ 11'52
	200				8.360	8.596		

* Número de personas.

** Error standard.

$$\text{Coeficiente de regresión} = \frac{XY}{X^2} = \frac{8.596}{8.360} = 1'03$$

del embarazo, entre el séptimo y el décimoprimer días después del parto. También Castex y Schteingart (10) han obtenido resultados parecidos; han encontrado que el M. B. vuelve a valores «normales» entre el octavo y décimoquinto días después del parto.

TABLA III
GRUPO DE LAS PUERPERAS

El metabolismo basal durante el puerperio

1	2	3	4
Puerperio (horas)	N*	Metabolismo basal	
		Promedio	Error standard
56	3	+ 20'2 %	13'8
64	3	+ 18'6 »	12'1
67	4	+ 17'8 »	10'0
82	3	+ 14'8 »	11'2
86	5	+ 15'1 »	10'2
93	2	+ 14'0 »	10'2
97	5	+ 14'1 »	10'8
101	4	+ 12'8 »	9'0
107	3	+ 11'2 »	8'2

*. Número de personas.

Nuestros resultados, que comprenden datos de hasta 107 horas después del parto, permiten prever (fig. 4) que el M. B. ha de regresar a 0 % entre el octavo y noveno días del puerperio. Esto permite proponer una fórmula nemotécnica: *Lo que aumenta — en M. B. — en nueve meses de embarazo, disminuye en nueve días de puerperio.*

4. LA «CURVA» NORMAL DEL M. B. EN EL EMBARAZO Y EN EL PUERPERIO. Aunque el coeficiente de regresión, de 1'03 % por semana, permitiría hacer una estimación del valor normal del M. B. para cualquier edad de embarazo, en el campo práctico es necesario conocer los dos límites dentro de los cuales varían los valores normales.

Se acepta generalmente que «lo normal» está comprendido entre los límites dados por la media o promedio, a la que se suma o se resta el error «standard», y en cuanto al M. B., los diferentes autores se han guiado por este criterio estadístico, y, por lo

mismo, la mayoría acepta como límites normales, en las ingravidas, las cifras de -10% a $+10\%$. Sin embargo, otros autores han obtenido valores un poco menores de error «standard», y, por lo mismo, insisten en fijar límites más estrechos, como sería -7% a $+7\%$.

Adoptando este criterio estadístico para fijar los límites de la «normalidad», hemos elaborado la tabla IV, en la que se determinan los valores normales del M. B. a lo largo del embarazo y

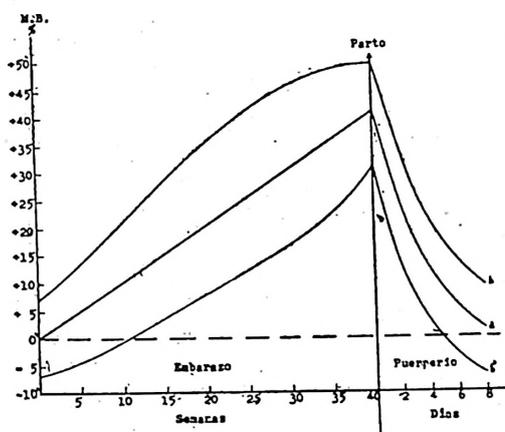


Fig. 4. Límites de la normalidad del metabolismo basal durante el embarazo y el puerperio.

(a, valores promediales; b y b', límites superior e inferior de la normalidad. Para detalles, véase el texto.)

primeros días de puerperio. Para la elaboración de esta tabla hemos utilizado los valores estimativos dados, de una parte, por la línea de regresión, y por otra, por la curva del error «standard». De acuerdo con esta misma tabla, el M. B., en la octava semana de embarazo, variará normalmente entre -10% y $+16\%$, y a término — 40 semana —, variará entre $+31\%$ y $+51\%$. He aquí por qué cierto número de embarazadas presentarán cifras «bajas» de M. B. aún ya bastante avanzado su embarazo. La figura 4, que presenta en forma gráfica los mismos datos de la tabla 4, permite una explicación más objetiva de este hecho. Si seguimos la línea que demarca el límite inferior de lo normal, encontramos que hasta la 24.^a semana de embarazo, es decir, hasta el sexto mes, habrá un cierto número de embarazadas cuyo M. B. será de apenas $+10\%$, como podría serlo de cualquier mujer normal no embarazada; pero asimismo habrá otras que normalmente tendrán hasta un $+39\%$. Por todas estas razones, si el problema no se analiza con criterio estadístico, puede llegarse a conclusiones probablemente erróneas, como

aquella de que el M. B. aumenta sólo en la segunda mitad del embarazo.

