

## Nutrición, deporte y obesidad

---

Dr. Ramón Segura Cardona

Catedrático y Director del Departamento de Ciencias Fisiológicas de la Facultad de Medicina,  
Universidad de Barcelona

---

---

### RESUMEN

La consecución de un adecuado mantenimiento, crecimiento y desarrollo del organismo se hace preciso el aporte de una correcta cantidad de materia y energía. Teniendo en cuenta que el crecimiento corporal no tiene lugar de una manera uniforme en los distintos estadios de la vida, los nutrientes deben adaptarse a cada uno de ellos. De otra parte si al gasto energético habitual y necesario para la subsistencia y desarrollo, se añade la práctica deportiva ésta crea unas mayores exigencias que deben cubrirse con una dieta ajustada a éstas. Por el contrario una ingesta excesiva de nutrientes, en el contexto de hábitos de vida sedentarios, provocan el cuadro clínico de obesidad, de tanta importancia en la etiología de procesos patológicos graves.

Ateniéndose a estas consideraciones al autor hace un detallado estudio de los efectos beneficiosos del ejercicio físico, así como de las características de la dieta en función del tipo de ejercicio físico.

---

### RESUM

Per a la consecució d'un adient manteniment, creixement i desenvolupament de l'organisme, és necessària l'aportació d'una correcta quantitat de matèria i energia. Tenint en compte que el creixement corporal no s'esdevé d'una manera uniforme al llarg dels diferents estadis de la vida, els nutrients han d'adaptar-se a cada un d'aquests estadis. D'altra banda, si al consum energètic habitual i necessari per a la subsistència i el

desenvolupament, s'hi afegeix la pràctica esportiva, aquesta crea unes majors exigències que cal cobrir amb una dieta que s'hi ajusti. Altrament, una ingesta excessiva de nutrients en un context d'hàbits de vida sedentària provoquen el quadre clínic d'obesitat, de tanta importància en l'etiologia de processos patològics greus.

Atenint-se a aquestes consideracions, l'autor fa un estudi detallat dels efectes beneficiosos de l'exercici físic, així com de les característiques de la dieta en funció del tipus d'exercici.

---

### SUMMARY

In order to attain adequate maintenance, growth and development of the organism, the correct amount of matter and energy is essential. Taking into account that bodily growth does not take place evenly in the different stages of life, the nutrients should be adapted to each of these. Furthermore, if to the normal expenditure of energy necessary for subsistence and development the practise of sport is added, this creates greater requirements which should be covered by an appropriate diet. On the other hand, an excessive ingestion of nutrients in the context of a sedentary life style leads to the clinical pattern of obesity, of such importance in the aetiology of serious pathological processes.

Guided by these considerations, the author makes a detailed study of the beneficial effects of physical exercise, as well as the characteristics of diet in accordance with the type of exercise.

El hombre constituye un sistema termodinámico abierto a través del cual debe existir un flujo continuo de sustancias, que procedentes del mundo que nos rodea, proporcionan los compuestos adecuados y la energía necesaria para mantener la estructura y la función del cuerpo; bajo la apariencia de un cierto inmovilismo, el organismo está en constante renovación y dinamismo. Las sustancias incorporadas del exterior sirven para suministrar la energía necesaria para las múltiples reacciones y procesos que tienen lugar en nuestro cuerpo; para mantener, conservar, regenerar e incrementar las diversas estructuras corporales y, por último, para sintetizar los elementos necesarios en la regulación, control y armonización de las diversas actividades del conjunto celular.

Los alimentos que debemos incorporar del exterior pueden ser asignados a alguno de los siguientes tipos de compuestos: hidratos de carbono, lípidos, proteínas, vitaminas, minerales y agua. El oxígeno, compuesto esencial para la actividad celular, no es considerado como un alimento, quizás porque su captación se realiza a través del aparato respiratorio y porque, a diferencia de los otros tipos de compuestos, debe ser suministrado de manera continua, sin posibilidad de almacenarse en cantidades apreciables en nuestro organismo.

## Necesidades diarias de alimentos

Los individuos en edad escolar requieren un aporte mínimo diario de alimentos que cubra las necesidades de mantenimiento y renovación y permita, además, el normal crecimiento y desarrollo del organismo. En el niño o joven que, practica algún tipo de deporte o realiza alguna actividad física complementaria hay que contemplar, además, el adecuado suplemento energético y material que le permita satisfacer las correspondientes demandas funcionales así como la adaptación de su maquinaria contráctil al tipo de ejercicio a realizar.

El aporte *energético* mínimo, diario, a partir de los 10 años es de 45 kilocalorías (45 Calorías) por kilogramo de peso para los niños y de 38 kilocalorías por kilogramo de peso para las niñas. (Para los niños de edades comprendidas entre los 4 y los 10 años se recomienda un aporte mínimo diario de 80 kilocalorías por kilogramo de peso). Las cifras indicadas constituyen, en cualquier caso, valores de referencia sobre los cuales hay que llevar a cabo los adecuados ajustes individuales; mientras que unos individuos requerirán un aporte superior, otros podrán pasar perfectamente con una ingesta calórica inferior. Por otra parte, dado que el crecimiento corporal no se produce de manera uniforme, las necesidades serán distintas durante los periodos de crisis o de crecimiento

rápido a las existentes durante las fases de crecimiento lento.

El crecimiento y desarrollo alcanzados por un individuo determinado están condicionados por factores genéticos así como por el entorno físico, psicológico y cultural en que se mueve. Los alimentos, que suministran los nutrientes adecuados, son esenciales en cuanto permiten expresar las capacidades del individuo en relación con su desarrollo psicobiológico; por otra parte, el hecho de comer, de alimentarse, condiciona, en gran medida el desarrollo psicosocial del individuo. Un ambiente inadecuado, desde el punto de vista nutritivo, puede comportar el bloqueo o el retraso en ciertas facetas del crecimiento y del desarrollo, no sólo en el aspecto físico (tamaño, desarrollo muscular,...) sino también, y de manera muy marcada, en los aspectos intelectual, emocional y afectivo.

