

ACTUALIZACIÓN

Factores orgánicos de la capacidad física en la edad infantil. Alometría y fractalidad en la fundamentación fisiológica de la capacidad física

Gustavo Pértega

Médico de planta del Servicio de cirugía ortopédica del "Instituto de Rehabilitación Psicofísica".

A cargo de la cátedra de fisiología aplicada del Instituto Dalmacio Vélez Sarsfield.

Cómo me gusta esta exactitud, que solo las cifras proveen, pues en la realidad no la hay, con lo cual las matemáticas resultan ser tan interesantes como inofensivas. No debiera llamárselas "Ciencias", ya que este término se impone a muchos espíritus, y les impide disfrutar de todo el humorismo que hay en ellas.

Macedonio Fernández

Summary

From a biological point of view, the physical capacity may be explained to some extent in terms of its organic elements. In the childhood, when the organism has not grow completely mature, the lower physical capacity can be understand as emerged from the low dimension of the different functional areas compared to that of the adult. Nevertheless, this "fractal" conception of the organic factors of the physical capacities needs to be changed for an "allometric" scheme, since the biological systems are not "fractal" but "allometric" this signifying that summoning up all of them, it cannot be o, btained a proportional sum formed by their all. Wrapping all of that up, it can be said that the consideration of the organic elements related with the physical capacity should be done as an integration that realizes the way in which they interact to determine the capacity of the organism to move.

Hasta cierto punto, la capacidad física puede explicarse en términos biológicos por sus factores orgánicos. En la edad infantil, cuando el organismo aún no ha madurado completamente, la menor capacidad física general del niño puede fundamentarse en una diferencia dimensional, es decir, en la menor magnitud del valor del tamaño del cuerpo y sus partes, así como de los índices que expresan la prestación de las diversas áreas funcionales fisiológicas que integran el organismo. Sin embargo, esta concepción "fractal" de los factores orgánicos de la capacidad física, es decir, este entendimiento según el cual "si los elementos constituyentes del todo son menores, el todo será proporcionalmente menor, contrasta con la evidencia encontrada al investigar el tema. Veamos algunos resultados constituyentes de tal evidencia.

La capacidad de resistencia, por ejemplo en carrera, así como la potencia de resistencia, expresadas respectivamente por la capacidad de cubrir una

distancia corriendo a cierta velocidad y por la velocidad con que se puede cubrir cierta distancia, van aumentando progresivamente desde la presentación de la conducta motriz filogenética carrera (alrededor de los dos años y medio) hasta la adultez señalada por la maduración biológica total.

El área funcional aeróbica, con sus factores cardiovasculares como principal limitante, debe explicar en los términos que describen sus estructuras y funciones, al menos parte de este progreso.

El índice fisiológico que se considera que expresa la capacidad y potencia del área funcional aeróbica fue clásicamente el Vo₂ máx (consumo de oxígeno máximo). Esta es la máxima capacidad de consumir oxígeno del organismo en un ejercicio. Actualmente se tiende a creer que el UA (umbral anaeróbico) en sus distintas formulaciones (umbral respiratorio, umbral láctico, umbral de variación de frecuencia cardíaca etc), todas ellas expresando el punto donde el sujeto llega al límite de su potencia aeróbica máxima y acopla sistemas anaeróbicos para seguir el trabajo físico, es mejor índice de la capacidad aeróbica, ya que se puede tener un alto Vo₂ máx durante un tiempo muy corto (digamos unos pocos minutos) y si no puede mantenerse el mismo, la potencia aeróbica será alta por ese breve tiempo, pero la capacidad aeróbica puede ser baja si la potencia aeróbica posible es mucho menor que la correspondiente al Vo₂ máx.

