



Monograph

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

## Growth, Performance, Activity and Training During Adolescence. (Part I)

Robert M Malina

**Palabras Clave:** pubertad, menarca, maduración, crecimiento, rendimiento, pico de crecimiento en altura

**Keywords:** puberty, menarche, maturation, growth, performance, peak height growth

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 sí 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  $\pm 25$  kg a los 10 años, a  $\pm 45$  kg a los 18 años de edad, mientras que la masa muscular, que se estima por la excreción de creatinina, se incrementa de  $\pm 12$  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 ( $\pm 11$  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 VO<sub>2</sub> 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. Las 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 5to 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 (1991). Growth, maturation, and physical activity. *Human Kinetics Publishers, Champaign, IL*
2. MacMahon B (1973). Age at menarche, United States. *Vital and Health Statistics, Series 11, Nº 133*
3. Malina RM (1990). Research on secular trends in auxology. *Anthropol Anz, 48:209*
4. Danker-Hopfe H (1986). Menarcheal age in Europe. *Yrbk Phys Anthropol 29:81*
5. Beunen G, and Malina RM (1988). Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt. *Exerc Sport Sci Rev 16:503*
6. Faust MS (1977). Somatic development of adolescent girls. *Mon Soc Res Child Dev 42(1)*
7. Kemper HCG, and Verschuur R (1985). Motor performance fitness tests. In Kemper HCG (ed): *Growth, Health and Fitness of Teenagers. S Karger, Basel, p 107*
8. Branta C, Haubenstricker J, and Seefeldt V (1984). Age changes in motor skills during childhood and adolescence. *Exerc Sport Sci Rev 12:467*
9. Haubenstricker JL, and Seefeldt VD (1986). 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*
10. Beunen G, Ostyn M, Renson R, et al (1976). Skeletal maturation and physical fitness of girl aged 12 through 16. *Hermes (Leuven) 19:445*
11. Espenschade A (1940). Motor performance in adolescence. *Monogr Soc Res Child Dev 5(1)*
12. Malina RM (1983). Menarche in athletes: A synthesis and hypothesis. *Ann Hum Biol 10:1*
13. Malina RM (1988). Biological maturity status of young athletes. In Malina RM (ed): *Young Athletes: Biological, Psychological, and Educational Perspectives. Human Kinetics Publishers, Champaign, IL, p 121*
14. Krahenbuhl GS, Skinner JS, and Kohrt WM (1985). Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exerc Sport Sci Rev 13:503*
15. Mirwald RL, and Bailey DA (1986). Maximal aerobic power. *Sport Dynamics. London, Ontario*
16. Kemper HCG, Verschuur R, and Ritmeester JW (1986). 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*
17. Malina RM (1986). Energy expenditure and physical activity during childhood and youth. In Demirjian A (ed): *Human Growth: A multidisciplinary Review. Taylor and Francis, London, p 215*
18. Ross JG, Dotson CO, Gilbert CG, et al (1985). 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*

19. Kemper HCG, Dekker HJP, Ootjers MG, et al (1983). Groeth and health of teenagers in the netherlands: Survey of multidisciplinary longitudinal studies and comparison to recent results of a dutch study. *Int J Sport Med* 4:202