

## Reserva funcional y homeostasis en el anciano

ALBERTO VILLAZÓN-SAHAGÚN \*  
OSCAR VILLAZÓN-DAVICO

*Se efectuó un estudio comparativo de diversos índices hemodinámicos y metabólicos en enfermos de varia edad, excluyendo aquellos que presentaban padecimientos evidentes que pudieran tener influencia directa sobre los indicadores en estudio. En los sujetos mayores de 65 años se observó disminución en el transporte y el consumo de oxígeno, con moderado incremento de su extracción tisular; mayor trabajo del corazón, con menor gasto cardíaco, a niveles aumentados de pre y postcarga; moderada disminución en los índices de reserva de proteínas musculares, viscerales y de estirpe inmunológica; menor aprovechamiento del nitrógeno a un nivel de aporte calórico determinado.*

Recibido: 3 de julio de 1980.

Aceptado: 6 de abril de 1981.

Presentado en sesión ordinaria de la Academia Nacional de Medicina el 2 de julio de 1980, como parte de un simposio sobre cirugía del anciano.

\* Académico numerario.

Alberto Villazón-Sahagún y Oscar Villazón-Davico.  
Hospital Español de México.

Las células humanas se hallan en un medio extracelular, que las aísla del ambiente exterior, pero que les trasmite de él los elementos de consumo necesarios para su vida y funcionamiento. Este medio extra y pericelular fue designado por Claude Bernard como *milieu intérieur*.<sup>1</sup>

Estudios posteriores de Lusk,<sup>2</sup> Cannon,<sup>3</sup> Cuthbertson,<sup>4</sup> Albrigh,<sup>5</sup> Selye,<sup>6</sup> Moore<sup>7</sup> y más recientes de Wilmore,<sup>8</sup> Border,<sup>9</sup> Del Guercio,<sup>10</sup> Cahill,<sup>11</sup> Blackburn<sup>12</sup> y muchos otros más, han llevado a la mejor comprensión de los diversos componentes

funcionales de la homeostasis y sus complejas interrelaciones.

El medio extracelular mantiene un continuo y preciso aporte de elementos básicos: oxígeno, agua, electrólitos, hidrógeno, energéticos, macro y micronutrientes. El transporte, la distribución y la utilización de estos elementos se asegura al través de los órganos y sistemas participantes principales en la homeostasis: el pulmón, el corazón, el riñón, el hígado, la macro y la microcirculación y el sistema neuroendocrino.

Existe consenso en relacionar e integrar los mecanismos homeostáticos en tres factores fisiológicos esenciales que aseguran la vida celular.<sup>13</sup> Ellos son:

1. El transporte efectivo de oxígeno, en el cual intervienen las vías respiratorias, el corazón, el volumen circulante, los eritrocitos, la macro y la microcirculación. Es regulado principalmente por el sistema simpático-adrenérgico, por diversas sustancias vasoactivas, el vago, factores reológicos y cambios en el pH.
2. El medio interno, que comprende el agua, los electrólitos extracelulares y el ion H<sup>+</sup>. Está en íntima relación con el aparato digestivo; se encuentra regulado por el riñón, la aldosterona, la hormona antidiurética, el pulmón y por factores hemodinámicos.
2. El sistema metabólico, que mantiene la nutrición y el aporte calórico. Lo integran la absorción intestinal, las funciones hepáticas y la secreción pancreática endógena; está controlado por el hipotálamo, al través de los niveles sanguíneos de glucosa, ácidos grasos y aminoácidos.

Cada uno de estos tres módulos fisiológicos posee un órgano central (cardiorrespiratorio, hígado y riñón) y una estructura común de transporte (el medio extracelular). En cada una de ellos el sistema neuroendocrino regula, distribuye y adecua.

Las reservas funcionales para la homeostasis están íntimamente ligadas al daño anatómico de los órganos y de las estructuras vitales. En el anciano, las fallas orgánicas consecutivas a padecimientos crónicos son más frecuentes y por ello su reserva funcional es precaria. La edad biológica de un sujeto depende del grado y multiplicidad de sus alteraciones anatómicas, respiratorias, cardíacas, vasculares, hepáticas, renales y neuroendocrinas.