El Vo₂ máx está formado por dos factores: el V/m (volumen minuto circulatorio), que es el volumen de sangre que el corazón impulsa en un minuto, expresión de la potencia operativa del corazón como bomba, y la Dif A-V o₂ (diferencia arterio-venosa de oxígeno), que es la cantidad de oxígeno extraída por los tejidos (en este caso, el músculo esquelético) a la sangre arterial, que es expresión de la potencia de trabajo muscular. Estos factores se articulan en la siguiente fórmula:

$$\text{Vo}_2 \text{ máx} = \text{V/m} \cdot \text{Dif A-V o}_2.$$

Por consiguiente, la capacidad del corazón como bomba, con el V/m como índice, y la capacidad de los músculos esqueléticos que desarrollan la carrera como generadores del trabajo mecánico para la misma, con la Dif A-V o₂ como índice son los factores del Vo₂ máx, que, a la vez, es índice y factor fisiológico de la velocidad y capacidad de carrera.

Ahora bien, los niños corren menos distancia y más lentamente que los adultos. ¿Puede explicarse esto sencillamente como efecto de un menor valor de todos estos índices en forma proporcional en el niño con respecto al adulto?

- *El tamaño del corazón y el volumen sanguíneo del niño son menores que los del adulto: el volumen sistólico (VS) del niño es menor.*

Si el V/m = VS. FC (frecuencia cardíaca) y el VS es menor en el niño, probablemente eso explique un menor V/m y, por consiguiente, un menor Vo₂ máx.

Pero sigamos:

- *La frecuencia cardíaca (FC) basal, submáxima y máxima del niño son mayores que las del adulto.*

Atención: El otro factor del V/m, es decir la FC es mayor en el niño. Vemos que el asunto no es tan sencillo, tenemos un factor del volumen minuto con un valor menor en niño que en adulto y el otro con un valor mayor. Continuemos.

- *El volumen minuto del niño basal, submáximo y máximo son menores que los del adulto (La alta FC no logra compensar el bajo VS).*

Parece que llegamos a una conclusión sobre este punto. Si bien un factor del V/m es menor y otro mayor en el niño, el V/m es finalmente menor en la infancia y se espera que esto limite el Vo₂ máx y la capacidad y potencia aeróbicas. Veamos qué más hay.

- *La concentración de hemoglobina y el hematocrito (Hb y Hto) del niño son menores que los del adulto.*

La hemoglobina transporta el oxígeno que debe ser consumido en los músculos (y cuyo consumo expresa el Vo₂ máx) y el hematocrito es la proporción del volumen sanguíneo representada por glóbulos rojos que transportan la hemoglobina que transporta el oxígeno (el resto es plasma cuya capacidad de transporte de oxígeno es despreciable). Esto también podría explicar una menor capacidad y potencia aeróbica del niño con respecto al adulto.

- *La frecuencia cardíaca máxima (FC máx) es mayor en niños que en adultos, [hasta 210 lpm (latidos por minuto) a los 10 años contra nunca más de 195 lpm a los 20 años], pero no se modifica esencialmente hasta la adolescencia, momento en el cual comienza a descender constantemente 0,5 latidos por año aproximadamente.*

Si la FC máx de los niños es mayor, esto es si se desconsidera el VS, debería permitirles alcanzar mayor V/m que a los adultos.

- *Ya que durante la infancia la FC máx no se modifica y la basal disminuye constantemente, la FC de reserva aumenta constantemente.*

Dado que la FC de reserva expresa precisamente el "resto" del corazón para aumentar el V/m, su aumento durante el crecimiento puede explicar la mejora de la capacidad y potencia aeróbicas en esta etapa de la vida.

- *La Dif A-V o₂ en los niños es mayor que en los adultos.*

Como factor del Vo₂ máx, esto debería colaborar a un mayor valor de la potencia y capacidad aeróbica en los niños.

Cuando en la conducta motriz cuyo Vo₂ máx se estudia el peso corporal es fuertemente gravitante, como en el caso de la carrera donde el peso del cuerpo debe ser acelerado para la progresión y elevado para la fase de flotación así como desacelerado y hasta cierto punto frenado en la toma de suelo y fase de estancia, entonces es conveniente expresar el Vo₂ máx no como valor absoluto (es decir, solo en litros por minuto), sino en función del peso corporal, en ml/kg/min (mililitros por kilogramo de peso por minuto) o ml.kg.min⁻¹. Este modo de expresión del Vo₂ máx no es tan importante en ejercicios en que el peso no juega tanto papel por distintos motivos, como en la natación, donde está aligerado por el efecto del principio de Arquímedes dentro del agua, o en el ciclismo, donde está transmitido al suelo a través del sillar y las variaciones de la aceleración horizontal y vertical son muchísimo menores.

