

Crecimiento, Performance, Actividad, y Entrenamiento Durante la Adolescencia. (Parte I)

Robert M. Malina.

La adolescencia es un período de transición desde la niñez hasta la edad adulta. Esto incluye cambios en los dominios biológico, personal y social que preparan a la mujer joven para la edad adulta en su cultura particular. Por ese motivo, los cambios biológicos que ocurren durante la pubertad, o la maduración sexual, no ocurren aisladamente; mas bien, ellos están relacionados a otros eventos del desarrollo, de tal modo que cualquier consideración sobre este período de la vida debe hacerse dentro de un contexto biosocial o biocultural.

Biológicamente, la adolescencia debe verse como el comienzo de una aceleración en la tasa de crecimiento (ej. un incremento en el tamaño), anterior al arribo de la maduración sexual, mermando luego, dentro de una fase de desaceleración y, eventualmente, terminando con el cese en el crecimiento. A menudo, este último hecho es interpretado como el logro de la estatura adulta. Por lo tanto, la madurez sexual y el crecimiento están cercanamente relacionados.

Los eventos que constituyen esta fase del ciclo de la vida incluyen cambios en los sistemas nervioso y endocrino que inician y coordinan los cambios sexuales, fisiológicos y somáticos; en el crecimiento y la maduración de las características sexuales primarias (ovarios, vagina, útero) y secundarias (senos y vello pubiano), que conducen a la menarca y a la función reproductiva; los cambios en el tamaño (ej. la explosión del crecimiento de la adolescencia); cambios en las proporciones, en el físico y en la composición corporal; y cambios en el sistema cardiorrespiratorio entre otros. Las dos realizaciones mas sobresalientes de la adolescencia (excluyendo el comportamiento) son el crecimiento acelerado y la aparición de las características sexuales secundarias, las cuales aparecen en promedio, durante la segunda década de la vida. Sin embargo, los eventos neuroendocrinos y otros eventos fisiológicos que subyacen al crecimiento y al cambio puberal, han ido progresando durante algún tiempo, con anterioridad a la aparición de los cambios físicos. Por lo tanto, el período de tiempo donde se realiza la explosión del crecimiento y la pubertad, es sin dudas, amplio. Este puede variar desde los 8 o 9 años hasta los 17 o 18 años de edad, en mujeres, y en algunos casos puede continuar hasta cercano a los 20 años. Hay una variación entre los individuos en el tiempo y en la tasa, a la cual ocurren estos cambios estructurales y funcionales; lo que significa, que los cambios no comienzan al mismo tiempo y no proceden a la misma tasa o ritmo de desarrollo.

LA EXPLOSIÓN DE CRECIMIENTO EN LA ADOLESCENCIA

Tamaño Corporal

Desde el nacimiento hasta la edad adulta, tanto la estatura como el peso siguen un patrón de crecimiento de cuatro fases o sigmoideo doble: aumento rápido en la infancia y al principio de la niñez; un aumento más lento, relativamente constante a mediados de la niñez; un aumento rápido durante la adolescencia; y un incremento lento y un eventual cese en el crecimiento al llegar al tamaño adulto. La mayoría de las dimensiones del cuerpo (talla sentado, longitud de piernas, ancho de hombros y cadera, circunferencia de los miembros, masa muscular, y otras) siguen un patrón de crecimiento similar. Lo que si varía es la coordinación (timing), el ritmo (tiempo) y la intensidad de la explosión del crecimiento adolescente en cada uno. Por ejemplo, el crecimiento máximo (velocidad pico) en el largo de las piernas ocurre al principio de la explosión en el crecimiento, es anterior al crecimiento de la altura sentado, o del largo del tronco, mientras que el crecimiento máximo en el peso corporal ocurre después del pico de velocidad de la altura (PVA).

El "timing" de la explosión en el crecimiento varía considerablemente entre los chicos. La mayoría de los datos disponibles hacen referencia a la estatura. De acuerdo a los datos de varios estudios longitudinales, la explosión del crecimiento en la adolescencia (la aceleración en la tasa de crecimiento que marca el comienzo de la explosión) se inicia, en algunas chicas, tan precozmente como a los 7 u 8 años de edad, y como más tardío a los 12 o 13 años, mientras que en algunas chicas, la edad al momento de la tasa máxima de crecimiento en la estatura (PVA) ocurre, tan temprano como a los 9 o 10 años de edad y en otras, como tardío, a los 13 a 15 años (1).

Composición Corporal

La masa magra (MM) de las niñas, que se estima de la densidad corporal, se incrementa de ± 25 kg a los 10 años, a ± 45 kg a los 18 años de edad, mientras que la masa muscular, que se estima por la excreción de creatinina, se incrementa de ± 12 kg a los 10 años, a 23 kg a los 18 años (1). Sin embargo, la mayor porción

del cambio en la MM y en la masa muscular, entre los 10 y los 18 años, ocurre durante el intervalo de crecimiento máximo (± 11 a 13 años en las chicas). Este intervalo incluye al PVA, el que en promedio ocurre alrededor de los 12 años en las chicas. Sin embargo, el aumento en la MM y en la masa muscular durante la adolescencia femenina, no es tan intenso como el que ocurre en los varones; por ese motivo, hacia el final de la adolescencia, las mujeres logran unos dos tercios de los valores medios estimados para los varones. Los picos de velocidad de crecimiento en la musculatura de los brazos y de la pantorrilla ocurren, en promedio, después del PVA.

La adiposidad también se incrementa durante la adolescencia, pero las estimaciones son altamente variables. Las estimaciones densitométricas se incrementan del 18% de grasa corporal a los 10 años de edad, al 23% a los 18 años (1). Estas estimaciones están corregidas por los cambios en la estimación de la composición química de la MM (ej. densidad de la MM, contenido de potasio y de agua de la MM), que ocurren durante el crecimiento y que son más bajos que aquellos basados en las cifras de la composición química de los adultos. Sin embargo, en las chicas, al momento de la explosión en el crecimiento, disminuye la tasa de acumulación de grasas. Esto se hace especialmente evidente en las niñas, en las extremidades, durante el intervalo del PVA.