Evaluar la reserva funcional de estos órganos permite estimar la inminencia de la muerte, la eficiencia de la adaptación homeostática al *stress* o el riesgo quirúrgico (fig. 1). Numerosas publicaciones relacionan bien la mortalidad en la vejez con la falla orgánica solitaria o múltiple debida a enfermedades debilitantes y degenerativas,<sup>14</sup> a alteraciones físicas o fisiológicas,<sup>15</sup> en la cirugía,<sup>16</sup> al daño anatómico,<sup>17</sup> a las lesiones pulmonares,<sup>18</sup> a la arterioesclerosis,<sup>19</sup> al infarto del miocardio,<sup>20</sup> a la isquemia cerebral,<sup>21</sup> o a problemas hematoló-

Cuadro 1. Causas de muerte en 50 casos. (Porcientos).

	Insuficiencia aguda	Insuficiencia crónica
Cardiovascular	50	88
Respiratoria	65	75
Renal	48	75
Metabólica	82	52
Cerebral	20	18

gicos.<sup>22</sup> Queda claro que las fallas orgánicas, producto de enfermedades crónicas y ligadas en parte al proceso de senectud, son más frecuentes en el anciano. Sin embargo, la morbimortalidad por falla orgánica es independiente de la edad del sujeto o de su génesis crónica o aguda; depende sobre todo de su intensidad, como puede observarse en el cuadro 1. Lo fascinante y lo más difícil de mostrar es si, en ausencia de daño estructural evidente o de falla orgánica detectable, los mecanismos neuroendocrinos de la homeostasis disminuyen con la edad y son parte del envejecimiento.

Ignorándose la respuesta, se han analizado algunos parámetros extracelulares y prioritarios de la homeostasis hemodinámica y metabólica, buscando objetivar, aunque sea en forma indirecta y superficial, la influencia de la edad sobre algunos mecanismos homeostáticos.

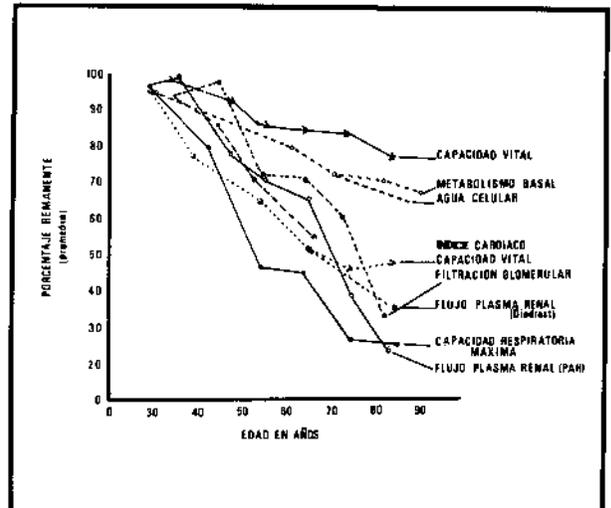


Fig. 1. Capacidad funcional según la edad. Influencia de la edad sobre la reserva funcional orgánica. Se observa disminución de las diferentes funciones a través de los años. (Tomado de: Timiras, P. S.: *Development physiology on aging*. Nueva York, The MacMillan Co. 1972, p. 566).

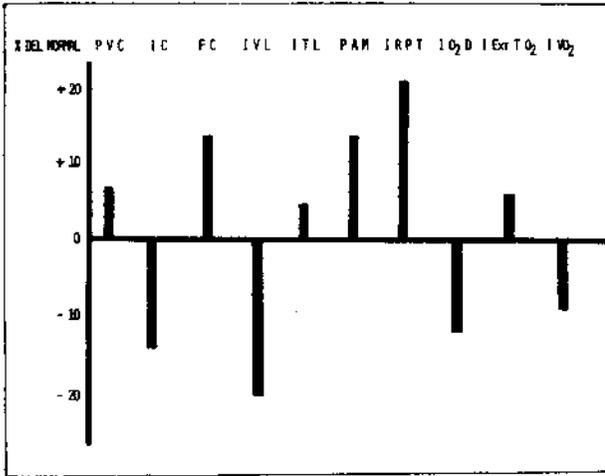


Fig. 2. Estudios hemodinámicos efectuados en 40 sujetos mayores de 65 años, sin alteración cardiorrespiratoria evidente.