Los resultados que hemos obtenido nosotros hacen ver todo lo contrario, es decir, que el aumento del M. B. comienza tempranamente con el embarazo, lo cual, además, es bastante lógico, como trataremos de demostrar más adelante.

T A B L A I V

Valores normales del metabolismo basal durante el embarazo y el puerperio

Embarazo (en semanas)	Metabolismo basal
8	De — 1 a +16 %
10	» + 1 » +18 »
12	» + 2 » +22 »
14	» + 3 » +25 »
16	» + 4 » +28 »
18	» + 6 » +31 »
20	» + 7 » +34 »
22	» + 8 » +37 »
24	» +10 » +39 »
26	» +12 » +42 »
28	» +14 » +44 »
30	» +16 » +45 »
32	» +17 » +47 »
34	» +21 » +48 »
36	» +24 » +50 »
38	» +28 » +51 »
40	» +31 » +51 »
Puerperio (en días)	
2	De + 6 » +31 %
4	» + 4 » +24 »
6	» 0 » +16 »
8	» — 8 » +12 »

5. EL PESO, LA TENSION ARTERIAL Y LA FRECUENCIA DEL PULSO Y LA RESPIRACION DURANTE EL EMBARAZO. Aunque nuestro propósito es tratar el problema del M. B., no queremos dejar desperdiciados algunos de los otros datos recogidos en las mismas pacientes y que, por otra parte, pueden ser la base de algunas consideraciones complementarias sobre el M. B.

La tabla V contiene los datos relacionados con el peso, la estatura, la tensión arterial y la frecuencia del pulso y la respiración. En cuanto al peso, se puede observar que aumenta progresivamente en función del embarazo. Si se compara el peso promedial de las ingravidas y el peso de las embarazadas en la 36.^a semana, hay una diferencia (49'5 kg. y 58'8, respectivamente) de 9'3 kg., lo que permite prever que el aumento del peso al término del embarazo será, aproximadamente, de 10 kg.

La estatura no sufre modificación alguna, cosa explicable, desde luego. Si las pacientes han sobrepasado ya su edad de crecimiento, no hay por qué aumente la estatura correlativamente al embarazo. En aquéllas que todavía están dentro del período de crecimiento, debe haber un pequeño aumento de estatura durante los nueve meses del embarazo; pero en el grupo de nuestra investigación esta categoría de pacientes es tan pequeña que no logra modificar los resultados generales.

En cuanto a la tensión arterial y a la frecuencia del pulso y la respiración, no hemos encontrado ninguna modificación significativa imputable al embarazo. Esta circunstancia plantea otros problemas de interés. El aumento del B. M., durante el embarazo, implica un mayor consumo de oxígeno a nivel de los tejidos que están produciendo más calorías que las previstas para una mujer ingravida. ¿Gracias a qué mecanismo la sangre abastece suficientemente de oxígeno a dichos tejidos?

Hay, por lo menos, dos posibilidades: la una, de que el aumento del suministro de oxígeno se realice gracias a un aumento del volumen minuto circulatorio, y la otra, la de que los tejidos absorban de la sangre más oxígeno que de ordinario, y, consiguientemente, la sangre venosa contenga menos oxígeno y más anhídrido carbónico, lo que, a su vez, se manifestará como un aumento de la capacidad de oxigenación de la sangre a nivel del alvéolo.

En el caso de que aumentase el volumen minuto, como no hemos encontrado aumento de la frecuencia del pulso, significaría que dicho aumento se ha operado gracias a un aumento del trabajo cardíaco. Pero, ¿realmente se produce aumento del volumen minuto y en magnitud tal que por sí solo explique el aumento de suministro de oxígeno a los tejidos? Queda planteado un problema de mucho interés.