Menarca

La edad para la menarca es, tal vez, el suceso de desarrollo más comúnmente informado de la adolescencia femenina. Sin embargo, es un evento maduracional más bien tardío. La menarca ocurre después del crecimiento máximo de la estatura; la diferencia promedio entre la menarca y el PVA, en una cantidad de estudios, es de alrededor de 1.2 a 1.3 años (1).

En promedio, en mujeres de EEUU, la menarca ocurre antes del 13 er cumpleaños. Sin embargo, existe una variabilidad dentro de la población de los EEUU. En la Encuesta Nacional de Examinación de la Salud de 1960, las edades medias para la menarca fueron de 12.5 años para las jóvenes negras y 12.8 para las jóvenes blancas (2). En promedio, desde los años '50 la edad media para las jóvenes de los EEUU no ha variado (3). Las estimaciones para una cantidad de muestras europeas varía entre 12.5 y 13.4 años (1, 4).

En contraste con las encuestas poblacionales acerca de la menarca, en las cuales la edad promedio para la población se estima matemáticamente, sobre la base de la cantidad de chicas en cada grupo por edad que han llegado a la menarca, muchos estudios de deportistas y de la influencia del entrenamiento sobre la edad de la menarca, utilizan el método retrospectivo. Este ensayo se basa en la memoria de las jóvenes, y por lo tanto, tiene la limitación del error en el recuerdo.

PERFORMANCE FÍSICA Y ACTIVIDADES DURANTE LA ADOLESCENCIA

Las características de la explosión en el crecimiento adolescente y de la maduración sexual, y de las interrelaciones entre los indicios de maduración sexual, esquelética y somática, están razonablemente bien documentadas. Los cambios en la performance física y actividades durante la adolescencia femenina, están menos documentados. En su mayoría los datos son de corte transversal, con muy pocas observaciones longitudinales, que comprendan los años prepuberales y puberales inmediatos.

Fuerza

En las jóvenes, la fuerza muscular mejora linealmente con la edad, desde la niñez hasta alrededor de los 15 años de edad, sin evidencias claras de una explosión adolescente. Después de los 15 años, la fuerza mejora más lentamente (1). Este patrón contrasta con la marcada aceleración del desarrollo de la fuerza durante la adolescencia masculina, y por ese motivo, las diferencias sexuales en la fuerza muscular son considerables.

La relación entre el desarrollo de la fuerza y la explosión en el crecimiento y la maduración sexual, en las jóvenes, no es tan evidente como en los varones. En promedio, en los varones, el máximo de desarrollo de la fuerza ocurre después del pico de velocidad en la altura y del peso, habiendo una mejor relación con el peso que con la altura (1,5). En mujeres, los datos longitudinales disponibles son variables. En el estudio de crecimiento de Oakland (California) el momento para el máximo desarrollo de la fuerza (un desarrollo de fuerza compuesta de la fuerza de prehensión palmar izquierda y derecha, y pruebas de empuje y de tracción) no se corresponde adecuadamente con la explosión en el crecimiento en estatura, y un porcentaje significativo de chicas experimenta aumentos pico en la fuerza anteriores al PVA (6). El pico del aumento en la fuerza precede al pico de aumento en el peso, en más de la mitad de las chicas, y es posterior al pico del aumento en el peso en solo alrededor de una cuarta parte de ellas. Por otro lado, en el estudio de jóvenes holandesas (Crecimiento y Desarrollo en Adolescentes), el pico de desarrollo de la fuerza (testado con la fuerza de

brazos), en promedio, ocurre un año y medio después del PVA (al mismo tiempo en que éste ocurre en los chicos holandeses) (7). En las jóvenes, el aumento máximo en la fuerza en este momento es de alrededor de 6.0 kg/año, lo que contrasta con el aumento máximo de 12.0 kg/año en los varones holandeses (7). Los datos para las jóvenes holandesas no están expresados en relación al aumento pico en el peso del cuerpo.

Las jóvenes con una maduración temprana son levemente más fuertes que aquellas con una maduración retrasada, a la misma edad cronológica durante los primeros momentos de la adolescencia, de los 11 a los 13 años (1). Sin embargo, las diferencias entre jóvenes de "status" madurativos contrastantes durante la adolescencia, no son tan marcadas como las que se ven entre los varones con maduración temprana y tardía. La ventaja en fuerza de las jóvenes con un "status" madurativo avanzado, entre los 11 y los 13 años, refleja los mayores tamaños corporales de la maduración temprana, dado que la fuerza está positivamente correlacionada a la masa corporal. Cuando la fuerza está expresada por unidad de peso corporal (kg), las jóvenes con maduración temprana tienen menos fuerza por unidad de peso corporal que las jóvenes de maduración tardía; estas diferencias persisten a lo largo de la adolescencia (1).

Performance Motora

En promedio, las performances de las jóvenes para una variedad de esfuerzos motores (piques, salto en largo, saltar y alcanzar, lanzamiento a distancia, y otras) mejora más o menos linealmente desde la niñez hasta alrededor de los 13 o 14 años de edad, seguido por una nivelación en meseta en la capacidad para la performance en algunos esfuerzos, y una declinación en otras (1,8,9). En la mayoría de las pruebas, las performances promedio de las jóvenes caen dentro de un desvío standard del promedio de los varones, al principio de la adolescencia. Sin embargo, después de los 13-14 años de edad, las performances promedio de las mujeres, a menudo, está fuera de los límites definidos por un desvío standard por debajo de la performance media de los varones. La performance en lanzamiento, que implican al brazo moviéndose por sobre los hombros, es una excepción; pocas chicas se aproximan a las performances de lanzamiento de los varones, a todas las edades, desde finales de la niñez en adelante.