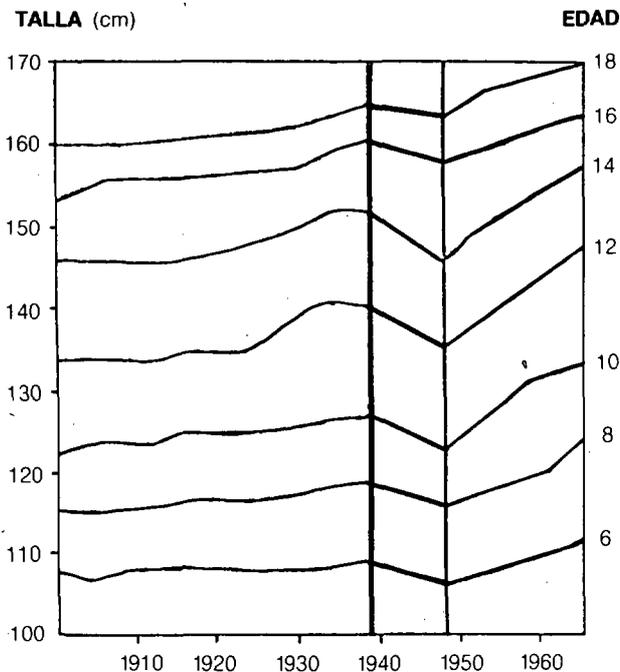
El crecimiento corporal tiene lugar de manera continuada, pero no uniforme, desde la infancia hasta la edad adulta. De manera esquemática, existe un periodo de crecimiento rápido que tiene lugar durante los primeros meses de vida, en el transcurso de los cuales el niño dobla su peso, y, más tarde, otro periodo de crecimiento rápido que discurre durante la época de la adolescencia. El pico o crisis de crecimiento de la adolescencia ocurre habitualmente entre los 10 y los 13 años, en las niñas, y entre los 13 y los 16 años, en los niños, si bien pueden darse grandes variaciones individuales. Durante este periodo, las niñas pueden llegar a crecer, por término medio, 7,5 cm por año mientras que los chicos pueden hacerlo a un ritmo de 10 cm por año.

La onda de crecimiento se produce en todas las direcciones: en la longitud y el peso de los huesos, en el tamaño de la masa muscular, en los depósitos de grasa, en la envergadura o anchura de los hombros en los chicos, en la anchura de las caderas en las chicas, en el acelerado desarrollo de los genitales, etc...

Para garantizar el adecuado crecimiento del niño o del adolescente no basta con asegurar una ingesta correcta de calcio, aspecto aceptado ya por todo el mundo, sino que es necesario asimismo asegurar el correspondiente aporte de proteína, tanto en cantidad como en calidad, para que el hueso alcance su correcto desarrollo antes del proceso de calcificación. Cuando los nutrientes, aportados por la sangre, son inadecuados para permitir el óptimo desarrollo de los huesos, de manera particular de los largos, se alcanzará una menor talla, sin que por ello deban aparecer forzosamente signos de desnutrición.

El pico de crecimiento de la adolescencia puede alterarse en casos de restricción alimentaria. La evolución en la estatura de los japoneses, desde comienzos de este siglo, muestra un notable paralelismo con las restricciones alimenticias

impuestas, sobre todo, por la segunda guerra mundial, sugiriendo que los adolescentes son más susceptibles que los niños más jóvenes a la limitación de alimentos y que, por otra parte, responden de una forma más marcada que éstos cuando mejoran la cantidad y la calidad de los mismos, como ocurrió durante los años de la posguerra.



**Evolución en la talla media de los escolares japoneses Desde 1900 hasta 1965**

El aporte de una cantidad correcta de calorías es esencial para que no se interrumpa el normal crecimiento y desarrollo del organismo. Si el aporte calórico es insuficiente, los aminoácidos son desviados hacia el metabolismo energético, en lugar de ser utilizados en la síntesis de proteínas y, por tanto, en la formación y crecimiento de tejidos. Un déficit de tan solo 10/kcal/kg/día puede dar lugar a importantes alteraciones en el crecimiento corporal. Por otra parte, la ingesta de alimentos debe adaptarse a cada caso en particular dado que el crecimiento y desarrollo corporales se producen con ritmos distintos en los diferentes individuos, como lo prueban las gráficas que siguen en las cuales se comparan los incrementos en la talla con el total de calorías ingeridas entre los niños con una crisis de crecimiento precoz y aquellos con un crecimiento más tardío.

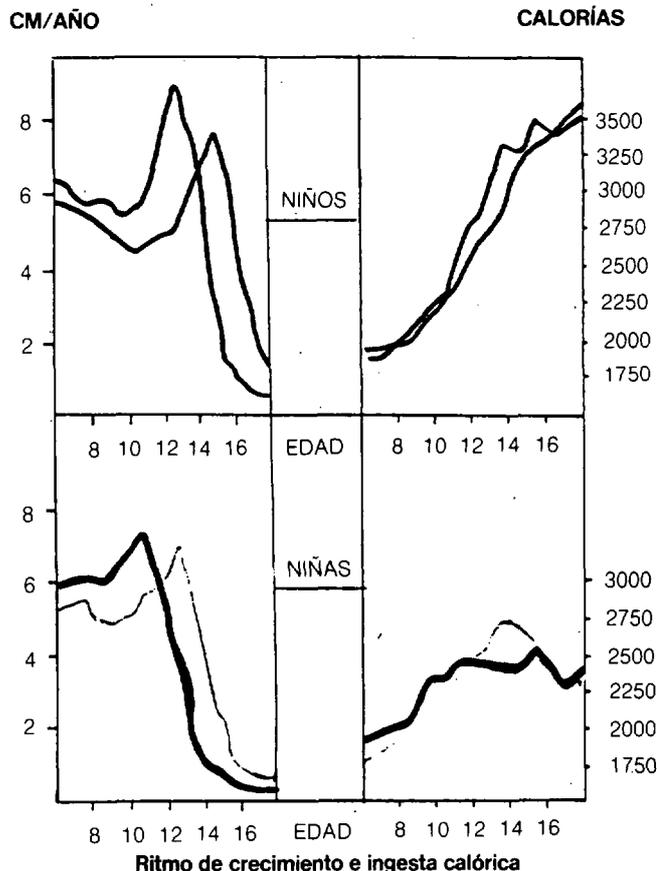
Una dieta equilibrada para el individuo en edad escolar debe comprender, además, un aporte correcto de proteínas. Las necesidades de proteína de los niños y adolescentes son superiores, proporcionalmente, a las de los adultos dado que su organismo está en pleno crecimiento y expansión requiriendo, por tanto, mayor cantidad de aminoácidos para la formación de nuevos tejidos.

