

Medicina evolutiva del desarrollo puberal

Nicolás Devaud J.¹, Ángel Spotorno O.²

Resumen

Los cambios históricos en el patrón ontogénico experimentados por la especie humana, se traducen hoy en una disminución global en la edad de inicio de la pubertad en diversas sociedades, particularmente en las que estuvieron sometidas a graves condiciones de supervivencia por tiempos prolongados. Esta anticipación progresiva es un reflejo de cambios biosociales caracterizados por una disminución en las tasas de mortalidad como resultado de mejores niveles de nutrición, salud y cuidado familiar. Este fenómeno es analizado en el marco conceptual de la Medicina Evolutiva, un campo emergente que considera, por ejemplo, la disociación entre las condiciones actuales de las poblaciones humanas con aquéllas que predominaron en la evolución de la especie humana desde el Paleolítico. Las consecuencias médicas de una capacidad reproductiva a edades más tempranas, por ejemplo un aumento en el período de nubilidad y el aumento concomitante del período de exposición a estrógenos, aumentaría los riesgos de cáncer en mujeres modernas, así como en la regulación circulatoria y excretora.

(**Palabras clave:** medicina evolutiva, ontogenia, desarrollo puberal, maduración acelerada).
Rev Chil Pediatr 75 (4); 373-378, 2004

Evolutionary Medicine and puberty

The hystorical changes in the ontogenetic pattern that has occurred in the human species are translated today in a global decrease of the age of puberty, particularly in those societies which lived under severe survival conditions during long periods of time. This progressive decrease is a reflection of the biosocial changes characterised by decreased mortality rates resulting from improved levels of nutrition, health and family care. This phenomena is analyzed under the conceptual frame of Evolutionary Medicine, an emergent field that considers, for instance, the disociation between the present conditions of human populations with those which were predominant during human evolution since the Paleolithic era. The medical consequences of early puberty such as an increase in the period of fertility and consequent increase to oestrogens could increase the risks of cancer in modern women, as well as cardiovascular and renal disease.

(**Key words:** evolutionary medicine, ontogeny, puberty, accelerated maturity).
Rev Chil Pediatr 75 (4); 373-378, 2004

1. Estudiante VI año de Medicina. Escuela de Medicina y Programa de Genética Humana, ICBM, Facultad de Medicina, Universidad de Chile.
2. Ph.D., Profesor Encargado Asignatura de Evolución, Escuela de Medicina y Programa de Genética Humana, ICBM, Facultad de Medicina, Universidad de Chile.

Trabajo recibido el 6 de mayo de 2003, devuelto para corregir el 25 de septiembre de 2003, segunda versión el 16 de marzo de 2004, aceptado para publicación el 30 de marzo de 2004.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo puberal es una etapa notable en la ontogenia humana, no sólo por la multiplicidad de órganos y funciones afectados sino por las recientes modificaciones que han experimentado algunas de sus características bajo las condiciones propias de la modernidad¹. La interpretación de estos fenómenos y sus implicancias médicas constituye uno de los temas de la nueva Medicina Evolutiva² o Medicina Darwiniana³.

Esta emergente disciplina biomédica es definida como aquella que estudia las consecuencias dinámicas y rápidas de la selección natural sobre las adaptaciones del linaje humano y de sus patógenos, así como en la reconstrucción de sus historias evolutivas y sus consecuencias para la salud y la enfermedad³. Específicamente, propone las siguientes premisas evolutivas⁴: a) El genoma humano fue seleccionado bajo ambientes pretéritos muy distintos a los actuales; b) La evolución cultural ocurre demasiado rápido como para acomodar la lenta evolución genética adaptativa, produciendo disociación entre nuestros genes y nuestras vidas; c) La discordancia entre nuestra biología paleolítica y nuestro estilo de vida moderno está en la base de muchas enfermedades y desajustes físicos, psicológicos y sociales actuales.

El objetivo del presente artículo es revisar algunas explicaciones evolutivas para las recientes modificaciones del desarrollo puberal en algunas poblaciones humanas, específicamente el inicio precoz de la pubertad, la maduración acelerada, y el secular aumento de estatura en los seres humanos occidentales. Más que una revisión exhaustiva, pretende ampliar el marco interpretativo de estos hechos, a la luz de las teorías evolutivas, específicamente de la Medicina Evolutiva.