No se dispone de estudios longitudinales que relacionen la performance motora de las jóvenes al "timing" de la explosión en el crecimiento adolescente. Los análisis de corte transversal de los datos longitudinales no sugieren explosiones adolescentes en las performances motoras en las mujeres. Las performances en una variedad de pruebas motoras no muestran una tendencia a un pico, antes, durante o después de la menarca (la cual, en promedio, ocurre un año después del PVA); en su lugar generalmente, las performances son estables a lo largo del tiempo (5). Por el otro lado, entre los varones, las performances motoras muestran evidentes explosiones adolescentes. En promedio, los aumentos máximos en fuerza funcional y en test de potencia (fuerza de flexores del brazo, en la barra, o salto vertical) ocurren después del PVA, mientras que los aumentos máximos en los test de velocidad (test de ir y volver, velocidad de movimiento de la mano) y de flexibilidad (flexibilidad en banco) ocurren antes del PVA (10).

En las mujeres, las correlaciones entre la maduración esquelética y sexual y la performance motora son bajas, y en muchas pruebas, negativas. Este último hecho sugiere que la maduración tardía está, más a menudo, relacionada con una mejor performance motora en las jóvenes, mientras que lo opuesto es verdadero para los varones (1, 11, 12). Por ejemplo, una comparación de chicas, que realizaron performances altas y bajas, indicó que las que realizaron performances superiores eran alrededor de 0.5 años menos maduras, esqueléticamente, y 0.4 años más retrasadas con respecto a la fecha de menarca (12). Esta tendencia es aparente entre deportistas de élite, quienes tienden a ser más tardías en la edad para la menarca, y retrasadas en la maduración esquelética (13, 14).

Potencia Aeróbica Máxima

Entre las chicas, el consumo de oxígeno máximo absoluto (mL/min) tiene un patrón de crecimiento similar a aquel de la performance motora: se incrementa linealmente con la edad desde los 7 años hasta los 13-14 en las chicas sin entrenamiento, y luego declina levemente (15). En contraste con ello, en los varones sin entrenar, el consumo máximo de oxígeno se incrementa linealmente con la edad a lo largo de la adolescencia, de manera que a los 16 años de edad, la diferencia de VO₂ entre varones y mujeres sin entrenar, es de alrededor del 56%. Cuando se lo expresa en relación al peso corporal (mL/kg/min), la potencia aeróbica declina con la edad, desde los 6 hasta los 16 años en las jóvenes sin entrenar, pero es más o menos constante en los varones sin entrenamiento. La pendiente de la regresión en las mujeres declina desde un valor de 52.0 mL/kg/min a los 6 años de edad, a 40.5 mL/kg/min a los 16 años. A edades correspondientes, los valores para los varones sin entrenar son 52.8 y 53.5 mL/kg/min respectivamente, expresando una insignificante diferencia entre sexos del 1.5% a los 6 años, pero una diferencia considerable del 32% a los 16 años (15).

La diferencia sexual en la potencia aeróbica por unidad de peso corporal a los 16 años de edad, esté probablemente relacionada a las diferencias sexuales en la composición corporal. La potencia aeróbica en las chicas por unidad de peso corporal es, aproximadamente, el 77% del valor de los varones. Este porcentaje no es muy diferente del que se obtiene de las estimaciones de la masa magra y muscular del cuerpo en la adolescencia tardía; lo que significa, que en promedio, las mujeres logran solamente alrededor de dos tercios de los valores de los varones. El incremento en la adiposidad relativa relacionado con la maduración sexual de las jóvenes, probablemente contribuya a la diferencia sexual en potencia aeróbica por unidad de peso corporal.

La potencia aeróbica absoluta (mL/min) muestra una evidente explosión adolescente para ambos sexos, varones y mujeres, lo cual, en promedio ocurre en período cercano a la explosión en estatura (16). Esto refleja el crecimiento de la función cardíaca y pulmonar en proporción al tamaño global del cuerpo (1). Dadas las diferencias en tamaño entre las jóvenes con maduración temprana y tardía, las primeras tienen una potencia aeróbica absoluta levemente mayor, especialmente a principios de la adolescencia. Sin embargo, cuando la potencia aeróbica está expresada por unidad de peso corporal, la potencia aeróbica relativa es mayor en las jóvenes con maduración tardía (17).

La potencia aeróbica responde positivamente al entrenamiento, de tal forma que los consumos de oxígeno máximo absoluto y relativo son mayores en las chicas entrenadas que en las no entrenadas, a todas las edades. Las diferencias en las chicas entrenadas, y aquellas sin entrenar, son más grandes durante la adolescencia. También es interesante notar que con respecto al consumo de oxígeno, a los 16 años de edad, las chicas y los chicos entrenados difieren solo en un 24% para el consumo absoluto, y en un 18% para el consumo relativo, hecho que contrasta con las diferencias comparables del 56% y del 32% en los chicos y chicas sin entrenar, a la misma edad (15).

Los estudios de la potencia aeróbica raramente controlan el “status” de maduración de los sujetos, y los pocos estudios que lo hacen están casi siempre limitados a varones. La correlaciones entre la edad esquelética y la potencia aeróbica son generalmente bajas (15), pero la asociación entre la masa o peso corporal y la maduración esquelética confunde la relación (1).

Hábitos de Actividad Física

La actividad física es un componente muy importante en el gasto energético diario. Es difícil medir el gasto de energía que ocurre en los chicos y jóvenes que desarrollan sus actividades libremente, y los pocos estudios que se disponen, más bien están limitados a pequeñas muestras con estrechos rangos de edades, y en su mayoría están dedicados a los varones (18). Para estimar los hábitos de actividad física, a menudo, se usan cuestionarios estandarizados, entrevistas y diarios, que implican a ambas muestras de jóvenes de 10 años en adelante. Sin embargo, los datos son ampliamente descriptivos y no consideran las características del crecimiento ni de la maduración. Los resultados de varias encuestas de jóvenes europeos, canadienses y americanos indican una leve declinación en el tiempo empleado para las actividades físicas por parte de las mujeres durante la adolescencia (18). Por ejemplo, en la encuesta para los EEUU (19), el promedio del tiempo semanal empleado para las actividades físicas, fuera de las clases de educación física en la escuela, fue de 11.5 hs en 5 to y 6to grado (10 a 11 años), 12.5 hs entre el 7mo y 9no grado (12 a 14 años), y 11.8 hs para el 11avo y 12mo grado (15 a 17 años). Aunque los datos sugieren una tendencia, los cambios más específicos con la edad no pueden ser examinados. En una muestra longitudinal mixta de chicas holandesas (20), la cantidad promedio de horas semanales empleadas para actividades físicas, a un promedio de gasto energético de 4 equivalentes metabólicos (METs) o más, declinó de 9.6 horas a los 12-13 años a 8.1 horas a los 17-18 años. Los primeros años de la adolescencia no fueron considerados.