El aporte proteico mínimo, diario, es de 1.5 g/kg

de peso para los niños de 4 a 6 años, disminuyendo luego paulatinamente hasta la proporción recomendada para un adulto, o un joven de 18-20 años, que es del orden de 0.8 g/kg/día.

Los alimentos ricos en proteína son la leche y derivados, la carne, el pescado, los huevos,... sin olvidar los cereales y las legumbres. Cuando las calorías se obtienen fundamentalmente a partir de los hidratos de carbono, sobre todo en forma de pasteles, caramelos, bebidas edulcoradas, etc..., puede producirse un desequilibrio en el suministro de aminoácidos, tanto cuantitativa como cualitativamente.

Al calcular la cantidad de proteína que es necesario ingerir como mínimo cada día hay que tener en cuenta que las proteínas no constituyen un conjunto homogéneo, como los hidratos de carbono o, hasta cierto punto, los lípidos. Las proteínas liberan, por hidrólisis, unos veinte aminoácidos distintos cada uno de los cuales presenta su particular dinámica de absorción y de utilización; por otra parte, la proporción en que se hallan los distintos aminoácidos varía de una proteína a otra siendo, a este respecto, particularmente significativa la riqueza en aminoácidos esenciales, no sintetizables por el organismo, que posea cada una de ellas.



**Ritmo de crecimiento e ingesta calórica**

En el caso de las proteínas no solamente debe asegurarse, por tanto, un mínimo en cantidad sino también en calidad. La falta o déficit de un ami-

## Aporte mínimo diario

EDAD	SEXO	ENERGÍA	PROTEÍNA
		KCAL	G
4 - 6 años	niños y niñas	1.700	30
6 - 10 años	niños y niñas	2.400	34
11 - 14 años	chicos	2.700	45
15 - 18 años	chicos	2.800	56
11 - 14 años	chicas	2.200	46
15 - 18 años	chicas	2.100	46

noácido esencial perturba la síntesis de proteínas y altera, en consecuencia, el normal mantenimiento y desarrollo del organismo. Es importante tener en cuenta que, dado que el organismo no dispone de órganos o lugares donde almacenar los aminoácidos, es preciso que en cada comida se produzca un aporte equilibrado de los distintos aminoácidos esenciales. La falta de tan solo uno de ellos en la comida impedirá el ensamblaje en los cuerpos proteicos de los restantes aminoácidos que, al encontrarse en exceso en relación con la utilización que en aquel momento se hace de los mismos en los procesos de biosíntesis, serán desviados hacia el metabolismo energético, desapareciendo de la circulación. Aunque, más tarde, se aporte el aminoácido deficitario no servirá ya para la biosíntesis de proteínas al faltar el resto de los elementos necesarios, esenciales.

En conjunto, cada individuo requiere la ingestión de una serie de alimentos que aseguren, como mínimo un aporte suficiente de calorías y, a la vez, un adecuado suministro de aminoácidos esenciales y de compuestos nitrogenados, necesarios para la correcta síntesis de proteínas. A título de orientación, se indican, a continuación, los mínimos necesarios en relación con la edad y el sexo de los individuos en edad escolar.

### Nutrición y deporte en la edad escolar

En el atleta o deportista en edad escolar, además de los aspectos generales apuntados más arriba, deben tenerse en cuenta los requerimientos específicos que comporta la práctica de un ejercicio físico, más o menos intenso y regular.

#### Suministros de líquidos

El aporte de una cantidad adecuada de líquidos es esencial para la salud y las actividades del joven atleta.

El agua, gracias a su elevado calor específico, absorbe gran cantidad de calor y evita que la temperatura corporal alcance valores peligrosos, incompatibles con un correcto funcionamiento del organismo. Debido a su gran capacidad amorti-

guadora, su elevado calor latente de vaporización y su notable conductividad térmica, el agua es el medio ideal a través del cual nuestro organismo se desprende del exceso de calor y mantiene una temperatura casi constante.

El trabajo muscular provoca un gran dispendio de energía la cual aparece más tarde en forma de calor y determina que el atleta deba eliminar, por sudoración, grandes cantidades de agua. Si el líquido perdido no es reemplazado inmediatamente se produce deshidratación, aumento de la temperatura corporal y, eventualmente, colapso circulatorio. El rendimiento físico empieza a disminuir cuando el organismo ha perdido alrededor del 3% del agua total, razón por la cual deben suministrarse líquidos de manera frecuente e intermitente durante la práctica deportiva.

Habitualmente, basta con suministrar agua normal; si se utilizan disoluciones glucosadas, o salinas, es necesario que éstas no contengan más de 2 a 5 gramos de glucosa por decilitro y que su contenido en sodio sea inferior a 10 mEq/L y en potasio inferior a 5 mEq/L. La mayor parte de las bebidas salinas empleadas en la práctica contienen concentraciones superiores de dichos elementos, por lo que deben ser diluidas con agua potable en el momento de su utilización.

Conviene tener en cuenta que la ingestión de glucosa, en el momento del ejercicio, puede dar lugar a un incremento en la secreción de insulina lo cual puede inducir un cierto grado de hipoglucemia y, al mismo tiempo, una menor liberación de ácidos grasos, combustible fundamental para la contracción muscular. Por otra parte, la ingestión de sal no es recomendable dado que, en la mayoría de los casos, no existe un déficit de sodio; en cambio, la ingestión de tabletas de sal puede favorecer un estado de deshidratación, si no se acompaña de una adecuada ingestión de líquidos.

#### Aporte de nutrientes

Además de un correcto balance hidrosalino, es necesario que el joven atleta disponga de un adecuado suministro de los diversos principios inmediatos, tanto en cantidad como en calidad. La

dieta debe asegurar el perfecto crecimiento y desarrollo del atleta, condiciones esenciales para conseguir los objetivos fundamentales de la práctica deportiva.