6. RELACIÓN ENTRE EL PESO Y LA SUPERFICIE CORPÓREA Y EL M. B. DE LA EMBARAZADA. Se acepta que el gasto calórico aumentará proporcionalmente a la superficie corporal. A su vez, la superficie corporal aumenta proporcionalmente al peso y a la

T A B L A V

Peso, estatura, tensión arterial, frecuencia del pulso y de la respiración durante el embarazo

1	2	3	4	5	6	7	8
Edad del embarazo (Semanas)	N*	Peso (kg.)	Estatura (mts.)	Tensión arterial		Frecuencia	
				Máxima	Mínima	Pulso	Respirac.
8	9	51'0 ± 5'8	1'51 ± 0'05	105 ± 8	70 ± 6	72 ± 8	20 ± 1
10	9	51'2 ± 6'1	1'52 ± 0'04	108 ± 9	69 ± 6	74 ± 8	18 ± 1
12	12	51'7 ± 6'6	1'50 ± 0'05	108 ± 11	69 ± 7	78 ± 7	19 ± 1
14	12	52'3 ± 6'4	1'53 ± 0'06	111 ± 12	70 ± 8	77 ± 4	19 ± 2
16	16	53'2 ± 7'1	1'52 ± 0'04	109 ± 9	69 ± 5	80 ± 5	18 ± 2

18	15	54'3 ± 6'1	1'54 ± 0'06	107 ± 14	68 ± 10	78 ± 4	18 ± 1
20	12	54'3 ± 6'0	1'52 ± 0'05	108 ± 10	69 ± 8	79 ± 5	19 ± 3
22	10	54'5 ± 5'3	1'51 ± 0'05	110 ± 8	70 ± 5	78 ± 4	19 ± 1
24	18	55'2 ± 5'8	1'52 ± 0'04	108 ± 7	69 ± 6	79 ± 5	20 ± 2
26	13	55'9 ± 3'5	1'52 ± 0'04	107 ± 9	70 ± 8	78 ± 4	19 ± 2
28	16	56'8 ± 6'0	1'53 ± 0'04	109 ± 8	71 ± 7	79 ± 6	18 ± 1
30	16	56'5 ± 6'2	1'51 ± 0'05	111 ± 12	70 ± 12	81 ± 9	20 ± 3
32	12	57'4 ± 6'3	1'51 ± 0'05	108 ± 9	70 ± 6	80 ± 4	18 ± 1
34	14	58'1 ± 6'4	1'53 ± 0'06	112 ± 8	71 ± 7	80 ± 4	19 ± 1
36	19	58'8 ± 6'3	1'53 ± 0'06	110 ± 9	70 ± 7	79 ± 5	19 ± 2

* Número de personas.
± Error standard.

estatura de los individuos, como se desprende de la clásica fórmula de Du-Bois :

$$S = P^{0.425} \times E^{0.725} \times 71.84$$

(S, superficie en m²; P, peso en kg., y E, estatura cm.)

Esta misma fórmula ha servido para la elaboración de múltiples tablas y monogramas utilizados para la rápida determinación de la superficie.

En la embarazada, a término, como se vió anteriormente, hay un aumento de peso de 10 kg. en relación a las ingravidas, sin que, desde luego, se hubiese modificado la estatura. Para una ingravida de 49.5 kg. de peso y 1.53 m. de estatura — que son las cifras promediales en el grupo estudiado —, la superficie corpórea es de 1.445 m², la misma que, a razón de 37 calorías por m², requiere de un gasto calórico de 53.5 calorías. Considerada ocomo embarazada a término, tendría un peso de 59.5 kg. y una superficie de 1.565, con un gasto calórico de 58 calorías; pero el gasto calórico experimentalmente encontrado es de 81.6 cal., o sea el 41 % más de M. B. ¿Por qué esta diferencia?