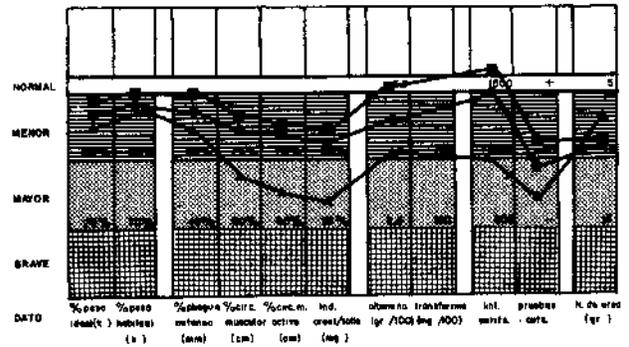


Fig. 3. Evaluación nutricional a diferentes edades. Los cuadros se refieren a sujetos menores de 50 años, los círculos a sujetos entre 50 y 65 años y los triángulos a mayores de 65 años.

### Material y métodos

1) Se efectuaron 40 estudios hemodinámicos preoperatorios en sujetos mayores de 65 años, que comprendieron las siguientes mediciones:<sup>25-26</sup>

- Frecuencia cardíaca
- Presión arterial media
- Presión venosa central
- Índice cardíaco
- Volumen/latido
- Trabajo ventricular/latido
- Resistencia periférica total
- Índice de oxígeno disponible
- Índice de extracción tisular de oxígeno
- Índice de consumo de oxígeno.

Ninguno de estos enfermos presentó alteración cardiorrespiratoria evidente en el examen cardio-

vascular preoperatorio acostumbrado. En estos 40 estudios se obtuvo el promedio y la desviación estándar y los resultados obtenidos se relacionaron con el porcentaje mayor o menor de las cifras normales (fig. 2).

2) Se efectuó una evaluación nutricional comparativa entre 30 sujetos menores de 50 años, 30 de 50 a 65 años y 30 mayores de 65 años, utilizando como indicadores el porcentaje del peso ideal; porcentaje de pérdida de peso reciente; medidas antropométricas; índice de creatinina/talla; concentración de albúmina sérica; linfocitos periféricos totales; pruebas de sensibilidad cutánea tardía y excreción urinaria de nitrógeno de urea en 24 horas.<sup>27</sup>

El estudio comprendió sujetos sin alteración metabólica, nutricional o renal evidentes (fig. 3).

3) En 387 observaciones y en función de la edad, se efectuó un estudio comparativo del balance de nitrógeno a diversos niveles de aporte y de porcentaje del gasto basal energético.<sup>25,26</sup> Se excluyeron sujetos hipercatabólicos, desnutridos, hepáticos, sépticos, diabéticos y con síndromes de absorción intestinal deficiente (figs. 4 a 6).

### Resultados y comentarios

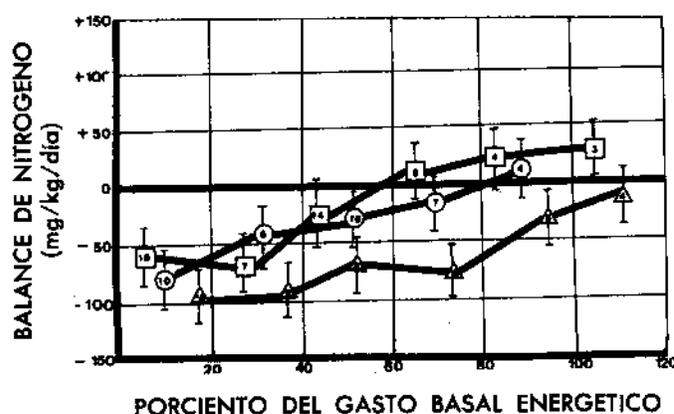
Los resultados se presentan en las figuras 2 a 6. Los índices hemodinámicos (fig. 2) muestran, por arriba de los 65 años, lo siguiente:

a) Disminución en el transporte de oxígeno. El índice de O<sub>2</sub> disponible (producto del gasto cardíaco y del contenido arterial de O<sub>2</sub>) se encuentra disminuido en 15 por ciento, en parte por disminución del índice cardíaco y por otra, debido a reducción de la presión parcial arterial de oxígeno.

- b) La disminución del volumen latido se compensa por un moderado aumento en la frecuencia cardíaca, con lo que se presenta menor índice cardíaco.
- c) La resistencia periférica total está aumentada, con incremento de la presión arterial media.
- d) La presión venosa central y el trabajo ventricular por latido se hallan aumentados.
- e) El consumo de oxígeno se encuentra disminuido, a pesar del moderado incremento de su extracción tisular.

