

módulo 1 Generalidades

1 Cambios fisiológicos del niño

2 Requerimientos nutricionales durante el desarrollo del niño

3 Atención integral del niño desde la oficina de farmacia

4 Utilización de fármacos en pediatría

5 Medicinas alternativas en pediatría: fitoterapia, homeopatía, etc.

6 Manejo del dolor en el niño

Cambios fisiológicos del niño

Teresa Olivar, María Miranda

Departamento de Biomedicina. Universidad CEU-Cardenal Herrera

El objetivo del presente tema, el primero de este curso de pediatría, es describir de forma sencilla y breve los cambios fisiológicos que se producen en el niño, desde su nacimiento hasta que cesa el crecimiento, momento a partir del cual se le considera adulto. Esto suele suceder a los 18 años en los niños y a los 16 en las niñas. Por otro lado, desde el punto de vista de nuestro sistema de salud, el niño abandona la consulta de pediatría a los 14 años, momento tras el cual es atendido en la consulta de atención primaria de adultos.

Desde el nacimiento y hasta la madurez, la fisiología de los órganos y sistemas de nuestro organismo va cambiando. Por tanto, a la hora de estudiar la farmacología del tratamiento de las distintas enfermedades que

afectan al niño y adolescente (Módulo 2 de este curso), es fundamental tener en cuenta que «el niño no es un adulto en pequeño». De esta forma, en primer lugar hablaremos de la fisiología del crecimiento y desarrollo, para posteriormente abordar la fisiología infantil.

Fisiología del crecimiento y del desarrollo

En primer lugar, diferenciaremos los términos crecimiento y desarrollo. A través del crecimiento el niño aumenta su masa corporal por tres procesos: aumento del número de células, aumento del tamaño de estas y por el enriquecimiento del contenido del espacio extracelular. Sin embargo, gracias al desarrollo todas esas células adquieren un nivel de organización superior, que dota a los órganos de mayor funcionalidad. Por tanto, el crecimiento es cuantitativo y como tal se mide, mientras que el desarrollo es algo cualitativo y, además, ambos procesos no tienen por qué ser paralelos.

El crecimiento es un proceso continuo desde la fecundación hasta la adolescencia, pero el ritmo de velocidad varía, estableciéndose distintos periodos de crecimiento: acelerado en la primera infancia, estable en la edad escolar y preescolar y aceleración del crecimiento en la pubertad.

Se considera primera infancia los dos años de vida extrauterina, durante los cuales se sustituye el mecanismo de regulación paracrino-autocrino por la regulación endocrina, liderada por la hormona del crecimiento a partir del 6º mes de vida. Además, no solo hay un aumento notable del peso, la talla y la grasa corporal, sino que las proporciones corporales cambian dando mayor porcentaje al segmento inferior.



©Axe/STOCKPHOTO

Desde los tres años y hasta el inicio de la pubertad, hay un crecimiento lento y uniforme, con un aumento de talla de 5 a 7 cm/año. A medida que se avanza en este periodo, el crecimiento se desacelera hasta los 7-8 años, momento de la adrenarquía, a partir del cual se observa un aumento ligero y transitorio de la velocidad de crecimiento.

Por último, en la pubertad coinciden un crecimiento elevado y fenómenos madurativos muy importantes, con el objetivo final de que el adolescente alcance la talla adulta, el dimorfismo sexual y su capacidad reproductora. Cabe destacar el estirón puberal con alta velocidad de crecimiento en longitud y de maduración de las gónadas y genitales, lo cual ocurre sobre los 12 años en las niñas y los 14 en los niños.

Por otro lado, ¿de qué depende el crecimiento y desarrollo de cada niño?: de su carga genética y de los factores ambientales que favorecen o dificultan el desarrollo del patrón genético.