La intensidad es una variable crítica cuando se considera la actividad física. En el estudio longitudinal mixto holandés, en promedio, las jóvenes de 12 a 13 años de edad, participaron en solamente 4.0 hs/semana de actividad de mediana intensidad (7 a 10 METs), y 5 hs/semana en actividades de intensidad elevada (10 + METs). Para los 17-18 años, las correspondientes horas semanales fueron 1.5 y 0.3 (20). Claramente, la mayoría de las actividades de estas jóvenes fueron de intensidad leve.

Dado el tipo de datos disponibles, es difícil hacer inferencias acerca de los hábitos de actividad durante la explosión del crecimiento y la maduración sexual en la adolescencia, así como también, acerca de los posibles efectos del rápido crecimiento y maduración sobre los hábitos de actividad. Sin embargo, las cifras sugieren, que la mayoría de las chicas adolescentes no desarrollan una actividad física regular suficiente para mantener un alto nivel de aptitud aeróbica.

El Significado de la Nivelación en Meseta en la Performance en Adolescentes

Los informes que relacionan la performance física de las jóvenes, en su coordinación (timing) con la explosión del crecimiento y la maduración sexual, no son muy frecuentes. Una cuestión que merece un estudio más detallado es la nivelación relativa de las curvas de las performances de las jóvenes durante sus años adolescentes. Esto quiere decir, que el nivel de las performances muestran una pequeña mejoría en muchas pruebas, después de los 13-14 años de edad, y para otras pruebas una auténtica declinación. Esta tendencia está relacionada primariamente a los cambios biológicos en la adolescencia femenina (maduración sexual, acumulación de grasas, cambios físicos), o está relacionada a factores culturales (un cambio social de intereses y expectativas, presión por parte de sus pares, falta de motivación, oportunidades limitadas para participar en actividades físicas relacionadas a la performance). Lo más probable es que los factores biológicos y culturales estén reflejados en la tendencia. Por lo tanto, el patrón general de la performance física relacionado con la edad, durante la adolescencia femenina puede cambiar con el reciente énfasis en la competición deportiva para las jóvenes mujeres, y a la más amplia aceptación de las mujeres de su rol de deportistas.

REFERENCIAS

1. Malina RM, and Bouchard C. *Growth, maturation, and physical activity*. **Human Kinetics Publishers, Champaign, IL**. 1991.
2. MacMahon B. *Age at menarche, United States*. **Vital and Health Statistics, Series 11, Nº 133**. 1973.
3. Malina RM. *Research on secular trends in auxology*. **Anthropol Anz, 48:209**. 1990.
4. Danker-Hopfe H. *Menarcheal age in Europe*. **Yrbk Phys Anthropol 29:81**. 1986.
5. Beunen G, and Malina RM. *Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt*. **Exerc Sport Sci Rev 16:503**. 1988.
6. Faust MS. *Somatic development of adolescent girls*. **Mon Soc Res Child Dev 42(1)**. 1977.
7. Kemper HCG, and Verschuur R. *Motor performance fitness tests*. In Kemper HCG (ed): **Growth, Health and Fitness of Teenagers**. S Karger, Basel, p 107. 1985.
8. Branta C, Haubenstricker J, and Seefeldt V. *Age changes in motor skills during childhood and adolescence*. **Exerc Sport Sci Rev 12:467**. 1984.
9. Haubenstricker JL, and Seefeldt VD. *Acquisition of motor skills during childhood*. In Seefeldt V (ed): **Physical Activity and Well-Being**. American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance, Reston, VA, p 41. 1986.
10. Beunen GP, Malina RM, Van't Hof MA, et al. *Adolescent growth and motor performance: A longitudinal study of Belgian boys*. **Human Kinetics Publishers, Champaign, IL**. 1988.
11. Beunen G, Ostyn M, Renson R, et al. *Skeletal maturation and physical fitness of girl aged 12 through 16*. **Hermes (Leuven) 19:445**. 1976.
12. Espenschade A. *Motor performance in adolescence*. **Monogr Soc Res Child Dev 5(1)**. 1940.
13. Malina RM. *Menarche in athletes: A synthesis and hypothesis*. **Ann Hum Biol 10:1**. 1983.
14. Malina RM. *Biological maturity status of young athletes*. In Malina RM (ed): **Young Athletes: Biological, Psychological, and Educational Perspectives**. **Human Kinetics Publishers, Champaign, IL**, p 121. 1988.
15. Krahenbuhl GS, Skinner JS, and Kohrt WM. *Developmental aspects of maximal aerobic power in children*. **Exerc Sport Sci Rev 13:503**. 1985.
16. Mirwald RL, and Bailey DA. *Maximal aerobic power*. **Sport Dynamics**. London , Ontario. 1986.
17. Kemper HCG, Verschuur R, and Ritmeester JW. *Maximal aerobic power in early and late maturing teenagers*. In Rutenfranz J, Mocellin R, and Klimt F (eds): **Children and Exercise XII**. **Human Kinetics Publishers, Champaign, IL**, p 213. 1986.
18. Malina RM. *Energy expenditure and physical activity during childhood and youth*. In Demirjian A (ed): **Human Growth: A multidisciplinary Review**. **Taylor and Francis, London**, p 215. 1986.
19. Ross JG, Dotson CO, Gilbert CG, et al. *The national children and youth fitness survey: after school physical education*. **Physical activity outside of school physical education programs**. **J Phys Educ Rec Dance 56:77**. 1985.

Crecimiento, Performance, Actividad, y Entrenamiento Durante la Adolescencia. (Parte II)

Robert M. Malina.