La cantidad de *calorías* necesarias para satisfacer las demandas del joven atleta dependen del tipo, intensidad y duración del ejercicio a realizar, así como de la destreza y grado de entrenamiento del individuo. Durante las épocas de intensa actividad, en deportes como el fútbol, el esquí de fondo, las carreras de fondo..., un atleta puede requerir casi el doble de las calorías que necesita un individuo normal, sedentario, de su misma talla y peso. En algunos casos se han llegado a ingerir dietas con un contenido energético equivalente a las 6000 calorías al día, para lo cual es necesario suplementar la dieta habitual con alimentos de elevado valor calórico.

Las necesidades de *proteína* del niño o adolescente que hacen deporte no son significativamente diferentes de las de sus compañeros no deportistas. Sin embargo, durante las épocas de entrenamiento y competición se produce un incremento en el tamaño de la masa muscular, así como en la volemia, todo lo cual requiere un aporte superior de aminoácidos. Cuando el ejercicio es muy intenso y el individuo suda profusamente se produce, además, una pérdida adicional de proteínas por la piel pudiendo aparecer incluso, en algunos individuos, proteinuria y hemoglobinuria. Los alimentos ingeridos deben asegurar la cobertura de los parámetros indicados en la siguiente tabla.

El atleta que consuma 3000 calorías al día debe recibir entre el 10 y el 15% de las mismas en forma de proteína, lo cual requiere el aporte, a título de ejemplo, de los siguientes tipos y cantidades de alimentos: 1 litro de leche (32 g), 130 g de carne (28 g), 6 rebanadas de pan (12 g) y una patata (3 g). De hecho, la mayor parte de los atletas, así como de la población en general, consumen mucha más proteína de la que en realidad necesitan. No conviene olvidar que, cuando se sospecha que puedan aparecer problemas por deshidratación, una comida excesivamente rica en proteínas puede dar lugar a un incremento en la excreción de nitrógeno por la orina, complicando todavía más el trastorno hídrico-electrolítico.

En cuanto a las *vitaminas*, conviene recordar que el aumento de la actividad metabólica comporta un mayor consumo vitamínico, de manera especial de los componentes del grupo o complejo B.

Los *minerales* que deben ser tenidos en cuenta, en relación con la práctica deportiva, son el sodio, el potasio y el hierro.

El sodio y el potasio perdidos con el sudor deben ser sustituidos adecuadamente por medio de la ingestión de bebidas ricas en los mismos. El cloruro sódico puede ser aportado a través de los

alimentos sazonados al gusto. Durante la realización de ejercicios intensos, en un ambiente cálido y húmedo, se puede perder gran cantidad de potasio que debe ser aportado a través de la ingestión de bebidas y alimentos ricos en dicho elemento como son la leche, el queso, el yogurt, la carne, el pollo, la fruta (los avocados son frutas especialmente ricas en potasio), las legumbres, los frutos secos, etc....

Dado el papel que posee el hierro para el mantenimiento de una buena función y de un buen "status" corporal, es necesario vigilar los niveles de este elemento y asegurar un mínimo diario. Este aspecto es particularmente importante en las adolescentes, en las cuales las pérdidas de sangre durante la menstruación, obligan a vigilar todavía más este parámetro y a garantizar una dieta rica en dicho elemento que incluya, por ejemplo, carne, vegetales y frutos ricos en hierro, además del adecuado suplemento de ácido ascórbico para facilitar su absorción.

## NECESIDADES DIARIAS DE PROTEÍNA DE UN JOVEN DEPORTISTA

(Individuo de 70 kg de peso)

Requerimiento	Cantidad
Sustitución del nitrógeno perdido por la orina, las heces, la piel y otros lugares	24.5 g
Suplemento de un 30% para satisfacer las variaciones individuales	7.5 g
Sustitución del nitrógeno perdido por el sudor después de cuatro horas de entrenamiento	7.5 g
Aporte adicional de aminoácidos para asegurar el adecuado desarrollo de masa muscular	7.5 g
Aporte adicional de proteína para garantizar el adecuado crecimiento y desarrollo corporal	10.0 g
Cantidad suplementaria para el individuo muy desarrollado	10.0 g
<b>TOTAL</b>	<b>67.0 g</b>

## Nutrición, ejercicio físico y obesidad

En nuestras latitudes no existen problemas de desnutrición sino, más bien, de nutrición desequilibrada y, en muchísimos casos, excesivamente rica en calorías, lo cual da lugar a obesidad, con su patología asociada.

Nuestro organismo mantiene un equilibrio o ajuste perfecto entre la ingesta y la utilización de las calorías incorporadas con los alimentos. Este hecho, aceptado por todo el mundo como algo natural y relativamente simple, constituye, en realidad, un fenómeno asombroso y digno de mejor consideración; lo sorprendente no es que haya algunos individuos que sean obesos y otros que,

por el contrario, sean extremadamente flacos, sino el que la mayoría de las personas posean un peso corporal cuyos valores están comprendidos dentro de estrechos límites, con variaciones muy discretas a lo largo de los años. Todo ello sugiere que el peso corporal debe estar sujeto a un fino mecanismo de control, perfectamente ajustado a las circunstancias del individuo, como lo prueba el simple cálculo de las calorías ingeridas por un individuo determinado durante algunos años comparadas con las variaciones de peso experimentadas por el mismo durante idéntico período de tiempo.

Un individuo normal, de 25 a 50 años de edad, consume unas 2700 calorías al día, por término medio, por lo que el aporte calórico total será de unas 985.500 calorías al año. Basta con que el ajuste entre ingesta y consumo deje de ser perfecto, y se produzca un pequeño desequilibrio, para aumentar o reducir de manera notable las reservas energéticas del organismo. Así, un error de tan solo el 6% en el balance energético dará lugar a la retención o ahorro de unas 60.000 calorías y, en consecuencia, al acúmulo de 7.5 kg de grasa al año (más de medio kilogramo cada mes). Para tener una idea de lo que esto representa, conviene recordar que un kilogramo de tejido adiposo suministra alrededor de 8000 calorías, por lo que la cantidad de energía disponible por parte de algunos individuos (con más de 30-40 kg de grasa) es realmente impresionante. En cualquier caso, cuando hay exceso o superávit de energía, en relación con su utilización, el organismo la guarda o almacena, en forma de grasa, en el tejido adiposo, fundamentalmente. La obesidad aparece, por tanto, y básicamente, como resultado de un desequilibrio en el balance energético.

