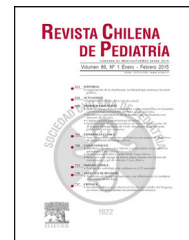




# REVISTA CHILENA DE PEDIATRÍA

www.elsevier.es/rchp



## EDITORIAL

### El proceso de maduración biológica y el rendimiento deportivo



### Biological maturation process and athletic performance

M. Francisco Verdugo\*

*Pediatra, Mg© Medicina del deporte, Centro de medicina del Deporte Clinica Las Condes, Santiago de Chile*



Los estudios sobre el crecimiento y maduración de los deportistas jóvenes se remontan a los años 1950 aumentando en forma progresiva hasta el día de hoy. Durante este periodo, los cambios seculares han variado en cada país hacia una mayor talla y una maduración más temprana en la población general. Por otro lado, los deportistas han sido sometidos a través del tiempo a una selección deportiva paralela a la selección natural de Darwin: Los corredores de fondo de elite se han empequeñecido al igual que los deportistas que tienen que girar en el aire, como saltadores, patinadores artísticos y gimnastas. En los últimos treinta años, los gimnastas de elite han encogido, pasando de 1,60 mts de promedio a algo más de 1,44 mts. Al mismo tiempo, los juga-

dores de voleibol, remeros y futbolistas se han hecho más grandes. En los juegos olímpicos de 1972 y 1976, las mujeres que median cerca de 1,80 mts tenían 191 veces mas probabilidades de llegar a una final olímpica que las que median 1,52 mts<sup>1</sup>. Así, ante la pregunta ¿yo escojo al deporte o el deporte me escoge?, los análisis actuales de los deportistas elite muestran una respuesta que combina ambas afirmaciones, donde los procesos de selección deportiva durante la infancia son influidos por elementos tan diversos como el momento de maduración puberal, el mes de nacimiento, el tamaño familiar, entre otros.

La maduración biológica se define como el conjunto de fenómenos de crecimiento y diferenciación celular que contribuyen a la aparición de determinadas funciones en el organismo. Esto supone cambios programados genéticamente, que se presentan con el tiempo de forma natural, donde cada individuo nace con su propio reloj biológico que regula su progresión hacia el estado de madurez<sup>6</sup>. La edad cronológica es la edad definida por los años, meses, semanas y días que han pasado desde el nacimiento del individuo hasta una fecha definida y la edad biológica se refiere a la edad definida por los procesos de maduración y por influencias exógenas, siendo posible encontrar diferentes edades biológicas entre individuos de la misma edad cronológica<sup>7</sup>.

Se define como rendimiento deportivo a una acción motriz, cuyas reglas las fija la institución deportiva y que permite al sujeto expresar sus potencialidades físicas y mentales<sup>18</sup>. Por lo tanto, podemos hablar de rendimiento deportivo desde el momento en que la acción optimiza la relación entre las capacidades físicas de una persona y el ejercicio deportivo a realizar<sup>19</sup>. Este rendimiento es el resultado de múltiples factores, que pueden ser individuales

\* Autor para correspondencia. Diego de Almagro 2820 depto 403, Providencia, Santiago de Chile Tel.: +569 77062805.

Correo electrónico: [Franciscoverdugo@gmail.com](mailto:Franciscoverdugo@gmail.com)

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rchipe.2015.10.003>

0370-4106/© 2015 Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de Sociedad Chilena de Pediatría. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

como el nivel de condición física, la coordinación neuromuscular, las capacidades y habilidades técnico-tácticas, factores morfológicos, estado de salud y personalidad; y factores externos, como la infraestructura, la dirección pedagógica, el equipo técnico, el clima, la vestimenta, la alimentación, el público, entre otros. Al analizar los factores individuales, se podrá ver que el proceso de maduración influye de forma transversal en todos ellos.