LA INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO SOBRE EL "TEMPO" O RITMO DE CRECIMIENTO Y LA MADURACIÓN DURANTE LA ADOLESCENCIA

Bajo condiciones ambientales adecuadas, el "timing" de la explosión en el crecimiento y la maduración sexual adolescente está genéticamente determinado. Sin embargo, estos procesos pueden estar influenciados por factores medioambientales. Los efectos causados por una desnutrición crónica están muy bien documentados. En algunas sociedades es evidente esta variación socioeconómica en el crecimiento y la maduración, pero en otras no lo es tanto (1). Por supuesto que el criterio de "status" socioeconómico varía de país a país, pero los datos de países industrializados indican tendencias que no concuerdan con las edades al momento del PVA y de la menarca, en relación a los índices de "status" socioeconómico. Otro factor relacionado con la edad al momento de la menarca es el número de chicos en la familia. Las chicas de familias grandes tienden a experimentar una menarca retrasada, al ser comparadas con chicas provenientes de familias más pequeñas, y esto se aplica tanto a las deportistas como a quienes no lo son. El efecto estimado de cada hermano adicional mayor en edad, al momento de la menarca se extiende desde 0.11 a 0.22 años, en varias muestras de deportistas y de no deportistas (1).

Los eventos estresantes de la vida también son significativos. Ellos se hacen especialmente evidentes en el crecimiento y maduración de las jóvenes que experimentan ambientes hogareños perturbados (2), y en las curvas de crecimiento y de desarrollo puberal "inusualmente fracturadas en chicas trasladadas a escuelas con régimen de internado en varios momentos de la pubertad" (3). Los estudios que revelan un cambio secular en la menarca sugieren que el "timing" de este evento de la maduración puede estar "programado" por condiciones en los primeros años de vida, y no necesariamente por aquellas condiciones que puedan presentarse en el momento de la pubertad (4, 5).

Por lo tanto, el rol de entrenamiento intensivo para un deporte puede ser una cuestión preocupante, y tal vez el estrés de la competición puede influir sobre el "timing" y el "tempo" en el crecimiento y en la maduración sexual durante la adolescencia. Debería ser obvio que la actividad física es solamente uno de los tantos factores que pueden influenciar el crecimiento y la maduración.

Estatura y Composición Corporal

Una entrenamiento físico regular no tiene un efecto evidente sobre el crecimiento en altura. Sin embargo, es un factor significativo en la regulación del peso del cuerpo y de su composición, específicamente de la adiposidad. Los cambios que ocurren en respuesta a los programas de entrenamiento, tanto de corto o de largo plazo, reflejan ampliamente las fluctuaciones en los niveles de la adiposidad, con un cambio mínimo (si es que ocurre), en la MM. El rol de una actividad regular en el desarrollo de la celularidad del tejido adiposo y en la distribución subcutánea de grasa no está claramente establecido (6).

El entrenamiento regular es un factor significativo en el crecimiento e integridad de los tejidos esquelético y muscular. Los cambios en el tejido óseo incluyen una mayor mineralización, densidad y masa ósea. Los cambios en el tejido muscular relacionados con el entrenamiento, generalmente son específicos al tipo de programa seguido. El entrenamiento de fuerza o fuerza-resistencia están relacionados con la hipertrofia, mientras que el entrenamiento de resistencia está relacionado con incremento en la enzimas oxidativas. La dirección de las respuestas al entrenamiento en los individuos en crecimiento es similar a aquella observada en los adultos, pero la magnitud de las respuestas varía (6). La persistencia de los efectos benéficos del entrenamiento sobre los tejidos adiposo y muscular depende de la continuidad de la actividad. En contraste con ello, se ha acumulado evidencias que indican que el entrenamiento excesivo relacionado con alteraciones en la función menstrual (ver más adelante y en el capítulo 9) y en la dieta contribuyen a una pérdida ósea en los deportistas (7, 8).

Por lo tanto, puede haber un umbral para algunas deportistas adolescentes: hasta cierto punto, el entrenamiento regular tiene un efecto benéfico sobre la integridad del tejido esquelético, pero la actividad excesiva puede alterar la función menstrual y puede tener una influencia negativa sobre la masa ósea.

Maduración Sexual

Están haciendo falta datos longitudinales de los efectos del entrenamiento en la maduración sexual de las mujeres jóvenes (y de varones también) y los datos disponibles de corte transversal no indican un efecto significativo del entrenamiento sobre la maduración sexual. Bastante de la discusión del entrenamiento y la maduración sexual está basado en comparaciones de edades promedio retrasadas al momento de la menarca, entre jóvenes deportistas con jóvenes de la población en general, con la consecuente influencia de que el entrenamiento intensivo en un deporte “retrasa” la menarca (13). Generalmente, los datos sobre la menarca coinciden con las observaciones del desarrollo de los senos y del vello pubiano, y de la maduración esquelética de las jóvenes deportistas que practican el patinaje artístico, el ballet, la gimnasia y el atletismo, que indican, que se desarrollan tardíamente (14). Sin embargo, las mujeres que entrenan en disciplinas deportivas a edades puberales no necesariamente son representativas de aquellas jóvenes que son exitosas a edades más avanzadas, quienes en cambio, constituyen las muestras de deportistas en las cuales se han basado la mayoría de los datos sobre la menarca. Asimismo, la legislación “Título IX” ha influenciado en las oportunidades deportivas para las chicas y las mujeres, de manera que muchas de ellas pueden continuar con sus entrenamientos y competiciones a lo largo de los años universitarios. Por otro lado, hasta no hace mucho tiempo, muchas chicas dejaban de entrenar y competir a los 16-17 años. Ciertamente que las oportunidades provistas por “Título IX” han influenciado la composición de la población deportiva femenina a nivel universitario, particularmente en la natación. Según estimaciones recientes (1, 9), la edad al momento de la menarca en las nadadoras con edad de colegio, es considerablemente mayor que las nadadoras de elite de alrededor de 20 años atrás (13), y esto contrasta con el avance en el “status” puberal y de maduración esquelética que, a menudo, se observan en las nadadoras por grupos de edad (14).