Los *factores genéticos* regulan la talla y morfología del niño. Además, un grupo de genes independiente del anterior regulará el ritmo o velocidad de crecimiento en cada periodo. De esta forma, la maduración ósea, la erupción dentaria, así como la edad de la menarquía, entre otros índices madurativos, está controladas genéticamente.

Sobre dicho control genético actúan factores permisivos que hacen posible la expresión del factor genético y factores reguladores, los cuales controlan dicha expresión, de acuerdo con los factores ambientales y determinantes que rodean al niño.

De entre los *factores permisivos*, hay que destacar la nutrición, el estatus socioeconómico, el número de hijos, la afectividad que recibe el niño y el ambiente ecológico en el cual se desarrolla su infancia. Respecto a los factores psicosociales nombra-

dos, resaltar que una falta de afectividad en el entorno del niño disminuye los niveles de hormona del crecimiento, que vuelven a la normalidad cuando el niño se rodea de un entorno familiar afectivo.

Respecto a los *factores reguladores*, su función es iniciar, acelerar o desacelerar el crecimiento y el desarrollo, gracias a la activación o inhibición de enzimas, liberación de hormonas o síntesis de proteínas estructurales. De ellos, las hormonas son las principales reguladoras del crecimiento del niño, destacando la hormona del crecimiento hipofisaria (GH), las hormonas tiroideas, el cortisol, los andrógenos suprarrenales, la testosterona, los estrógenos y los metabolitos activos de la vitamina D, la parathormona o la insulina. Por otro lado, la leptina y la grelina, aunque sin tener una relación bien definida con el crecimiento longitudinal, participan en la adipogénesis y en el control del peso corporal y de los niveles de glucemia, siendo consideradas también factores reguladores, pero muy relacionados con la nutrición.

La GH es el principal regulador hormonal del crecimiento del niño,

y actúa junto con las somatomedinas (también llamados factores del crecimiento similares a la insulina-IGF I y II) y sus proteínas transportadoras. Este conjunto actúa desde dos vertientes: sobre el metabolismo y sobre el cartílago de crecimiento, estimulando la actividad condrocítica (maduración y aumento del número de condrocitos) y, por tanto, facilitando la creación de la matriz extracelular del hueso.

Las hormonas tiroideas, principalmente la T3, favorecen la síntesis y liberación de GH. Además, estimulan la mineralización ósea. Por otro lado, son importantes protagonistas de la maduración del sistema nervioso central.

Los andrógenos suprarrenales y gonadales aumentan la liberación de GH durante la pubertad y estimulan la proliferación celular y la síntesis de la matriz extracelular en el cartílago. Ambos efectos participan en el crecimiento longitudinal del niño y adolescente.

Respecto a los estrógenos, estimulan la secreción de GH desde la adenohipófisis. Por otro lado, sobre el cartílago de crecimiento tienen un efecto dosis-dependiente y antagónico. En dosis bajas, estimulan la síntesis de la matriz extracelular y su mineralización. Por el contrario, en dosis más altas estimulan la calcificación del cartílago y el cierre epifisario y, por tanto, frenan el crecimiento.

Por otro lado, la parathormona y los metabolitos activos de la vitamina D regulan el crecimiento y maduración óseos, favoreciendo la actividad osteoblástica y la mineralización ósea.

Además, los glucocorticoides activan la liberación de la GH, mientras que la insulina actúa facilitando la entrada de glucosa en las células, siendo ambos factores permisivos más que reguladores.

Por último, respecto a los *factores locales* del crecimiento que actúan



©NESTOCK/ISTOCKPHOTO

a nivel celular sobre la expresión bioquímica inicial del crecimiento o diferenciación celular, nombrar al factor de crecimiento de las plaquetas (FDGF), al factor de crecimiento de los fibroblastos (FGF), al epidérmico (EGF), al factor transformador alfa (TGFA), al IGF I y II y al sistema TGF-8.