A través de la historia de la biosfera, las especies que habitan la tierra han ido desplegando diversas estrategias ontogénicas; tales ontogenias pueden ser caracterizadas por un patrón diferencial de tiempos y recursos precisos asignados para el mantenimiento, crecimiento, desarrollo y reproducción de los individuos. El mantenimiento implica costos energéticos que se engloban dentro de necesidades metabólicas básicas, necesidades de reparación y renovación de estructuras orgánicas y de defensa contra depreda-

dores y patógenos; los recursos energéticos que quedan luego de este costo de mantención, es lo que constituye la productividad de la especie y es, por ende, el recurso energético posible de invertir en crecimiento y reproducción⁵. Los primates, por ejemplo, tienen costos energéticos de mantención muy altos, lo que implica una productividad un 60% menor que el de otros mamíferos; por ende el recurso energético es más limitado para crecimiento y desarrollo⁶.

El primate humano, además presenta una ontogenia especial definida por un retardo general en muchos eventos del desarrollo. Es lo que Bolk definió como la hipótesis de fetalización de la especie humana o hipótesis del retardo fisiológico del desarrollo⁷. Nuestra ontogenia se define así, por un primer período de niñez prolongada, donde son característicos la dependencia nutricional y afectiva a través de un período de lento crecimiento; etapa en la que el crecimiento lento y paulatino permite un intenso aprendizaje y socialización de los individuos, gracias a los cuidados maternos postnatales y a una mayor presencia y participación de la figura paterna en esta etapa⁸. Posteriormente, sobreviene un segundo período caracterizado por una marcada aceleración del crecimiento, tanto en talla como peso corporal, junto a un gran desarrollo de los caracteres sexuales físicos y psicológicos. Esta segunda etapa, la pubertad, marca el final de la niñez y el inicio de una carrera reproductiva donde la productividad energética comienza a ser invertida principalmente en reproducción y no tanto en crecimiento⁹.

El fenómeno que gatilla esta nueva etapa es un cambio en el patrón de secreción de GnRH en el hipotálamo, con el aumento de los niveles de LH y FSH, hormonas que cumplen un rol inductor esencial en el desarrollo reproductivo¹⁰. El nuevo patrón de secreción determina los eventos físicos y psicológicos que definen la pubertad, siendo uno de los más característicos la menarquia o primera menstruación. Esta se presenta en el rango promedio de los 12,0-12,5 años en adolescentes provenientes de poblaciones urbanas industrializadas, y entre los 18,0-18,6 años en niñas de comunidades rurales indígenas⁵. En Chile, un reciente estudio de las características reproductivas prepuberales en 232 niños de ambos sexos de un colegio del sector céntrico de Santiago, indicó un adelanto en las niñas, y no en los niños¹¹.

El problema que surge y que se pretende interpretar aquí en un marco biológico explicativo más amplio, es que durante los últimos 130 años, ha sido cada vez más evidente el mayor incremento de la talla a edades más tempranas y una disminución de la edad de la menarquia en las adolescentes. Este fenómeno no solamente caracteriza a los grupos sociales más acomodados sino que incluso se ha hecho más notorio en las sociedades y grupos menos privilegiadas.

La hipótesis explicativa, vista desde la medicina evolutiva, es que esta disminución progresiva en la edad de inicio de la pubertad y particularmente de la menarquia, se explicarían por un desarrollo de las condiciones básicas de vida y acceso a los recursos de subsistencia y salud en las distintas poblaciones y grupos sociales¹². Esto permitiría disminuir el gasto energético de mantenimiento y por ende contar con una mayor productividad para invertir en crecimiento y reproducción a edades más tempranas.

DISCUSIÓN

Uno de los primeros científicos en estudiar la ontogenia y específicamente los cambios en los patrones de desarrollo puberal en las poblaciones humanas fue J.M. Tanner. En 1962, postuló que el incremento en la talla a edades más tempranas, realidad que siempre caracterizó a las clases sociales más acomodadas, ahora comenzaba a ser un hecho global en el desarrollo de todas las poblaciones y en especial de aquellas menos privilegiadas.

Basado en esta observación, Tanner comenzó a realizar estudios sobre la edad de inicio de la pubertad según la edad de la menarquia en las adolescentes del norte de Europa, pudiendo concluir que existía una disminución notable en la edad de la menarquia, a razón de 4 meses cada 10 años en los últimos 130 años. Estos primeros análisis impulsaron una serie de investigaciones sobre la edad de inicio de la pubertad, utilizando como referencia la edad de menarquia.

En 1966-67, Malcolm¹³ estudió el desarrollo ontogénico en los Bundi, una población hortofrutícola de las llanuras del noroeste de Papua, Nueva Guinea. En este estudio, pudo registrar entre las adolescentes un promedio de edad de menarquia de 18 años¹⁴.