Aunque no fueron los primeros que sugieren que el entrenamiento puede retrasar la menarca, Frisch y cols. (10) concluyen que por cada año que una joven entrena antes de la menarca, la misma se verá retrasada en hasta 5 meses. Esta conclusión está basada en una correlación de + 0.53 entre los años de entrenamiento antes de la menarca y la edad al momento de la misma, una moderada correlación que explica e influye solamente en el 28% de la variancia de la muestra. Una correlación no implica una secuencia causa-efecto, sin embargo, es más probable que la asociación sea un artificio. Cuanto más años tenga una joven al momento de la menarca, es más probable que la misma haya comenzado su entrenamiento con anterioridad a la menarca, e inversamente, cuanto más joven sea una chica al momento de la menarca, lo más probable es que la misma haya comenzado su entrenamiento después de la menarca, o haya tenido un período de entrenamiento, anterior a la menarca, de menor duración (9). También podría ser que la maduración tardía sea un factor en la decisión de una joven para seguir un deporte, más que el entrenamiento sea el causante de ese retraso (13). Además, los deportistas como grupo, tienden a ser más bien selectos, y otros factores que se conocen que pueden influenciar la menarca no están considerados en el análisis.

También se ha sugerido que la menarca ocurre más tarde, específicamente en aquellas disciplinas que requieren un bajo peso corporal, tales como el ballet y la gimnasia (11). Este énfasis sobre el peso bajo, puede involucrar prácticas dietarias que influyan adversamente en la maduración, de tal modo, que podría ser difícil separar los efectos de la dieta de los del entrenamiento. Además, estos deportes tienden a tener rigurosos criterios de selección, los cuales, a menudo se aplican en la niñez, los cuales favorecen la elección de características morfológicas de las chicas con una maduración tardía. Finalmente, los datos de deportistas de nivel universitario de elite, indican edades promedio más avanzadas al momento de la menarca, en varios deportes que difieren considerablemente en sus cargas de entrenamiento, y en el énfasis que se pone en el peso corporal: saltos ornamentales o clavados, atletismo, natación, tenis, golf, básquetbol y voleibol (1).

Sin embargo, hay dos cuestiones que merecen una consideración. Primero, ¿es el entrenamiento regular e intensivo prepuberal para deportes y para competición, lo suficientemente estresante como para prolongar el estado prepuberal, y a su vez retrasar la explosión del crecimiento adolescente y de la maduración sexual?. Segundo, ¿es el entrenamiento intensivo para deportes y el estrés de la competición, durante la explosión del crecimiento adolescente y la maduración sexual, quienes producen condiciones que son lo suficientemente adversas como para influenciar el progreso, y por lo tanto el “timing”, de estos eventos de la maduración?.

Respuesta Hormonales

El mecanismo sugerido para la asociación entre el entrenamiento y una menarca retrasada es hormonal. Se ha sugerido que el entrenamiento intensivo, y tal vez el drenaje de la energía asociada, tengan influencias sobre los niveles circulantes de las hormonas gonadotróficas y ováricas y a su vez, la menarca.

El ejercicio es un medio eficaz para estresar el eje hipotálamico-pituitario-ovárico, produciendo incrementos de corta duración en los niveles séricos de todas las hormonas gonadotrópicas y los esteroides sexuales (12, 13). Otros factores también influyen en los niveles hormonales, incluyendo la variación diurna, el ayuno o el haber ingerido alimentos, los estados emocionales, etc., y esto necesita ser considerado. Además, virtualmente todas las hormonas son segregadas episódicamente, por lo tanto los estudios de las respuestas hormonales basados en muestras séricas únicas tal vez no reflejan el patrón general. Lo que se necesita son estudios que monitoreen los niveles hormonales durante las 24 hs, en los que se evalúen los pulsos reales cada 20 minutos, o mejor, en respuesta al ejercicio. De esta manera, las evidencias de los estudios disponibles sobre las respuestas hormonales al ejercicio no son concluyentes.

Se debe hacer notar que la mayoría de los datos hormonales no tienen que ver con los cambios crónicos relacionados con el entrenamiento regular e intensivo. Además, en su gran mayoría, los datos derivan de muestras de mujeres postmenáuricas, deportistas o no, que fisiológicamente son muy diferentes de las chicas en estado de maduración. Lo que es específicamente relevante en las chicas prepúberes o púberes, son los posibles efectos acumulativos de las respuestas hormonales al entrenamiento regular. Aparentemente, las respuestas hormonales son esenciales para hacer frente al estrés que impone la actividad sobre el cuerpo. Estas actividades tienen un efecto sobre el centro hipotálamico, que aparentemente dispara y coordina los cambios que inician la maduración sexual, y eventualmente la menarca. Datos de este tipo están actualmente en falta.

Los datos hormonales en jóvenes prepúberes o púberes involucrados en un programa de entrenamiento regular son limitados, y los resultados son variables y no concluyentes. Por ejemplo, se ha reportado una baja secreción de gonadotropina relacionada con una "leve" explosión en el crecimiento en bailarinas premenáuricas (14). Las bailarinas estaban retrasadas en el desarrollo de los senos, en la menarca y en la maduración esquelética, lo que podría sugerir un estado prepuberal prolongado. Sin embargo, ellas no estaban retrasadas con respecto al desarrollo del vello pubiano.