La obesidad constituye una amenaza para la salud del individuo y una limitación importante para su bienestar. La obesidad es de presentación y de distribución lo suficientemente amplia y generalizada para que deba ser considerada como uno de los problemas médicos y de salud pública más importantes de nuestro tiempo, tanto si se tiene en cuenta su repercusión sobre la esperanza de vida del individuo como la elevada morbilidad y carga social que lleva aparejada.

La prevalencia de la obesidad en la población, en general, así como entre la población infantil y juvenil, está aumentando día a día siendo, precisamente, la obesidad que se origina en la infancia la que reviste mayor gravedad y es más difícil de corregir. Todos los datos de los que disponemos hasta el momento sugieren que la obesidad que aparece en la infancia, la niñez o la adolescencia tiende a persistir durante la vida adulta.

Los individuos obesos presentan una tasa de mortalidad superior a la de sus homólogos de igual sexo y edad, debido a la mayor incidencia en ellos de enfermedades de carácter crónico, a

excepción de la tuberculosis. (Es interesante notar que, entre los obesos, la tasa de mortalidad por suicidio es inferior a la de la población en general). Se calcula que si se curaran las enfermedades cancerosas, la expectativa de vida para la población en general aumentaría unos dos años, mientras que si se eliminara la obesidad la esperanza de vida se incrementaría en unos cuatro años.

## TASA RELATIVA DE MORTALIDAD EN LOS INDIVIDUOS OBESOS EN COMPARACIÓN CON LA DE LOS INDIVIDUOS NORMALES

PATOLOGÍA	HOMBRES	MUJERES
Diabetes .....	3.83	3.72
Cirrosis hepática .....	2.49	1.47
Apendicitis .....	2.23	1.95
Colelitiasis .....	2.06	2.84
Nefritis crónica .....	1.91	2.12
Hemorragia cerebral .....	1.59	1.62
Enfermedad isquémica miocárdica ..	1.42	1.75
Accidentes de circulación .....	1.31	1.20
Enfermedades neoplásicas .....	0.97	1.00
Suicidio .....	0.78	0.73
Tuberculosis .....	0.21	0.35

En los niños y adolescentes la obesidad, salvo raras excepciones, no da lugar a problemas orgánicos graves pero, en cambio, puede ser causa de importantes traumas y perturbaciones de carácter psicológico. Durante la efervescencia emocional de la adolescencia es cuando se fragua y constituye la imagen corporal que tiene de sí mismo el individuo; el adolescente obeso se ve como deforme y falta de atractivo, persistiendo esta imagen durante el resto de su vida aunque, luego, adelgace y mantenga un peso normal. En muchos casos, los niños y adolescentes obesos son vituperados, despreciados o infravalorados por sus compañeros más estilizados, lo cual puede influir poderosamente en el grado de auto-estima personal y de valoración profesional y social del propio individuo.

### Fisiopatología de la obesidad

Existen tres razones por las cuales un individuo puede llegar a engordar:

- 1) la ingesta calórica aumenta, sin variar el gasto energético
- 2) la ingesta calórica no varía pero disminuye o se reduce el gasto energético
- 3) la ingesta calórica aumenta, al tiempo que se reduce el gasto energético

De acuerdo con los tres supuestos enunciados, es absolutamente necesario determinar y conocer los factores que intervienen e influyen sobre los procesos que regulan y determinan la cuantía de

la ingesta, por una parte, y los que regulan el consumo o gasto energético, por otra. El hecho de que, con un mismo nivel de ingesta calórica, unos individuos engorden y otros no, nos obliga a analizar los distintos factores que regulan o condicionan el gasto energético total del individuo y a valorar, de manera especial el papel del ejercicio físico en este contexto.

La energía aportada de manera inmediata con los alimentos, o bien la almacenada en las reservas corporales, se consume a través de los siguientes procesos:

- a) actividad metabólica basal
- b) ejercicio físico
- c) acción dinámica-específica de los alimentos
- d) termogénesis
- e) consumo superfluo a través del funcionamiento "en vacío" de diversos ciclos metabólicos

### **Metabolismo basal**

El metabolismo basal representa la energía utilizada en condiciones de relajación mental y neuromuscular, después de un período de 12 horas de ayuno, y en condiciones ambientales de neutralidad térmica. El metabolismo basal corresponde a aquella fracción de la energía empleada en las actividades de tipo biosintético (como la formación de proteínas, la síntesis de fosfolípidos), el mantenimiento de la integridad celular con el funcionamiento de los sistemas de transporte iónico, el trabajo mecánico correspondiente al bombeo de la sangre, los movimientos respiratorios, la función renal, etc... El metabolismo basal representa, en resumen, el coste que hay que pagar para mantener vivo al organismo representando, en el hombre, del 50 al 60% del gasto energético global.

Dado que el metabolismo basal constituye la fracción más importante del total de calorías gastadas por un individuo determinado, cabría pensar que las variaciones en este componente permitirían explicar las diferencias observadas entre los distintos individuos en el gasto energético global. Sin embargo, esto no parece ser así, al menos en la mayoría de los casos. Los sujetos obesos muestran, en general, un metabolismo basal normal o ligeramente aumentado puesto que poseen, no solamente mayor masa corporal debido al acúmulo de grasa, sino también mayor cantidad de tejido muscular. Es, por tanto, improbable que sean las variaciones en el consumo energético basal lo que permita explicar el desarrollo de la obesidad ni la forma a través de la cual el organismo regule el peso corporal. No obstante, han sido observados, en algunos casos, valores de metabolismo basal inferiores a los normales; el problema está en determinar, en dichas circunstancias, si la reducción es la causa o la consecuencia de la obesidad. A este respecto, es interesante señalar que JUNG y JAMES han comprobado en nue-

ve mujeres obesas, que adelgazaron y mantuvieron su peso dentro de valores normales a base de regímenes dietéticos, un metabolismo basal de nivel inferior al normal.

### **Ejercicio físico**

La marcada reducción en el grado de ejercicio físico, característica de la sociedad contemporánea, es responsable, en parte, del notable incremento de los casos de obesidad que se observan hoy día. Algunos obesos lo son, no por comer más, sino porque, a pesar de comer incluso menos, hacen menos ejercicio que los individuos no obesos.