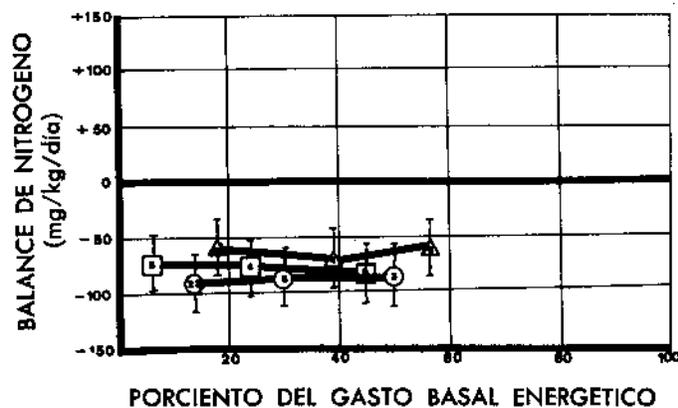
Es decir, en el anciano prevalece una depresión cardiorrespiratoria. El corazón realiza mayor trabajo por aumento de la postcarga, con rendimiento más pobre a mayor nivel de precarga. El consumo de oxígeno es menor, aunque la disminución en el transporte de oxígeno se compensa parcialmente por mejor extracción tisular.

La evaluación nutricional (fig. 3) muestra que



Menos de 50 años: □  
 50 a 65 años : ○ Cifras incluidas en las figuras.  
 Más de 65 años : △ Número de casos observados.

Fig. 4. Relación entre la edad y el balance de nitrógeno, a diversos niveles de aporte energético, cuando el ingreso de nitrógeno es inferior a 50 mg/kg/día. A este nivel de aporte energético se observa un balance de nitrógeno negativo entre 50 a 100 mg/kg/día. (G.B.E.: gasto basal energético).



Menos de 50 años: □  
 50 a 65 años : ○ Cifras incluidas en las figuras.  
 Más de 65 años : △ Número de casos observados.

Fig. 5. Relación entre la edad y el balance de nitrógeno, a diversos niveles de aporte energético, cuando el ingreso de nitrógeno varía entre 50 a 150 mg/kg/día. Los enfermos mayores de 65 años retienen menos nitrógeno que los menores de 65 años.

Cuadro 2. Pérdidas de nitrógeno a distintas edades.  
(Promedio  $\pm$  desviación estándar en 387 observaciones).

Ingreso de nitrógeno: (mg/kg/día)	< 50			50 a 150			> 150		
	0 a 40	40 a 80	0 a 40	40 a 80	> de 80	0 a 40	40 a 80	> de 80	
Porcentaje de gasto basal energético:									
Edad (años)	120 $\pm 5$ (9)	100 $\pm 2$ (6)	150 $\pm 9$ (22)	130 $\pm 4$ (19)	100 $\pm 3$ (4)	90 $\pm 6$ (4)	140 $\pm 5$ (8)	120 $\pm 5$ (13)	
< 50	120 $\pm 5$ (27)	100 $\pm 3$ (6)	165 $\pm 3$ (12)	140 $\pm 4$ (20)	90 $\pm 3$ (5)	120 $\pm 3$ (10)	120 $\pm 6$ (17)	140 $\pm 3$ (17)	
50 a 65	90 $\pm 4$ (28)	60 $\pm 1$ (10)	170 $\pm 5$ (18)	170 $\pm 5$ (30)	170 $\pm 5$ (7)	190 $\pm 3$ (10)	190 $\pm 9$ (35)	160 $\pm 7$ (50)	

( ) Número de observaciones.

en ausencia de desnutrición aguda o crónica, la reserva proteica muscular del viejo está disminuida, con moderado descenso en la producción de proteínas viscerales y en los índices inmunológicos.

El balance de nitrógeno, en relación con diversos niveles de aporte energético y proteínico, revela lo siguiente:

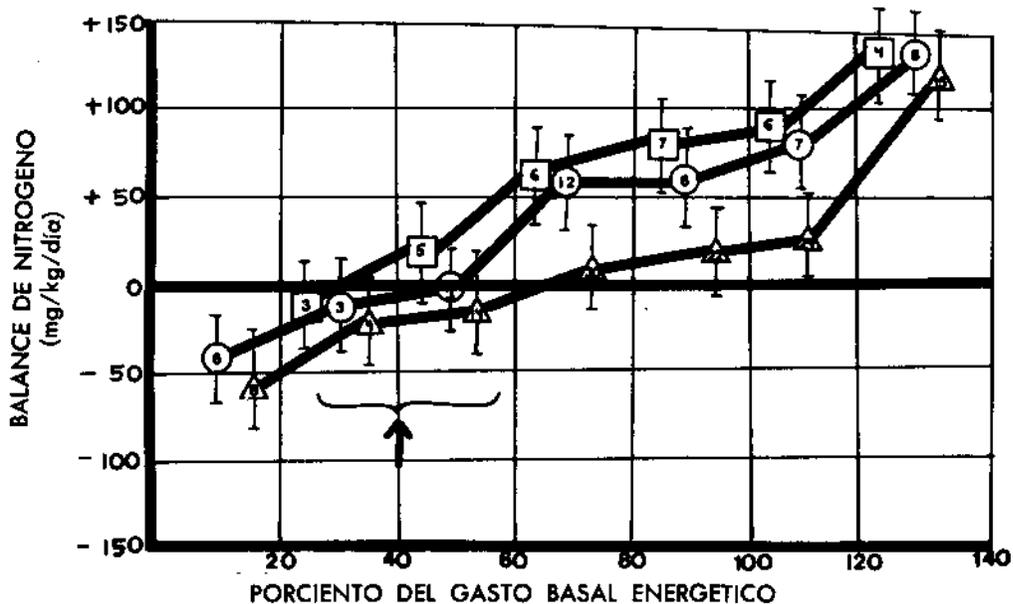
- Cuando no hay aporte exógeno de nitrógeno, el balance es negativo en los tres grupos de edad estudiados, en niveles de aporte calórico que correspondían a 20 a 60 por ciento del gasto basal energético. Esto es muy conocido: un mayor aporte calórico no logra disminuir la pérdida de nitrógeno por arriba de 1,67 a 2,50 MJ (400 a 600 Kcal<sub>th</sub> por día). Los sujetos de más de 65 años mostraron, sin embargo, menor balance negativo (fig. 4).
- Cuando se administraron 3,6 a 10,7 mmol (50 a 150 mg) de nitrógeno/kilogramo de peso/día, el balance de nitrógeno fue más negativo en el anciano, a niveles iguales de aporte energético. Los sujetos menores de 65 años logran un balance de nitrógeno neutro en los niveles correspondientes a 70 a 90 por ciento del gasto basal energético suministrado; en cambio, por encima de los 65 años de edad, un balance de nitrógeno neutro se obtiene mediante un aporte energético superior al gasto basal (fig. 5).
- Cuando se administran más de 10,7 mmol

(150 mg) de nitrógeno por kilogramo de peso y por día, los sujetos menores de 65 años logran balances de nitrógeno positivos a niveles de aporte energético de 60 por ciento del gasto basal. Los mayores de 65 años lo logran cuando el aporte es cercano a ciento por ciento de su gasto basal energético (fig. 6).

Como se ve, la homeostasis metabólica del anciano "aparentemente sano" es más precaria debido a una reserva proteica disminuida y a utilización más lenta del aporte energético o de nitrógeno.

Si sólo se analiza la excreción urinaria de nitrógeno se observa mejor la influencia de la edad sobre el aprovechamiento del nitrógeno a diversos aportes calóricos y proteicos (cuadro 2).

Cuando el aporte de nitrógeno es mínimo, la pérdida de nitrógeno a diversos niveles de aporte calórico es menor en sujetos mayores de 65 años de edad. Esto implica menor reserva proteica muscular y menor posibilidad de aprovechamiento de esta reserva para la gluconeogénesis. La administración progresiva de nitrógeno y energía disminuye gradualmente la pérdida de nitrógeno en los sujetos menores de 65 años. En cambio, por encima de los 65 años el nitrógeno administrado es menos utilizado, a niveles similares de ingesta. Esto se explica por la menor capacidad anabólica a la síntesis proteica disminuida en el anciano, lo que retarda la reparación tisular y la restitución del déficit nutricional.



Menos de 50 años: □  
 50 a 65 años : ○  
 Más de 65 años : △

Cifras incluidas en las figuras.  
 Número de casos observados.

Fig. 6. Relación entre la edad y el balance de nitrógeno, a diversos niveles de aporte energético, cuando el ingreso de nitrógeno es superior a 150 mg/kg/día. Se logran balances de nitrógeno positivos, incluso en los enfermos mayores de 65 años.