Se han observado niveles más bajos de los estrógenos, de la testosterona y de la androstanediona en el plasma, en gimnastas prepúberes de 11 años de edad, comparadas con nadadoras de la misma edad y "status" madurativo, pero los niveles de sulfato de dehidroepiandrosterona (DHEA) y de gonadotropinas plasmáticas no se diferenciaron en las dos muestras. Por otro lado, los niveles de plasma de las siete hormonas investigadas, no se diferenciaron en la pubertad temprana (el 2do estadio de desarrollo de los senos) entre gimnastas y nadadoras, aunque en promedio, las últimas eran 0.5 años mayores (15). Tanto las gimnastas prepúberes como las gimnastas en pubertad temprana, habían estado entrenando regularmente por un período más largo que las nadadoras. Los dos grupos de gimnastas habían estado entrenando desde los 4.8 y 5.0 años de edad, respectivamente, en cambio los dos grupos de nadadoras habían estado entrenando desde los 7.2 y 8.0 años de edad. Los niveles similares de DHEA en las gimnastas y nadadoras prepúberes sugieren un estado similar de adrenérgia, aunque las gimnastas estuvieran entrenando por un período significativamente más largo. Por lo tanto, esta observación no apoya la sugerencia que el entrenamiento retrasa la adrenérgia y prolonga el estado prepuberal (16). Más aún, evidencias recientes apoyan la idea de que la secreción de andrógenos adrenales "disparen" o desencadenen la maduración sexual (17). Los datos sobre el crecimiento precoz en la niñez, en estos dos grupos de deportistas, sugieren diferencias físicas. Desde los tres años de edad, las gimnastas han sido más bajas y más livianas que sus pares holandesas de referencia, mientras que las nadadoras han sido más altas y de mayor peso. Las alturas de los padres (altura del padre + altura de la madre divididas por dos) y sus pesos, también fueron menores en las gimnastas que en las nadadoras, y los grupos no se diferenciaron en cuanto a "status" socioeconómico (15).

Los cambios en los niveles básicos hormonales en asociación al entrenamiento en deportistas jóvenes pueden ser significativos. Se han reportado niveles básicos similares de ACTH, cortisol, prolactina y testosterona, durante una temporada de entrenamiento de 24 semanas, en pequeñas muestras de nadadoras competitivas premenáuricas y postmenáuricas, de 13 a 18 años de edad (18). Durante la temporada, los niveles de ACTH se incrementaron gradualmente, los niveles de prolactina tuvieron tendencia al incremento y los niveles de testosterona disminuyeron mientras que los niveles de cortisol mostraron un patrón variable en esta muestra combinada. Como era de esperar, los niveles básicos de estradiol se diferenciaron entre las nadadoras premenáuricas y las postmenáuricas, pero ambos grupos experimentaron una disminución de los niveles de básicos durante las primeras 12 semanas de entrenamiento, seguido por un aumento a las 24 semanas. Al comienzo del entrenamiento y después de las 24 semanas de este, los niveles básicos de estradiol no se diferenciaron en las nadadoras premenáuricas, mientras que después de las 24 semanas, el nivel básico fue más bajo que al comienzo del entrenamiento, en las chicas postmenáuricas (18).

Ha sido postulado un rol de las beta-endorfinas en la amenorrea de las corredoras y a su vez, en la menarca retrasada de las deportistas. La administración de naloxona, un receptor opiáceo antagónico, en deportistas amenorréicas, por ejemplo, dio como resultado un marcado incremento en la hormona luteinizante (LH) (19).

Sin embargo, las respuestas de los chicos y chicas prepúberes normales a la naloxona bajo condiciones básicas, son diferentes a la que se registran en los adultos (20). Aparentemente, en los niños/as la naloxona no afecta la secreción de LH. Un estudio de los efectos de la naloxona en chicos, durante condiciones de ejercicio, podría ser esclarecedor, pero razones éticas podrían dificultar la colección de dichos datos.

Adiposidad (gordura) y Menarca

Un corolario a la sugerencia de que el entrenamiento retrasa la menarca es que los cambios en el peso o la composición corporal relacionados con el entrenamiento intensivo, podrían funcionar retrasando la menarca; este hecho significa que el entrenamiento puede retrasar la maduración en las jóvenes, al mantenerlas delgadas. Esta idea está relacionada a la hipótesis de peso crítico o adiposidad crítica, la cual sugiere que en un cierto nivel de peso (alrededor de los 48 kg) o de adiposidad (alrededor del 17%) es necesario para que ocurra la menarca (21). Concordantemente, el entrenamiento regular e intensivo funciona reduciendo y manteniendo la adiposidad por debajo del mínimo hipotetizado, retrasando de este modo la menarca. La hipótesis del peso o de la adiposidad crítica han sido discutidos largamente por varios autores (1, 22), y la evidencias no apoyan la especificidad del peso o de la adiposidad, o de un nivel umbral, como la variable crítica para que ocurra la menarca.

Otros Indicadores Madurativos

Desde el momento que los indicadores de la maduración sexual están razonablemente bien relacionados a los indicadores de la maduración esquelética y somática durante la adolescencia (1), parecería lógico considerar los efectos del entrenamiento sobre otros indicadores madurativos. Si las respuestas hormonales al entrenamiento regular son vistas como importantes influencias sobre la maduración sexual, uno podría esperar que las mismas tengan influencia sobre la explosión del crecimiento, el cual ocurre más o menos, un año antes de la menarca, y la maduración esquelética alrededor del momento de la menarca. (por ejemplo, la evolución del cartílago epifisario y la fusión están influenciadas por las hormonas de las gónadas, entre otras).

Sobreentrenamiento

Desde el momento que una considerable cantidad de chicas (y chicos) adolescentes se ven involucrados en entrenamientos deportivos intensivos, se debe considerar el tema del sobreentrenamiento, que significa “entrenamiento excesivo sin el tiempo adecuado para la recuperación”. El sobreentrenamiento puede tener corta duración o ser crónico, y cuando es crónico, puede resultar en una secuencia de síntomas de comportamiento, emocionales y fisiológicos (23). Los datos en los adultos indican pérdidas de peso, disminución en la performance, y una recuperación más lenta después del entrenamiento. Probablemente, la reducción en la MM y en la masa adiposa acompañan a la pérdida de peso, y una reducción en la eficiencia y en la capacidad máxima para el trabajo acompañan a una disminución en la performance. Las complicaciones en el comportamiento, de carácter emocional y fisiológicas por sobreentrenamiento tienen el potencial de influir negativamente sobre el crecimiento y la maduración.