Desarrollo puberal

El desarrollo puberal se caracteriza por una fase de aceleración del crecimiento durante el primer año y medio, seguida de una fase de desaceleración durante los tres años siguientes, así como por la maduración sexual y el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios (clasificado en 5 estadios según el test de Tanner). Las niñas alcanzan la pubertad unos 2 años antes que los niños y el promedio de su pico máximo de crecimiento es de unos 8,5 cm/año, frente a 9,5 cm/año que alcanzan los niños.

Al inicio del desarrollo puberal se produce un aumento de GH circulante, de IGF I y de una de sus proteínas de transporte (IGFBP-3). Esto hace que la biodisponibilidad de GH y de IGF 1 para actuar sobre los tejidos diana sea muy alta, especialmente para el cartílago de crecimiento, donde estimula la proliferación y diferenciación celular, así como la síntesis de la matriz extracelular.

Por otra parte, los niveles de esteroides gonadales, testosterona en los niños y estradiol en las niñas se incrementan hasta alcanzar los valores del adulto. Esto ocurre en los niños al final de la etapa de crecimiento y en las niñas en la menarquía. En este caso, el patrón de secreción es inverso al de la GH, es decir, valores plasmáticos bajos acompañan a la fase de aceleración y altos a la desaceleración y finalización del crecimiento en altura. Los andrógenos estimulan la proliferación, la diferenciación y mineralización de la matriz. Por otro lado, los estrógenos estimulan la diferen-

ciación y mineralización de la matriz, pero inhiben la proliferación celular. De esta forma, los andrógenos favorecen el crecimiento global del cartílago de crecimiento, mientras que los estrógenos estimulan la mineralización. Por último, el crecimiento longitudinal finaliza cuando, bajo la influencia de los estrógenos, secretados por el ovario o bien convertido por aromatización de la testosterona en los adolescentes varones, se produce la fusión de las epífisis.

Por tanto, durante el desarrollo puberal y los primeros años de vida, se producen los periodos de mayor mineralización de la matriz del tejido óseo. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la mineralización continúa hasta los 21 años. Un 50% se produce desde el nacimiento y hasta el desarrollo puberal, un 30% durante este y un 20% durante la adolescencia tardía y hasta los 21 años, edad a la cual todos los niños deberían llegar con una mineralización ósea lo más adecuada posible.

Características diferenciales de la fisiología infantil

En este apartado pretendemos sintetizar algunas de las diferencias entre la fisiología infantil y la del adulto. Para una mayor claridad, las expondremos por tejidos o sistemas.

Aparato digestivo

Cuando nace, el aparato digestivo del niño está especialmente preparado para la ingestión de la leche de mujer. Durante el primer año de vida el sistema digestivo madurará y adquirirá la capacidad de hidrolizar, absorber y utilizar la práctica totalidad de los alimentos. Además, en el lactante la succión es casi la única función de la cavidad oral y la capacidad de masticación verdadera no aparece hasta los 6-7 meses de vida. Un hecho importante es la facilidad para el reflujo y la regurgitación de los recién nacidos, que es



debida en gran parte a la inmadurez del esófago.

En cuanto a las enzimas digestivas, también sufren cambios durante los primeros meses/años de vida:

1. Lactasas. Su actividad no alcanza el nivel máximo hasta el final de la gestación. Puede ser deficiente, por tanto, en un prematuro. Algunas personas tienen deficiencia de lactasa fisiológica tardía, que aparece entre los 4 y los 12 años de edad.
2. Amilasas. En el recién nacido los niveles de amilasa pancreática son inferiores a los del adulto (el nivel de este se alcanzará al final de la lactancia). En cambio, en estas primeras etapas intervienen de forma importante en la digestión de hidratos de carbono sobre todo la amilasa lingual, aunque también la mamaria.
3. Lipasas. En el recién nacido existen unos niveles bajos de lipasas e inmadurez de la circulación enterohepática de los ácidos biliares. Como consecuencia, la digestión de las grasas a esta edad está dificultada. Los ácidos grasos de cadena larga saturados se absorben mal por el lactante. Los niños menores de un año absorben el 80% de la grasa ingerida.