Las tablas para el cálculo del M. B. se han elaborado a base de las cifras y datos encontrados en personas «normales» — y aunque el embarazo es un fenómeno normal, no ha sido tomado en cuenta para los efectos de estos cálculos —. Estas tablas prevén un aumento de 0.12 m² de superficie cuando, sin modificar la estatura, aumenta el peso unos 10 kg. en personas que originariamente pesan 50 kg. Ahora bien, un aumento de 10 kg. de peso en individuos de 20 a 30 años de edad, quizá podría deberse a un aumento del tejido muscular, y más probablemente se debería a un aumento del tejido graso, el mismo que se distribuye más o menos uniformemente por todo el organismo, tanto, que aunque el peso ha aumentado un 20 %, la superficie corporal ha aumentado sólo el 8.3 %. Por otro lado, el tejido graso es de escaso metabolismo, y, por consiguiente, el gasto calórico debe aumentar en un pequeño porcentaje.

El caso de la embarazada a término es muy distinto. Ese aumento de 10 kg. no se distribuye uniformemente por todo el organismo. En cuanto al organismo materno, el crecimiento del abdomen implica un aumento porcentual de superficie mayor de lo que prevén las tablas, y sobre esto, lo más importante, es que más del 50 % del peso aumentado corresponde a tejidos de intenso metabolismo, como son: los tejidos del feto, los de la placenta y aún los del propio útero. Además, tanto el feto como la placenta y el útero, representan una gran «superficie» interior, que no debe ser desechada en los cálculos del gasto calórico. Efectivamente, sólo el niño recién nacido con apenas un peso de

3.012 g. tiene una superficie de 0'194 m², que significa un 50 % más del aumento de superficie de la ingrávida, que aumenta 10 kg. de peso.

En conclusión, hay razones fundamentales, desde el punto de vista fisiológico, para que aumente el gasto calórico durante el embarazo.

Podrían elaborarse nuevas tablas para el cálculo del M. B. en las embarazadas, teniendo en cuenta este aumento progresivo del gasto calórico, tablas en las que deberían establecerse, para cada semana de embarazo, límites de M. B. entre — 10 % y + 10 %; pero no son indispensables y se puede llegar a una comprensión general de que, aumentando el gasto calórico en las embarazadas y utilizando en ellas las tablas que sirven para las ingravidas, necesariamente tiene que aparecer un aumento del M. B., *aumento que, dentro de los límites ya establecidos, deberían ser considerados como normales.*

II

1. EL METABOLISMO BASAL DEL FETO. En toda célula viviente, aeróbica, se producen reacciones de oxirreducción, con consumo de oxígeno y producción de calor. En el feto, además, las contracciones cardíacas, sus movimientos intrauterinos, etc., implican trabajo muscular, y, consiguientemente, mayor gasto calórico. Que el feto requiere un cierto gasto calórico, es incuestionable. Más aún, un tejido en crecimiento consume gran cantidad de oxígeno y debe tener un M. B. elevado.

La curva de consumo del oxígeno, por parte de los embriones, es muy interesante. Bohr y Hasselbalch (6) encontraron en embriones de pollo, que en el período final de la incubación — aproximadamente durante el tercio final del tiempo de incubación —, el consumo de oxígeno era, aproximadamente, igual al del animal adulto: 900 c.c. por hora por kg. —, pero en los primeros días de incubación, el consumo era 7 a 8 veces mayor. Después de estos primeros días la curva de consumo baja bruscamente en una primera fase y luego lentamente, hasta que se estabiliza en el último tercio del período de incubación.

Más tarde, Carlyle (8), Barcroft (3) y otros, han encontrado una curva semejante en embriones de mamíferos, con la diferencia de que el consumo de oxígeno por kg. de peso de embrión es menor en aquellas especies que normalmente son de mayor talla y tienen un período fetal más largo. En los ovinos, por ejemplo, el consumo de oxígeno, por parte del feto, en las primeras semanas de evolución es, aproximadamente, 3 a 4 veces mayor que

durante el tercio final del período fetal. En este último período el consumo proporcional de oxígeno es más o menos igual al de la madre; pero, mientras en los pollos el consumo era de 900 c.c. por hora y por kg., en los ovinos no llega sino a 250 c.c. por hora y por kg. La naturaleza de este trabajo no permite entrar en los pormenores del porqué de este tipo de curva de

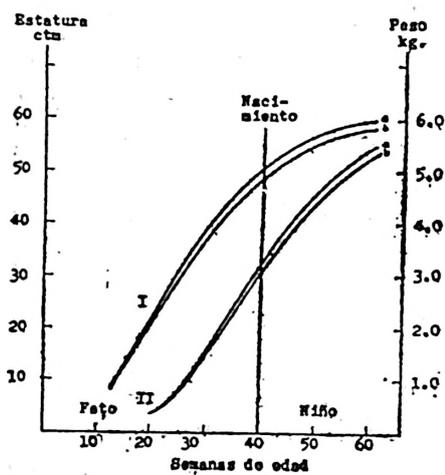


Fig. 5. Curvas del crecimiento en estatura (I) y en peso (II) del feto y el niño. (a, niños Italianos («Frontali», 20); b, niños ecuatorianos.)