En el último tiempo existe un aumento progresivo del número de niños y adolescentes que son seleccionados para participar en forma competitiva a nivel nacional e internacional a edades cada vez más tempranas, exigiéndoles altos niveles de profesionalización, aumentando las cargas de entrenamiento en tiempo e intensidad, mayor volumen y frecuencia de competencias con insuficiente tiempo para la recuperación. Esta selección deportiva infantil no siempre está basada en el rendimiento y habilidades reales del individuo, sino que muchas veces se debe a la diferencia de maduración entre niños de la misma edad cronológica. Este problema comienza en las escuelas y clubes deportivos en donde se usa la edad cronológica como referencia para organizar grupos de trabajos y establecer las categorías competitivas, ignorando el hecho de que por sí sola no brinda información sobre las variaciones reales e individuales de cada organismo. Considerando que el grado de desarrollo no siempre coincide con la edad cronológica, se corre el riesgo de sobreestimar las condiciones físicas de un niño cuyo desarrollo biológico es acelerado y que producto de ello alcance mejores rendimientos por su mayor estatura, peso, fuerza, velocidad y resistencia que el conjunto de sus coetáneos<sup>2</sup>. Asimismo, se podría aplicar determinadas cargas en el entrenamiento a un grupo de igual edad, sin considerar que pueden encontrarse niños de desarrollo físico más retardado que el promedio, para quienes dichas cargas representan altas exigencias inadecuadas desde el punto de visto morfofuncional. A esta selección injusta para algunos y beneficiosa para otros, debemos agregar que en los tipos de selección que definen las categorías según mes de nacimiento, se producen diferencias de edad dentro del año de selección. Se han identificado una serie de efectos sobre el desarrollo asociados a esta diferencia de edad (Conocido en la literatura como RAE o *Relative Age Effect*)<sup>16</sup>. Por ejemplo, al estudiar el RAE en clubes españoles de fútbol joven de nivel elite y aficionado, se demostró que los equipos juveniles de los 20 clubes de la Liga de Fútbol profesional española en dos temporadas diferentes (2005-2006 y 2008-2009), así como en cinco academias juveniles pertenecientes a clubes de aficionados, tienen una representación excesiva de jugadores nacidos en los primeros meses del año en todas las selecciones de fútbol de nivel amateur, semiprofesional y profesional, siendo significativamente mayor en el nivel profesional<sup>17</sup>.

La selección a favor de los mejores dotados, tiene un momento trascendental entre los 9 y 15 años de edad, que es cuando irán apareciendo y diferenciándose las características del funcionamiento de cada niño. Con la maduración ocurren cambios fisiológicos que son independientes del nivel de entrenamiento: El tamaño de las fibras musculares aumentan en forma lineal unas 20 veces desde el nacimiento hasta la adultez, tanto para fibras tipo I como tipo II. El porcentaje de fibras tipo I en hombres disminuyen entre los 10 y 19 años, sin diferencias significativas con

el sexo femenino<sup>8</sup>. Las concentraciones de ATP muscular no varían con la edad, a diferencia de la fosfocreatina y las concentraciones de glicógeno que aumentan progresivamente. La capacidad enzimática oxidativa es mayor en el niño y adolescente en comparación con los adultos<sup>9</sup>; por esto durante una actividad submáxima los niños utilizarán más el metabolismo lipolítico que la vía glicolítica, sin elevar significativamente los niveles de lactato, lo que significa que están bien equipados para realizar actividades a moderada intensidad por largo tiempo, aunque la preferencia natural de actividad física será aquella que utiliza diariamente en sus juegos libres: actividades intensas y de corta duración. Durante la niñez la fuerza aumenta de manera lineal, con muy poca diferencia entre ambos sexos. Sin embargo durante la pubertad los varones comienzan a aumentarla aceleradamente, en cambio las niñas siguen con la misma curva de aumento que la edad prepuberal, dejando al final de la pubertad una diferencia promedio cerca de un 50%<sup>10</sup>. Con respecto a la activación muscular, los niños son menos capaces de utilizar plenamente las unidades motoras de fibras tipo II<sup>11</sup>.

El desarrollo y maduración de los sistemas pulmonar y cardiovascular permiten una mayor capacidad para realizar ejercicios tanto aeróbicos como anaeróbicos. En rendimiento aeróbico, los niños presentan un aumento casi lineal en el VO<sub>2</sub> max, con un peak alrededor de 17 a 21 años en los hombres, y luego disminuye linealmente con la edad; las mujeres presentan el peak alrededor de los 12 a 15 años, con una curva similar pero menos consistente y una tendencia a tener su meseta en la mitad de la pubertad. Cuando el VO<sub>2</sub>max se expresa en relación con el peso corporal, habrá poca diferencia en la capacidad aeróbica entre adultos y niños. Desde los 8 a los 16 años el VO<sub>2</sub>max aumentará en un 80% en las mujeres y en un 150% en los hombres, con una diferencia inter sexo del 10% a los 10 años hasta un 35% a los 16 años, principalmente por la diferencia de masa muscular a favor de los varones<sup>12</sup>. Al evaluar la capacidad anaeróbica, la curva de aumento es linealmente similar en ambos sexos desde los 7 a los 12 años, con una mayor pendiente inicial para las mujeres por su maduración anticipada; luego los niños comienzan a aumentar su pendiente llegando a una diferencia casi del 50% a favor<sup>13</sup>. Además los niños tienen una recuperación cardiorrespiratoria más rápida, por su mejor capacidad oxidativa, más rápida resíntesis de fosfocreatina, reclutamiento diferente de unidades motoras, mejor regulación ácido-base y menor producción y/o mejor remoción de metabolitos que los adultos<sup>14</sup>.