Aparato respiratorio

El aparato respiratorio en la edad infantil presenta numerosas diferencias con el adulto como: distinta morfolo-

gía torácica, mayor frecuencia respiratoria, mayor debilidad en cartílagos y musculatura, facilidad para el edema y tendencia al espasmo.

Un niño de 3 años moviliza 800 ml de aire en una inspiración-espiración forzada, y a los 10 años el volumen movilizado es de 2 litros. Podemos deducir que el volumen de aire que movilizan con cada respiración es menor. Por otro lado, un niño de 3-4 años respira 30-40 veces por minuto, esto supone que la frecuencia respiratoria es el doble que la de un adolescente.

Aparato cardiocirculatorio

Durante los primeros días de vida se desarrollan cambios muy importantes en el aparato cardiovascular, puesto que el niño tiene que adaptar la circulación intrauterina a la vida fuera de la madre. En esta edad, las patologías más comunes en cuanto al aparato circulatorio son las cardiopatías congénitas. Para su correcta identificación es útil conocer que los valores de la frecuencia cardíaca, la presión arterial y el electrocardiograma varían con la edad. Así, el ritmo cardíaco en reposo es mucho más rápido en un niño (de 120 a 180 latidos por minuto) que en el adulto (de 60 a 80 latidos por minuto). Los tonos cardíacos o ruidos normales son, fisiológicamente, cuatro. Por auscultación se suelen percibir solo los dos primeros en un adulto sano y a veces un tercero y cuarto ruidos en los primeros años de vida.

Sistema inmunológico

El sistema inmunitario comienza su desarrollo a partir de las células madre cuando el embrión tiene alrededor de cinco semanas; a pesar de ello, durante los primeros meses de vida el sistema inmunitario del bebé está todavía en proceso de maduración. El recién nacido está, por tanto, menos preparado para combatir las posibles infecciones. Solo a lo

Puntos clave

- «El niño no es un adulto en pequeño» y su fisiología es diferente a la del adulto.
- Durante la primera infancia (2 años) hay un aumento importante de peso, talla y grasa corporal, así como un cambio de proporciones; desde los 3 años y hasta la pubertad hay un crecimiento lento que se desacelera en la adrenarquia (7-8 años) y aumenta ligeramente hasta la pubertad (12 años en los niños y 14 en las niñas), momento del estirón puberal y posterior desaceleración hasta el cierre epifisario.
- El crecimiento del niño depende de factores genéticos, permisivos y reguladores.
- Los factores reguladores del crecimiento más importantes son la hormona del crecimiento hipofisaria, las hormonas tiroideas, los andrógenos suprarrenales, la testosterona, los estrógenos, los metabolitos activos de la vitamina D, la parathormona y la insulina.
- Durante el desarrollo puberal la fase de aceleración del crecimiento coincide con niveles plasmáticos altos de GH e IGF 1 y bajos de esteroides gonadales. Sin embargo, la fase de desaceleración del crecimiento y el incremento de la mineralización coinciden con niveles bajos de GH e IGF 1 y elevados de esteroides gonadales.
- La mineralización ósea se extiende más allá de la finalización del crecimiento en longitud, hasta los 21 años.
- La facilidad para el reflujo y la regurgitación de los recién nacidos es debida en gran parte a la inmadurez del esófago.
- Los niños menores de un año absorben el 80% de la grasa ingerida.
- Un niño de 3-4 años respira 30-40 veces por minuto; esto supone que la frecuencia respiratoria es el doble que la de un adolescente.
- El ritmo cardíaco en reposo es mucho más rápido en un niño que en un adulto.
- La inmadurez inmunológica del recién nacido está compensada por las defensas que le proporciona la madre durante el embarazo y la lactancia.
- La inmadurez del sistema visual conlleva que en el nacimiento la agudeza visual es de 5/100 y llega a los 10/10 a partir de los 2 años de edad.

largo de los primeros años de vida alcanza su completa madurez, de un modo análogo a lo que pasa con el resto de los sistemas y órganos. Algunas infecciones virales son graves durante el primer año de vida (por ejemplo, la varicela). Sin embargo, esta inmadurez inmunológica está compensada por las defensas que le

proporciona la madre durante el embarazo y la lactancia.