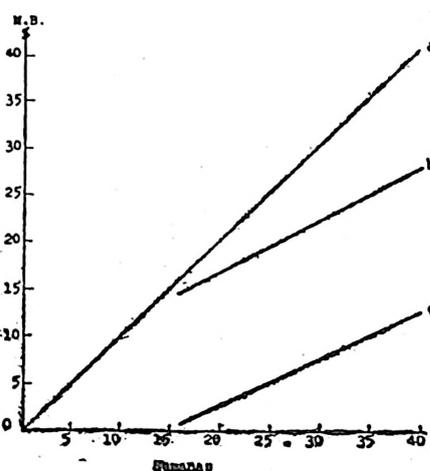


Fig. 6. Aumento del metabolismo basal durante el embarazo: a, aumento total; b, aumento que corresponde a la madre y la placenta; y c, aumento que corresponde al feto.

consumo de oxígeno y las variaciones cuantitativas, según las especies; a quienes tengan interés por este asunto remitimos a la importante obra de Barcroft (3).

En cuanto al feto humano, Needham (16) ha encontrado, de un lado, que el calor del feto proviene, hasta el tercer mes, de la oxidación de los hidratos de carbono únicamente; del tercero al séptimo mes, de los hidratos y las grasas, y del séptimo en adelante, el metabolismo es parecido al de la madre, y, consiguientemente, el cociente respiratorio es también parecido; y, por otro lado, ha encontrado que el consumo de oxígeno es muy elevado en relación al consumo de la madre; desde luego, los datos de Needham no permiten seguir la «curva de consumo», pero lo más probable, a juzgar por los datos aislados, es que también en el feto humano ha de suceder lo que en los de otros mamíferos, es decir, que el consumo de oxígeno por kg. de embrión ha de ser mayor en los dos primeros tercios del período fetal, y aproximadamente igual al de la madre, durante el último tercio.

Para nuestras subsiguientes consideraciones, partiremos entonces de esta hipótesis; más aún, consideraremos que el M. B. del feto, ya desde el quinto mes en adelante, es parecido al de la madre, es decir, con un promedio de 37 calorías por hora y m² de superficie.

2. LA SUPERFICIE CORPORAL DEL FETO Y SU GASTO CALÓRICO. Para calcular la superficie corporal, mediante la fórmula de Du-Bois, se necesita conocer el peso y la estatura del individuo. Como no existen esos datos, recogidos experimentalmente en nuestro medio, nos hemos permitido obtenerlos indirectamente, sirvién-

T A B L A
El gasto calórico del feto

1	2	3	4	5
Edad (semanas)	Estatura (cm.)	Peso (kg.)	Superf. corpor. (m. ²)	Calorías (37 × m. ² × h.)
16	15'0	0'12	0'0207	0'74
20	21'5	0'31	0'0404	1'49
24	29'0	0'58	0'0575	2'13
28	35'1	1'00	0'0935	3'46
32	40'0	1'65	0'1340	4'96
36	45'8	2'40	0'1670	6'18
40	49'5	3'01	0'1940	7'18

donos para tal objeto de los datos que trae la obra de Frontali (11), especialmente los de la tabla de Vierodt, así como los que trae la obra de Nubiola y Zárate (17), que, desde luego, concuerdan entre sí.