Así como la maduración va modificando funciones fisiológicas independiente del nivel de entrenamiento, por años se pensó que el entrenamiento intensivo a edades tempranas podría alterar el crecimiento y la maduración; sin embargo estudios transversales y longitudinales no han demostrado evidencia de ello<sup>2-4</sup>. Clásicamente, se atribuye al rigor del entrenamiento de gimnasia artística la baja talla de sus mejores exponentes, pero ya existe consenso de que la selección natural hace que aquellos niños y niñas que tienen una menor talla y una maduración tardía son los que tendrán mejores resultados en esta especialidad. Si estudiamos a sus familias respectivas, se encontrarán a hermanas y padres que cumplen con las mismas características antropométricas y de historia de desarrollo<sup>5</sup>. Existe por lo tanto una selectiva inclusión/exclusión y cese voluntario

particularmente notorio en los deportes que exigen velocidad, la fuerza y el potencia; obviamente esta selección es más marcada en los niveles elite. A su vez, se aprecia una preferencia de los maduradores tardíos por deportes donde la talla más baja y el fenotipo ectomorfo otorguen mayor ventaja, como la gimnasia artística, patinaje artístico, ballet y carreras a distancia en el atletismo<sup>1</sup>.

Hasta ahora conocemos a los deportistas seleccionados, pero poco se sabe de aquellos individuos que se alejaron voluntariamente, se lesionaron o fueron excluidos de los procesos de selección. Probablemente fueron expuestos a lesiones por sobreuso, a sobreentrenamiento, sobreexigencia psicológica por parte de padres o entrenadores. Para proteger al deportista joven, el Comité Olímpico Internacional el año 2014 actualizó sus guías de consulta creando un modelo sostenible que desarrolle atletas jóvenes sanos, resistentes y capaces, entregando las oportunidades de participación y de éxito para todos los niveles deportivos<sup>20</sup>.

El desarrollo deportivo tiene muchas variables lo que dificulta evaluar y proyectar con seguridad quién logrará ser un deportista elite. Es por esto que la detección de talentos se considera más un arte que una ciencia. Sin embargo, en el último tiempo se han descrito múltiples protocolos que buscan objetivar y proyectar el rendimiento que un joven inmaduro logrará en la edad adulta y lograr reconocer a aquellos niños que con el tiempo puedan convertirse en deportistas adultos exitosos.

## Referencias

1. Epstein D, El gen deportivo. Un atleta nace o se hace? Traducción de Martín Courel, 1ª edición 2014.
2. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. *Growth maturation and physical activity*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2004.
3. Malina RM. Physical growth and biological maturation of young athletes. *Exerc Sport Sci Rev*. 1994;22:389–433.
4. Malina RM. The young athlete: biological growth and maturation in a biocultural context. En: Smoll FL, Smith RE, editores. *Children and youth in sports: a biopsychosocial perspective*. 2nd edn. Dubuque, IA: Kendall Hunt; 2002. p. 261–92.
5. Malina RM, Baxter-Jones AD, Armstrong N, et al. Role of intensive training in the growth and maturation of artistic gymnasts. *Sports Med*. 2013;43:783–802.
6. Malina RM, Bouchard C. Growth. En: *Maturation and Physical activity*. Champaign, IL: Human Kinetics; 1991. p. 501–2.
7. Lopes-Machado D, Barbanti V. Maturacao esquelética e crescimento em crianças e adolescentes. *Ver Bras Cineantropom. Desempenho Hum*. 2007;9(11):12–20.
8. Armstrong N, Barker AR, McManus AM. *Br J Sports Med*. 2015;49:860–4.
9. Eriksson BO. Muscle metabolism in children—a review. *Acta Paediatr Scand Suppl*. 1980;283:20–8.
10. Lloyd RS, Faigenbaum AD, Stone MH, et al. Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus. *Br J Sports Med*. 2014;48:498–505.
11. Dotan R, Mitchell C, Chohen R, Klentrou P, Gabriel D, Falk B. Child-adult differences in muscle activation - a review. *Pediatr Exerc Sci*. 2012;24:2–21.
12. Armstrong N, McManus AM, Welsman JR. Development: aerobic fitness. En: Armstrong N, Van Mechelen W, editores. *Paediatric exercise science and medicine*. 2nd edn. Oxford: Oxford University Press; 2008. p. 269–82.
13. Van Praagh E, Dore E. Short-term muscle power during growth and maturation. *Sports Med*. 2002;32:701–28.
14. Ratel S, Duche P, Williams CA. Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports Med*. 2006;36:1031–65.
15. Wattie N, Schorer J, Baker J. *Sports Med*. 2015;45:83–94.
16. Gutierrez D, Pastor J, Gonzalez S. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2010;9:190–8.
17. Aucouturier J, Baker JS, Duche P. Fat and carbohydrate metabolism during submaximal exercise in children. *Sports Med*. 2008;38:213–38.
18. Veronique Billat, "Fisiología y Metodología del Entrenamiento - de la teoría a la práctica". (Paidotribo 2001).
19. Bergeron MF, Mountjoy M, Armstrong N, et al. *Br J Sports Med*. 2015;49:843–51.