Durante los últimos cien años se ha producido un cambio sustancial en el tipo de vida de los países industrializados del mundo occidental, con una reducción importante en el grado de ejercicio físico realizado que ha disminuido progresivamente a medida que la sociedad se ha ido mecanizando, ha tenido acceso a medios de transporte más baratos y asequibles y ha entrado en la dinámica de los medios audiovisuales. El número de horas que emplea hoy día un chico en edad escolar sentado frente al televisor no se conoce con exactitud pero, en cualquier caso es importante y significativa, tanto más porque durante este tiempo, además de estar físicamente inactivo, acostumbra a ingerir alimentos de elevado contenido energético. La relación entre inactividad física y obesidad queda ilustrada también por el hecho de que existan más chicas obesas que chicos, lo cual puede que esté en relación con el menor predicamento de que gozan los deportes, y la actividad física en general, entre la población femenina.

En 1968, MAYER y colaboradores compararon el peso corporal con la ingesta de calorías en distintos grupos de individuos, de acuerdo con el grado de ejercicio físico que realizaba cada uno de ellos en su trabajo. El grupo que mostró una menor ingesta fue el correspondiente a los individuos que realizaban un trabajo ligero, como los oficinistas; los individuos más sedentarios, curiosamente, ingirieron una cantidad de calorías superior. Los individuos que realizaban un trabajo más pesado ingirieron también una cantidad de calorías superior pero, en cambio, mostraron un peso corporal inferior al de los que hacían trabajos livianos y al del grupo de los sedentarios. Estos datos son interesantes, en su conjunto, porque sugieren que el ejercicio físico influye tanto sobre el peso corporal como sobre la ingesta de alimentos.

Las diferencias en el grado de actividad física entre los individuos normales y los obesos se pone ya de manifiesto durante la misma infancia. Los bebés y niños plácidos y tranquilos adquieren un peso superior al de los inquietos y activos, y ello a pesar, incluso, de comer menos que éstos.

## Equivalentes energéticos de algunos alimentos y tipo de actividad que permiten llevar a cabo

ALIMENTO	CALORÍAS (Kcal)	DESCANSO	PASEO ANDANDO	PASEO BICICLETA	NATACIÓN
		minutos			
Manzana, grande	101	78	19	12	9
Cerveza (1 vaso)	114	88	22	14	10
Pan con mantequilla	78	60	15	10	7
Pollo, frito (1/2 pechuga)	232	178	45	28	21
Huevo frito	110	85	21	13	10
Helado (150 ml.)	193	148	37	24	17
Leche (1 vaso)	166	128	32	20	15
Naranja, mediana	68	52	13	8	6
Pizza, de queso (pequeña)	180	138	35	22	16
Hamburguesa	350	269	67	43	31
Espagueti (1 plato)	396	305	76	48	35
Bistec	235	181	45	29	21

El distinto grado de ejercicio físico realizado por un individuo en la edad infantil ha sido también estudiado por MAYER y colaboradores. En uno de sus estudios compararon el grado de actividad física y la ingesta calórica entre un grupo de 28 niñas normales y otro de 28 niñas obesas, emparejando las participantes por estatura, curso escolar, nivel socio-económico, fecha de presentación de la menarquía,.... Dichos autores pudieron comprobar, con sorpresa, que las niñas obesas ingerían de 300 a 400 calorías menos por día que las delgadas pero que, en cambio, eran mucho menos activas que éstas, a juzgar por el tiempo que permanecían sentadas o tumbadas en relación con el transcurrido en posición de pie. En otro trabajo, los mismos autores valoraron el grado de actividad física por medio de registro cinematográfico comprobando nuevamente que la chicas delgadas se movían mucho más que las obesas; así, por ejemplo, durante un partido de balón-volea, las niñas delgadas estaban en movimiento aproximadamente el 90% del tiempo mientras que las obesas lo hacían tan solo durante el 50% del tiempo.

### Coste energético del ejercicio físico

Después de lo expuesto hasta ahora, resulta evidente la existencia de una relación inversa entre ejercicio físico y obesidad. No obstante, a la hora de la prevención o del tratamiento de la obesidad raramente se tiene en cuenta este aspecto y, habitualmente, se pone casi todo el énfasis en las restricciones dietéticas. Una posible explicación para esta actitud podría ser la frustrante comprobación de que pequeñas raciones

de muchos alimentos y, por descontado, unos pocos kilogramos de tejido adiposo permiten llevar a cabo una cantidad, al parecer, interminable de ejercicio físico. Una hamburguesa de tamaño medio contiene energía suficiente para que un individuo corra por espacio de 20 minutos o padelee en bicicleta durante unos tres cuartos de hora; para eliminar un kilo de grasa hay que estar corriendo durante 6 horas sin parar, o andar, a una marcha de 5-6 km/hora, por espacio de 24 horas.

A título de orientación, se indican a continuación los equivalentes energéticos de algunos tipos de alimentos, así como el coste energético de diversas actividades y ejercicios físicos.

### COSTE ENERGÉTICO DE DIVERSOS TIPOS DE ACTIVIDAD FÍSICA

(kcal / kg de peso corporal / hora)

Sueño .....	0.93
Metabolismo basal .....	1.00
Descanso, sentado .....	1.04
Descanso, de pie .....	1.23
Marcha (3 km/hora) .....	2.50
Marcha (4.5 km/hora) .....	2.80
Gimnasia sueca .....	3.00
Natación (16 m/minuto) .....	3.00
Ciclismo (9 km/hora) .....	3.54
Marcha (6 km/hora) .....	3.70
Golf (6 hoyos/hora) .....	4.00
Paseo a caballo (trote) .....	4.20
Natación (500 m/hora) .....	4.40
Tenis de mesa .....	4.50

Ciclismo (15 km/hora) .....	5.38
Remo (6 km/hora) .....	7.38
Tenis .....	8.00
Ciclismo (30 km/hora) .....	12.00
Carrera (15 km/hora) .....	12.10
Carrera (20 km/hora) .....	57.60

A través del ejercicio físico se consume una cantidad importante de la energía almacenada en nuestro organismo. Sin embargo, y como resulta evidente a través de las tablas precedentes, este solo aspecto no puede desempeñar un papel demasiado importante en la regulación del peso corporal, ya que para ello la cantidad de trabajo o ejercicio físico a realizar debería ser considerablemente grande. En la práctica, no obstante, un ejercicio moderado, regular, posee efectos notables sobre el peso corporal así como sobre la prevención y corrección de la obesidad.