CONCLUSIÓN

La variación en el “timing”, “tempo” y magnitud en la explosión del crecimiento adolescente es objeto de consideración. Aunque en promedio, las chicas entran y completan el crecimiento puberal más precozmente que los varones, los aumentos durante la adolescencia en la MM y en la masa muscular en las jóvenes no son tan grandes como en los varones. Por lo tanto, las mujeres jóvenes adultas logran alrededor de dos tercios de los niveles de masa magra y masa muscular estimadas en los hombres jóvenes adultos. Contrastando con este hecho, la adiposidad absoluta y relativa se incrementan más en las chicas adolescentes.

La menarca es un evento puberal relativamente tardío, que generalmente ocurre más o menos un año después del crecimiento máximo en estatura, durante la explosión adolescente. En las jóvenes de los EEUU, la menarca ocurre cerca del 13er aniversario.

La fuerza, la performance motriz y la potencia aeróbica mejoran durante la adolescencia, pero los niveles promedio de performances tienden a alcanzar un “plateau” o meseta, entre los 13 y los 15 años de edad. Las explosiones bien definidas de crecimiento en la fuerza y en las performances motoras de jóvenes adolescentes no son claramente evidentes. Sin embargo, la potencia aeróbica máxima muestra un pico definido cerca del momento del PVA. Las chicas entrenadas tienen niveles de performance más altos que las chicas sin entrenamiento, y las chicas que tienen retraso en la madurez esquelética y sexual tienden a tener mejores performances.

Bajo circunstancias ambientales adecuadas, el “timing” de la explosión del crecimiento y la maduración sexual es determinada genéticamente. La evidencia de que el entrenamiento regular, antes de la maduración sexual, puede retrasar la maduración de las jóvenes, no es convincente.

El estrés del entrenamiento y la competición como un factor que pueda influenciar el crecimiento y la maduración biológica, necesita un estudio más sistemático y controlado. Se necesitan estudios prospectivos en los cuales los jóvenes, de ambos sexos, sean seguidos desde la prepubertad hasta la pubertad, en los cuales se observen varios indicadores de crecimiento y maduración, y en los cuales tanto el entrenamiento, como así también otros factores conocidos como capaces de poder influenciar el crecimiento y la maduración, sean monitoreados.

REFERENCIAS

1. Malina R.M. *Darwinian fitness, physical fitness and physical activity*. In Mascie-Taylor CGN, and Lasker GW (eds). **Applications of biological anthropology to human affairs**. Cambridge University Press, Cambridge, p 143. 1991.
2. Patton R.G. *Growth and psychological factors*. In **Mechanisms of Regulation of Growth, Report of the 40th Ross Conference on Pediatric Research**. Ross Laboratories, Columbus, OH, p 58. 1962.
3. Tanner J.M. *Fetus into man*. Harvard University Press, Cambridge, MA. 1989.
4. Ellison P.T. *Morbidity, mortality, and menarche*. **Hum, Biol** 53:635. 1982.
5. Leistol K. *Social conditions and menarcheal age: The importance of early years of life*. **Ann Hum Biol** 9:521. 1982.
6. Malina R.M. *Growth and maturation: Normal variation and effect of training*. In Gisolfi CV and Lamb DR (eds): **Perspectives in Exerc Sci and Sport Med Vol 2. Youth, Exerc, and Sport**, Bench Press, IN, p 223. 1989.
7. Drinkwater BL, Nilson K, Chestnut CH, et al. *Bone Mineral of amenorrheic and eumenorrheic athletes*. **N Engl J Med** 311:277. 1984.
8. Warren MP, Brooks-Gunn J, Hamilton LH, et al. *Scoliosis and fractures in young ballet dancers*. **N Engl J Med** 314:1348. 1986.
9. Stager J.M., Robertshaw D., and Miescher E. *Delayed menarche in swimmers in relation to age at onset of training and athletic performance*. **Med Sci Sports Exerc** 16:550. 1984.
10. Frisch R.E., Gotz-Welbergen A.V., McArthur J.W., et al. *Delayed menarche and amenorrhea of college athletes in relation to age of onset of training*. **JAMA** 246:1559. 1981.
11. Warren M.P., and Brooks-Gunn J. *Delayed menarche in athletes: The rol of low energy intake and eating disorders and their relation to bone density*. In Laron Z, and Rogol AD (eds): **Hormones and Sport**. Raven Press. New York, p 41. 1989.
12. Shangold M.M.. *Exercise and the adult female: Hormonal and endocrine effects*. **Exerc Sport Sci Rev** 12:53. 1984.
13. Keizer H.A., and Rogol A.D. *Exercise and the adult female: Hormonal and endocrine effects*. **Exerc Sport Sci Rev** 12:53. 1990.
14. Warren M.P. *The effects of exercise on pubertal progression and reproductive function in girls*. **J Clin Endocrinol Metab** 51:1150. 1980.
15. Peltenburg A.L., Erich W.B.M., Thijssen J.J.H., et al. *Sex hormone profiles of premenarcheal athletes*. **Eur J Appl Physiol** 52:385. 1984.
16. Brisson GR, Dulac S, Peronnet F, et al. *The onset of menarche: A late event in pubertal progression to be affected by physical training*. **Can J Appl Sport Sci** 7:61. 1982.
17. Wierman M.E., and Crowley W.R. jr. *Neuroendocrine control of the onset of puberty*. In Falkner F, and Tanner JM (eds): **Human Growth, Vol 2. Plenum, New York, p 225**. 1986.
18. Carli G., Martelli G., Viti A., et al. *The effect of swimming training on hormone levels in girls*. **J Sports Med Phys Fit** 23:45. 1983.
19. McArthur J.W., Bullen B.A., Beitins I.Z., et al. *Hypothalamic amenorrhea in runners of normal body composition*. **Endocr Res Commun** 7:13. 1980.
20. Fraioli F, Cappa M, Fabbri A, et al. *Lack of endogenous opioid inhibitory tone on LH secretion in early puberty*. **Clin Endocrnol** 20:299. 1984.
21. Frisch R.E. *Fatness of girls from mnarche to age 18 years, with a nomogram*. **Hum Biol** 48:353. 1976.

22. Bronson F.H., and Manning J.M. *The energetic regulation of ovulation: a realistic role for body fat.* **Biol Reprod** **44:945**. 1991.