Tener muchas o pocas infecciones depende más del ambiente y de los gérmenes patógenos con los que tenemos contacto que del estado de las defensas. Esto sucede muy habitualmente cuando el niño empieza a ir a la guardería, siendo normal en

esta época que el niño sufra catarros frecuentes. Si realmente hay un fallo inmunológico, lo que sucedería es que las infecciones banales se complicarían con facilidad.

Sistema renal

Al nacer, el riñón reemplaza a la placenta como principal órgano homeostático, mantiene el equilibrio hidroelectrolítico y elimina los productos perjudiciales de desecho. A pesar de esto, se podría decir que el riñón de un recién nacido es un riñón inmaduro o «fisiológicamente insuficiente»:

1. La tasa de filtración glomerular es baja después del nacimiento, aumenta rápidamente hasta el doble a las 2 semanas de vida y alcanza los valores del adulto al año de edad.
2. Los recién nacidos a término pueden retener sodio; sin embargo, tienen una capacidad limitada para excretar una carga de sodio.
3. El recién nacido tiene una capacidad limitada para concentrar la orina. Tanto los prematuros como los recién nacidos a término pueden diluir la orina.
4. En el recién nacido hay un aumento de la retención de fosfato asociado al crecimiento.

Visión

Durante los primeros meses y años de la vida de un niño el sistema visual todavía está desarrollándose, de tal modo que a medida que el niño crece van cambiando las características anatómicas del sistema ocular y el niño tiene que «aprender a ver» al mis-



©E. RODRIGUEZ/STOCKPHOTO

mo tiempo. Dos de los cambios más llamativos que destacamos en este apartado son el crecimiento del tamaño del ojo y el desarrollo de la retina.

En el nacimiento la longitud de delante atrás es más corta que en la edad adulta, ello hace que las imágenes se formen por detrás de la retina, y el ojo del niño es, por tanto, un ojo hipermetrope. Durante el crecimiento el ojo se alarga hasta adquirir la longitud propia del adulto y se transforma en un ojo emétrope.

La retina es la parte del ojo más inmadura en el momento del nacimiento. La densidad de los conos en la fóvea es menor y no alcanzan la madurez funcional hasta los 2 años. Las células ganglionares al principio están localizadas en el polo posterior y hasta los 2 o 3 años de vida no alcanzan la periferia.

Esta inmadurez del sistema visual conlleva que en el nacimiento la

agudeza visual es de 5/100 y es a partir de los 2 años de edad cuando llega a 10/10.

Bibliografía

1. Del Pozo Machuca J y col. Tratado de pediatría extrahospitalaria. Tomo I. Ed. Sepeap. Madrid, 2011.
2. Carrascosa A, Gussinyé M, Yeste D. Crecimiento y mineralización del esqueleto óseo durante la pubertad y adolescencia. Regulación hormonal y nutricional. Pubertad Normal y Patológica. Sociedad Española de Endocrinología Pediátrica, 1997.
3. Arlan L, Rosenbloom AL. Fisiología del crecimiento. Ann Nestlé 2007; 65: 99-110.
4. Cruz M. Nuevo tratado de pediatría. Ed. Océano-Ergón, 2011.
5. Rosales S. Aspectos fisiopatológicos diferenciales en el niño. Principios de Fisiopatología para la Atención Farmacéutica. Volumen IV. Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos. 2009.