### **Papel del ejercicio en la regulación del peso corporal y la prevención de la obesidad.**

El papel del ejercicio en la prevención y el tratamiento de la obesidad no descansa solamente en el coste energético directamente asociado con la actividad física realizada sino también, y quizás de forma mucho más importante, con otros procesos y mecanismos, menos directos y evidentes, pero íntimamente relacionados con el esfuerzo físico que realiza el individuo.

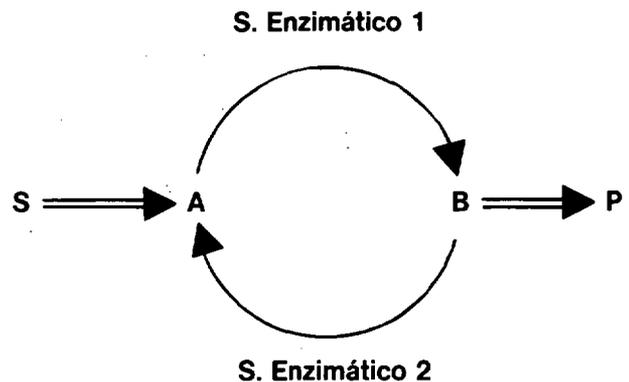
La realización de un ejercicio físico da lugar a un incremento en el gasto energético global que persiste durante algún tiempo después de finalizado aquél. ALLEN y QUIGLEY han demostrado que el metabolismo basal puede incrementarse en un 25% por encima de su valor normal durante las 15 horas subsiguientes a un ejercicio físico intenso, como un partido de fútbol, y permanecer elevado, en un 10% de su valor normal, hasta 24 horas después de finalizado el ejercicio. De esta forma, se puede calcular que el coste energético total de un ejercicio físico determinado puede llegar a ser, en realidad, el doble de estimado teniendo en cuenta solamente los costes directos, relacionados estrictamente con los requerimientos bioquímico-mecánicos de la contracción muscular.

Para poder explicar el consumo adicional de energía asociado a un esfuerzo físico, conviene analizar, brevemente, el papel que en dicho proceso pueden jugar los denominados *ciclos metabólicos*.

Con objeto de poder disponer de la máxima flexibilidad y sensibilidad, las vías metabólicas encargadas del aporte de energía presentan reacciones acopladas, una de carácter anterógrado y otra de carácter retrógrado, de tal manera que constituyen un circuito o ciclo metabólico cuya actividad aumenta en la fase previa a la realización de un ejercicio o esfuerzo o, bien, persiste

incluso después de finalizado el ejercicio, antes de la completa recuperación del grupo muscular en juego.

En su forma más simple y elemental, un ciclo metabólico se constituye cuando una reacción, que no se halla en equilibrio y que procede en sentido anterógrado, se halla contrarrestada por otra, que tampoco está en situación de equilibrio, que procede en sentido retrógrado; cada una de estas reacciones debe estar catalizada por sistemas enzimáticos distintos. En el sistema así constituido, integrado por un par de reacciones distintas, pero acopladas, es necesario transferir o comunicar energía para transformar la molécula A en B, mientras que se libera energía cuando se regenera la molécula A a partir de la B. Cada vez que el ciclo dé una vuelta completa se desprenderá calor y el circuito habrá funcionado en el "vacío".

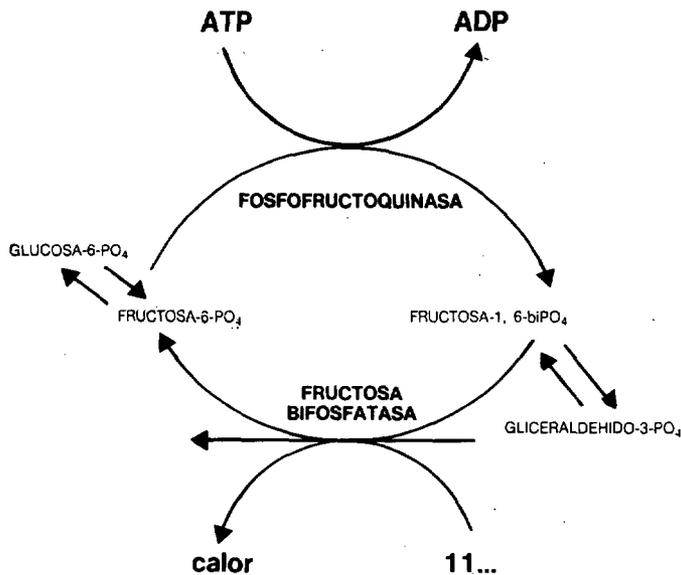


A lo largo de la cadena glicolítica es preciso transferir energía desde el ATP a la Fructosa-6-PO<sub>4</sub> para pasar a Fructosa-1, 6- biPO<sub>4</sub>, reacción catalizada por la Fosfofructoquinasa; para regenerar la Fructosa-6-PO es necesario hidrolizar el enlace éster con el ácido fosfórico en posición 1, con lo cual se libera la energía contenida en el mismo que se disipa en forma de calor. Esta segunda reacción está catalizada por la Fructosa-bifosfatasa.

La actividad de los ciclos metabólicos no sólo aumenta en las células musculares efectoras, sino que también lo hace en los órganos y tejidos encargados de suministrar el combustible necesario para la propia actividad de los músculos (fundamentalmente, hígado y tejido adiposo). El ciclo fructosa-6-fosfato/fructosa-1, 6-bifosfato, etapa obligada en el proceso de la glicolisis, el ciclo glucógeno/glucosa-1-fosfato, en el hígado, y el ciclo triglicéridos/ácidos grasos, en el tejido adiposo, incrementan su grado de tensión o de revolución cuando aumenta la actividad física del organismo, con objeto de poder suministrar, de manera rápida y eficiente, los sustratos energéticos necesarios para regenerar el ATP consumido durante la contracción muscular.