#### REFERENCIAS

- Bernard, C.: *Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme*. Paris, J. B. Ballière et Fils. 1859.
- Lusk, G.: *The elements of the science of nutrition*. Filadelfia, W. B. Saunders Co. 1906.
- Cannon, W. B.: *Bodily changes in pain, hunger, fear and rage*. 2a. ed. Nueva York, D. Appleton and Co. 1929.
- Cuthbertson, D. P.: *The disturbance of metabolism produced by injury with notes on certain abnormal conditions of bone*. *Biochem. J.* 24:1244, 1930.
- Albright, F.: *Cushing's syndrome and its connection with the problem of the reaction of the body to injury*. *Harvey Lect.* 38:123, 1943.
- Selye, H.: *General adaptation syndrome and diseases of adaptation*. *J. Clin. Endocrinol.* 6:117, 1946.
- Moore, F. D.: *Metabolic care of the surgical patient*. Filadelfia, W. B. Saunders Co. 1959.
- Wilmore, W.: *Hormonal responses and their effect on metabolism*. *Surg. Clin. N. A.* 56:999, 1976.
- Border, J. R.; Chenier, R.; McMenamy, R. H.; LaDuca, J.; Scibel, R.; Birkhahn, R. y Yu, L.: *Multiple systems organ failure: muscle fuel deficit with visceral protein malnutrition*. *Surg. Clin. N. A.* 56:1147, 1976.
- Del Guercio, L. M. y Cohn, J. D.: *Monitoring methods and significance*. *Surg. Clin. N. A.* 56:977, 1976.
- Cahill, G. F.: *Starvation in man*. *New Engl. J. Med.* 282:668, 1970.
- Blackburn, G. L.; Flatt, J. P.; Clowes, G. H. A. y O'Donnell, T. F.: *Peripheral intravenous feeding with isotonic amino acid solutions*. *Am. J. Surg.* 125:447, 1973.
- Villazón, A.: *Evaluación del enfermo quirúrgico de riesgo alto*. México, CECSA, 1976.
- Powers, J. H.: *Coexisting debilitand and degenerative diseases: preoperative investigation and management of elderly patients*. En: *Surgery of the aged and debilitates patient*. Powers, J. H. (Ed.) Filadelfia, W. B. Saunders Co. 1968, p. 205.
- Lewin, I.; Lerner, A. G.; Green, S. H. y Del Guercio, L. R. M.: *Physical class and physiologic status in prediction of operative mortality in the aged sick*. *Ann. Surg.* 174:217, 1971.
- Mithoefer, J. y Mithoefer, J. C.: *Studies of the aged surgical mortality*. *Arch. Surg.* 69:58, 1954.
- Monroe, R. T.: *Disease in old age: a clinical and pathological study of 7941 individuals over 61 years old age*. Cambridge, Harvard University Press. 1951.
- Delp, M. H. y Manning, R. T. (Eds.): *Major's Physical diagnosis*. 7a. ed. Filadelfia, W. B. Saunders Co. 1968, p. 93.
- Nachlas, M. M.; Abrams, S. J. y Goldberg, M. M.: *The influence of arteriosclerotic heart disease on surgical risk*. *Am. J. Surg.* 101:447, 1961.
- Hannigan, S. A.; Wroblewski, F.; Lewis, W. H. y LaDue, J. S.: *Major surgery in patients with healed myocardial infarction*. *Am. J. Med. Sci.* 222:628, 1951.
- Marshall, J.: *The management of cerebro-vascular disease*. Londres, Churchill, 1968.
- Ambrus, J. L. y Mittelman, A.: *Hematologic management of the aged and high risk surgical patient. The aged and high risk surgical patient*. Nueva York, Grune & Stratton. 1976, p. 211.
- Siegel, J. H. y Del Guercio, L. R. M.: *Hemodynamic assessment of the critically ill patient*. *Cardiologia* 51: 980, 1973.
- Shoemaker, W. C. y Reinhard, J. M.: *Tissue perfusion defects in shock and trauma states*. *Surg. Gynec. Obstet.* 137:980, 1973.
- Villazón, A.; Guevara, M. y Sierra, A.: *Cuidados intensivos en el enfermo grave. Estudio sistematizado del enfermo en shock*. México, CECSA. 1973, p. 358.
- Villazón, A.; Sierra, A.; López-Soriano, F. y Medina, R. A. T.: *Hemodynamic patterns in shock and critically ill patients*. *Crit. Care Med.* 3:215, 1975.
- Villazón, A.: *Evaluación nutricional del enfermo quirúrgico*. *Cir. y Ciruj.* (Méx.) (En prensa).
- Elwin, T. H.: *Nutritional requirements of adult surgical patients*. *Crit. Care Med.* 8:9, 1980.
- Bozetti, F.: *Parenteral nutrition*. *Surg. Gynec. Obst.* 142:16, 1976.