Los niños pesan por lo común menos que los adultos, pero si el Vo₂ máx en ml.kg.min⁻¹ es igual o mayor, la velocidad y capacidad de carrera alcanzada por los chicos también deberían serlo. Sin embargo:

- *A igual velocidad en carrera, el Vo₂ máx en ml/kg/min es mayor en el niño que en el adulto.*

- *La velocidad máxima en carrera de resistencia (potencia aeróbica máxima) de un niño es menor que la de un adulto.*

¿Cómo es posible que los chicos corran más despacio y menos, si su Vo₂ máx en relación a la masa de su cuerpo es mayor? Ocurre que:

- *La economía de carrera (técnica) del niño es menor que la del adulto.*

Y aquí, como vemos, llegamos al límite de la operatividad de la fundamentación fisiológica de la capacidad física. Finalmente es un factor externo a las áreas funcionales fisiológicas el que explica un hecho para el entendimiento del cual los papeles que nos alcanzaba la Fisiología se nos estaban quemando. El entrenamiento de la técnica, que no implica alteración alguna de factores dimensionales de órganos, aparatos, sistemas orgánicos, justifica un hallazgo no explicable sumando algebráicamente

te magnitudes conocidas y esperando que el todo formado por las mismas aparezca en bella y celeste proporción a las mismas.

¿Entonces es que todo este conocimiento sobre V/m , Vo_2 máx, FC, etc, etc es inútil? Para aquellos que se hayan perdido en la explicación esto sería una esperanza, pero no es verdad.

Si los niños tienen mayor FC que los adultos, sepámoslo para no desesperar si el registro de la misma arroja un resultado que podría ser alarmante si no se estuviera en posesión de este dato. Si el Vo_2 máx por kg de peso de los niños es mayor que el de los adultos y aún así corren más despacio pero la técnica mejora esto, ¡qué maravillosa fundamentación de la pedagogía de la técnica motriz!

Cuando en un sistema la dimensión de sus elementos puede sumarse obteniendo una dimensión del todo formado por esos elementos que es proporcional (sea o no absolutamente igual) a esa suma, el sistema es fractal. Dada la estructura del saber biológico los sistemas orgánicos no son sistemas fractales.

Un sistema alométrico (alo: distinto, otro, metro: medida, magnitud) es un sistema donde la suma de las dimensiones de sus elementos componentes resulta en DISTINTOS efectos de magnitud en el todo, por eso es tan difícil calcular, en los mismos y este esfuerzo algebraico debe ser reemplazado por una

integración lógica basada en la evidencia o ambas cosas, pero con gran delicadeza racional en no exagerar el valor del cálculo.

Frente a saberes teóricos como dueños mandones de la Educación Física, son preferibles fundamentaciones teóricas usadas como herramientas.

Bibliografía

1. Fernández Macedonio. Obras Completas. Editorial Corregidor, Buenos Aires, 1987.
2. Gould Stephen Jay. La estructura de la teoría de la evolución. Editorial Tusquets, Barcelona, 2004.
3. Wilmore Jack H, Costill David L. Fisiología del esfuerzo y del deporte. Editorial Paidotribo, Barcelona.
4. López Chicharro J, Fernández Vaquero A. Fisiología del ejercicio. Editorial Panamericana, Madrid, 2006.
5. Haag H, Dassel H. Tests de la condición física. Editorial Hispano Europea, Barcelona, 1995.
6. Mac Dougall J, Wenger Howard A, Green Howard J. Evaluación fisiológica del deportista. Editorial Paidotribo, Barcelona.
7. Meinel Kurt, Schnabel Günter. Teoría del movimiento. Editorial Stadium, Buenos Aires.
8. Weineck J. Entrenamiento total. Editorial Paidotribo, Barcelona.
9. Guyton Arthur C, Hall John E. Tratado de Fisiología Médica, Editorial Interamericana-Mc Graw-Hill, México.