Frontali y otros autores han encontrado, en Italia, que el peso del recién nacido es de 3.250 g. y mide 50 cm.; en nuestro medio hemos encontrado [Apolo y Naranjo (1)], que el recién nacido pesa 3.013 g. y mide 49'5 cm. Con los demás datos del peso y estatura del feto, de los autores citados, hemos elaborado las curvas respectivas, como se ve en la figura 5, y luego, a partir de la diferencia que hay en el momento del nacimiento, entre el peso y la talla de los niños italianos y los de nuestro medio, hemos hecho las curvas para nuestro medio y obtenido los valores correspondientes del peso y la estatura, como se demuestra en la tabla VI. Finalmente, hemos aplicado la tan conocida fórmula de

T A B L A V I I

El metabolismo basal en la embarazada, deducido el gasto calórico del feto

1	2	3	4	5	7	8
Edad del embarazo (Semanas)	Gasto calórico			M. B. en %		
	Aumento total *	Aumento parcial		Aumento total **	Aumento parcial	
		Feto	Madre y placenta		Feto	Madre y placenta
16	9'04	0'74	6'30	16'48	1'35	15'13
20	11'41	1'49	9'92	20'60	2'62	17'98
24	13'72	2'13	11'59	24'72	4'28	20'44
28	16'30	3'46	12'84	28'84	6'14	22'70
32	18'50	4'96	13'54	32'96	8'85	24'11
36	20'80	6'18	14'62	37'08	11'06	26'02
40	23'20	7'18	16'02	41'20	12'70	28'50

* Aumento absoluto (en calorías) y

** Aumento relativo, entre lo teórico y el valor experimental. (Para detalles, léase el texto.)

Du-Bois y hemos obtenido la superficie corporal teórica del feto, bajo la hipótesis de que la fórmula de Du-Bois es también aplicable al feto desde su décimosexta semana de edad. Tanto estos resultados como las calorías correspondientes, a razón de 37 calorías por m² de superficie y por hora, se encuentran en la misma tabla VI.

3. EL GASTO CALÓRICO DEL FETO EN RELACIÓN AL AUMENTO DEL M. B. DE LA MADRE. Los datos anteriores ponen en evidencia que parte del aumento del M. B. encontrado en la embarazada, corresponde al feto. Interesa, pues, determinar cuánto de ese aumento corresponde al feto y cuánto corresponde a los tejidos maternos, más la placenta. La tabla VII y la figura 6 contienen estos resultados.

Se observa que hasta la décimosexta semana el gasto calórico del feto, en relación al de su madre, es tan pequeño que casi no modifica el porcentaje de aumento del M. B. encontrado en la embarazada. Pero, a partir de la décimosexta semana, el gasto calórico absoluto del feto va aumentando rápidamente, a tal punto que, al término del embarazo, del 41'2 % de aumento total del M. B., el 12'7 % corresponde al feto y sólo el 28'5 % a los tejidos de la madre y la placenta.

Es de suponer, en vista de estos datos, que en las siguientes horas del parto el M. B. debe disminuir rápidamente en el porcentaje que corresponde al niño y a la placenta, o sea en más de un 13 %, y en cuanto al porcentaje propio de los tejidos maternos, como los cambios metabólicos no son automáticos, la disminución del M. B. sería más lenta, en un período de más o menos 9 días, conforme se indicó ya anteriormente.

La figura 6 hace suponer también que, entre la evolución del embarazo y el aumento del M. B. correspondiente sólo a los tejidos maternos, debe haber una relación lineal, pero cuyo coeficiente de regresión sería menor que el de la «curva» de aumento total. Igual cosa sucedería con el gasto calórico del feto, especialmente desde la vigésima semana. En tal virtud, la regresión total del M. B. sobre el tiempo, resulta de la suma de estas dos regresiones lineales.

Conclusiones

1. Se ha investigado el M. B. en tres grupos de mujeres: ingravidas, embarazadas y puérperas. En las ingravidas se encontró que el M. B. es igual a $+ 0'42 \% \pm 6'71 \%$. En las embarazadas y puérperas se encontraron valores diferentes según la época del embarazo o del puerperio.
2. En las embarazadas, el M. B., aumenta progresivamente durante todo el embarazo. Este aumento corresponde a una regresión lineal con

un coeficiente de regresión igual a $+ 1'03$ % por semana. En tal virtud, el M. B. normal, al término del embarazo es de $+ 41'2$ % $\pm 10'1$ %.