El aumento en la velocidad o actividad del ciclo que tiene lugar antes del ejercicio equivale al calentamiento o aceleración en vacío del automóvil situado en la parrilla de salida antes de comenzar la carrera. El subproducto más importante de esta actividad incrementada es el calor, por lo que es posible que el organismo utilice este tipo de procesos como mecanismo para regular el peso corporal.

La máxima cantidad de energía que puede ser liberada en cualquier tipo de ciclo metabólico viene condicionada por el número máximo de revoluciones que pueda realizar por unidad de tiempo. En el caso del ciclo Fructosa-6-fosfato/Fructosa-1, 6-bifosfato, en el músculo humano, la velocidad máxima es de 2  $\mu\text{mol}/\text{minuto}/\text{g}$ , por lo que la energía liberada corresponde a la transferida a partir de 2  $\mu\text{mol}/\text{minuto}/\text{g}$  de ATP; si este ciclo funcionara ininterrumpidamente durante 24 horas, a su ritmo máximo de actividad, permitiría disipar unas 1600 kcal. Basta con que funcione tan solo durante unas horas al día para comprender que, a través del mismo, es posible perder una cantidad importante del contenido energético corporal.



El gasto o consumo energético a través de un ciclo funcionando al máximo es similar al correspondiente al metabolismo basal del individuo normal. Teniendo en cuenta que, en nuestro organismo, existen múltiples ciclos o circuitos metabólicos, es lógico pensar que, en reposo el ritmo de cada uno de ellos se halla considerablemente reducido. Por otra parte, "in vivo" es difícil que se alcance el mismo grado de actividad que ha sido observada "in vitro"; lo más probable es que en el organismo se alcance un valor cercano al 20-30% de lo detectado en el tubo de ensayo, con lo cual se alcanzarían temperaturas muy elevadas, por la

elevada liberación de calor. Por todo ello, hay que pensar que el ritmo de dichos ciclos es variable, entre límites relativamente amplios, y sometido a control hormonal y/o del sistema nervioso.

En reposo, y de manera especial en condiciones metabólicas basales, el ritmo de actividad de dichos ciclos es baja; sin embargo, durante la realización de un ejercicio físico el ritmo de actividad aumentará.

La actividad de los ciclos metabólicos se extiende a otros aspectos del metabolismo corporal. Después de la ingestión de alimentos, se observa en los animales de sangre caliente un aumento en la producción de calor que puede ser explicado, en parte, por una mayor actividad de dichos ciclos metabólicos. Este efecto formaría parte de lo que se conocía, en su tiempo, como acción dinámico-específica de los alimentos y que, hoy día, corresponde a la *termogénesis* dietética o inducida por los alimentos.

Diversos trabajos sugieren que la práctica de ejercicio físico después de las comidas, sobre todo cuando éstas son de elevado contenido calórico, potencia de forma muy marcada el efecto térmico de los alimentos. La termogénesis inducida por un desayuno pasó a ser del 28% del valor de metabolismo basal, cuando el sujeto permanecía inactivo después de la ingesta, a representar el 56% del coste energético basal, cuando el individuo realizó ejercicio físico después del desayuno. Los ciclos metabólicos permiten también explicar el consumo de energía que se produce durante largo tiempo después de finalizado un esfuerzo o ejercicio físico. Parte del incremento en el consumo de oxígeno que aparece después de finalizado un ejercicio, conocido como "*deuda de oxígeno*" puede ser interpretado como debido a un aumento en la actividad de los ciclos metabólicos.

En la deuda de oxígeno se distinguen tres fases: rápida, lenta y ultralenta. La fase rápida obedece a la regeneración de los depósitos de fosfocreatina y a la reoxigenación de los depósitos de mioglobina. La fase lenta corresponde, en parte, a la reconversión del lactato, producido durante la fase anaerobia de la contracción muscular, en glucosa y, posteriormente, glucógeno. No obstante existe una importante cantidad de oxígeno consumido durante esta fase, así como durante la fase ultralenta, que no ha recibido una explicación satisfactoria. NEWSHOLME sugiere que esta cantidad extra de oxígeno se utiliza para mantener la actividad de los ciclos metabólicos estimulados, en estas condiciones, por una secreción aumentada de acetcolaminas. Dado que el componente ultralento de la deuda de oxígeno puede prolongarse durante horas, esta fase adquiere considerable importancia en la regulación del peso corpo-

ral. El oxígeno consumido en este período puede llegar a ser del orden de 50 ml/minuto, lo que supone la formación y posterior eliminación de

enlaces de alto nivel energético correspondientes a 2.4 moles de ATP durante dicho periodo de tiempo.

## Bibliografía

---

ANDERSON, L.; DIBBLE, M.U.; TURKKI, P.R.; MITCHELL, H.S. and RYNBERGEN, H.J.: Nutrition in Health and disease. *J.B. Lippincott Co. Philadelphia 17 edition*. 1982.

HOLLMANN, W. and HETTINGER, T.I.: Sportsmedizin – Arbeits – und T. Traininygrandlagen F–K Schattner

Verlag, Stuttgart, 1980.

Japanese Ministry of Education Report para 1965, Tokyo 1965.

MAYER, J.: *Nutrition Today*, 1, 2. 1966.

NEWSHOLME, E.A.: *Biochem. Soc. Trans.* 4, 978. 1976.

NEWSHOLME, E.A.: *Biochem. Soc. Symp.* 43, 183. 1978.

Conseguir jugadors amb capacitat de raonament personal capaços d'adaptar al seu joc al que planteja l'oposició adversària i amb grans dosis de creativitat ha d'esser l'objectiu de qualsevol educador, que es dediqui a l'ensenyament de jocs esportius.

Parlem de Tecnificació Esportiva, i és una errada tractar d'aplicar aquest terme als esports col·lectius, a on la tècnica essent important, no és suficient, sino s'acompanya d'una bona aplicació, sabent com?, quan?, i per qué?, s'ha de fer, es a dir sino s'acompanya d'una bona tàctica; per això potser caldrà no parlar de Tecnificació Esportiva i si fer-ho de TACTIFICACIÓ ÈSPORTIVA. (M. Niubó. Centre d'estudis esportius del districte IV)