3. Este aumento del B. M., debido al embarazo, es independiente de la edad de la embarazada.

4. En las púerperas, el M. B. hace una curva descendente. Desde la elevada cifra en la que se encuentra al término del embarazo, disminuye rápidamente en un primera fase, correspondiente a las primeras horas de puerperio, y luego disminuye con más lentitud, de manera que lo que aumenta en nueve meses de embarazo, disminuye en nueve días de puerperio.

5. Durante el embarazo y, en condiciones basales, no hay cambios significativos de la tensión arterial, de la frecuencia del pulso y la respiración. El peso, aumenta progresivamente y, hasta la trigésimosexta semana, este aumento es igual a 9'3 kg.

6. El aumento del peso y estatura del feto se ha determinado indirectamente y con aquellos datos se ha calculado su superficie corporal y el correspondiente gasto calórico.

7. Hasta la décimosexta semana de evolución, el gasto calórico del feto, es relación al de la madre, es muy pequeño (en total, menos de una caloría por hora) y el aumento del M. B. de la madre se debería entonces, al aumento del gasto calórico de sus propios tejidos. Desde la décima sexta semana de embarazo, aumenta apreciablemente el gasto calórico del feto de manera que al término del embarazo, del 41'2 % de aumento total, 12'7 % corresponden al feto y 28'5 % a los tejidos maternos y placentarios.

Summary

The B. M. is studied in three groups of normal, pregnant and puerperal women, in pregnant women a progressive increase was found, reaching its summit with a B. M. of $+ 42,2$ % $\pm 10,1$ %, independently of the mother's age.

There are no significant changes in arterial tension, pulse or respiration during pregnancy.

Until the 16th week the caloric consumption of the foetus is very small. From that date onwards same increases appreciably, reading 12,7 % corresponding to the foetus and 28,5 % to the maternal and placental tissues.

The increase and stature of the foetus are determined indirectly.

Bibliografía

1. APOLO, A. y NARANJO, P. : *Bol. Inform. Cient.* (Quito). **6** : 295, 1953.
2. BAER, K. : *Ztsch. f. Klin. Med.* **79** : 43, 1916.
3. BARCROFT, J. : *Research on Pre-natal Life*, Charles Thomas, Springfield, 1947.
4. BENEDICT, F. G., EMMES, L. T. y ROTH, P. : *Jour. Biol. Chem.* **15** : 46, 1915.
5. BENEDICT, F. G. y TALBOT, F. C. : *Carneg. Inst. of Publ.* n.º 266, 1915.
7. CARPENTER, T. M. : *Carneg. Inst. Publ.*, n.º 216, 1915.
8. CARLYLE, J. : *J. Physiol.* **104** : 35, 1946.
9. CASTEX, M. y PERALTA en CASTEX y SCHEINGART : *El Metabolismo basal en la clínica* : Aniceto López. Buenos Aires, 1929.

10. CASTEX, M. y SCHEINGART, M. : El metabolismo basal en la clínica : Aniceto López. Buenos Aires, 1929.
11. FRONTALI, G. : Manuale di Pediatria. Edizioni Minerva Medica. Torino, 1936.
12. HANNA, H. W. : *Am. Jour. of Abst. and Gyn.* **35** : 155, 1938.
13. MAGNUS LEVY, A. : *Pflügers Arch.* **55** : 28, 1893.
14. MAGNUS LEVY, A. y FALKS, W. : *Arch. f. Anath. und Physiol.* **27** : 314, 1899.
15. MURLIN, J. K. y HOBLER, B. : *Jour. of Discasses of Child.* : 12. 1915.
16. NEEDHAM, J. : Chemical Embryology, University Press. Cambridge, 1931.
17. NUBIOLA, P. y ZARATE, E. : Tratado de Obstetricia, Labor. Barcelona, 1951.
18. SANDIFORD, E. y WHEELER, T. : *Journ. Biol. Chem.* **6** : 329, 1924.
19. SONNTAG, J. : *Am. Journ. of Obst. and Gyn.* **48** : 315, 1944.
20. ZUNTS, L. : *Pflügers Arch.* **43** : 43, 1903.
21. ZUNTS, L. : *Zesch, f. Geb. un Ginäc.* **52** : 108, 1904.