Diecisiete años más tarde (1983-84), Zemel y Jenkins¹² volvieron a evaluar la edad de la menarquia en la misma población de los Bundi, pero ahora representada por dos subgrupos: aquellos que habían permanecido en las localidades rurales estudiadas por Malcolm, y un segundo grupo, los que habían migrado a las ciudades. Se pudo observar en este análisis una notoria disminución de la edad de la menarquia en ambos subgrupos. Sin embargo, esto fue mucho más marcado en el grupo que había migrado a sectores urbanos, siendo su edad promedio de menarquia de 15,8 años, en comparación al grupo rural que presentaba una edad media de 17,2 años. Así, entre el grupo rural y el urbano, quienes hasta hace un tiempo eran una misma población, existía ya una diferencia en la edad desarrollo puberal de 1,4 años.

Este adelantamiento en el desarrollo, de 0,8 a 2,2 años por cada diez años, observado entre los Bundi, coincide con los avances en nutrición, salud pública, escolaridad y remuneraciones logrados en las áreas más rurales de Papua Nueva Guinea durante esos veinte años¹⁵. Por otro lado, este estudio y el informe del Banco Mundial de 1993 (World Bank, 1993), son coincidentes en demostrar que el desarrollo alcanzado en materia de salud pública y nutrición en las poblaciones de menor desarrollo industrial en los últimos cincuenta años y evidenciado por una disminución de las tasas de mortalidad y mayor expectativa de vida al nacer, se han acompañado efectivamente de una aceleración en el patrón de desarrollo puberal de estas poblaciones.

Si bien las causas de esta modificación en el patrón ontogénico no están absolutamente esclarecidas, pareciera que la variación genética no juega un rol preponderante¹⁶. Aparentemente los principales factores involucrados son la morbilidad (frecuencia, tipo, severidad y duración de las enfermedades), nutrición (suficiencia de macro y micro nutrientes) y calidad del desarrollo y cuidado materno-gestacional¹⁷. Por lo tanto, el desarrollo puberal temprano es predecible bajo condiciones de baja mortalidad, es decir en condiciones de buena nutrición, baja morbilidad y bajo nivel de estrés, sobre todo cuando estas condiciones se mantienen de forma permanente durante las prolongadas etapas de gestación, lactancia y niñez⁵.

Es posible plantear entonces, que estas

condiciones de bajo costo de mantenimiento del individuo, informan al organismo que las características del ambiente son las adecuadas para un desarrollo acelerado y un período reproductivo temprano. Se puede realizar así una estrategia ontogénica de menor mantenimiento y mayor productividad.

Pareciera además que entre más brusco es este cambio favorable en las condiciones del ambiente, mayor es el cambio ontogénico. Esto quedó demostrado en un estudio realizado por Proos et al¹² en 1991, en el cual se observó que niñas de la India y de Bangladesh adoptadas a edades más tardías por familiares suecos, presentaban menarquias más tempranas que aquellas niñas de la misma nacionalidad adoptadas antes de los tres años de edad. Las adoptadas antes de los tres años presentaban una edad promedio para la menarquia de 11,9 años, en comparación a los 11,1 años promedio de las niñas adoptadas luego de los tres años de edad.

Se podría concluir entonces, que niñas que han experimentado un estado de privación nutricional y de salud permanente, reaccionarían ante un mejoramiento brusco de las condiciones del ambiente, acelerando su período reproductivo de manera de poder sacar el mayor provecho a esta ventana de recursos ambientales que se les está proveyendo.

De esta manera, a diferencia de lo que siempre se ha creído, la aceleración del desarrollo puberal y del período reproductivo serían características relacionadas mayormente a aquellas sociedades sometidas a fuertes presiones de supervivencia y que repentinamente ven mejoradas sus condiciones de vida, más que de los grupos sociales desde siempre privilegiados.

Otro factor importante de analizar en este tema de las modificaciones ontogénicas, es el bimutarismo sexual. El concepto de bimutarismo consiste en las diferencias entre los tiempos en que ocurren los cambios físicos y psicológicos durante el desarrollo puberal entre ambos sexos⁵. Basado en este concepto, diversos estudios han definido que las adolescentes en sociedades occidentales ingresan a la pubertad en un promedio de 6-12 meses antes que los hombres. Las adolescentes muestran tempranamente cambios físicos evidentes en su desarrollo puberal, como son el incremento de talla y desarrollo mamario, a diferencia de los hombres en

quienes sus cambios físicos más evidenciables de la pubertad ocurren a edades más tardías¹².

Se puede predecir de esta manera, que el desarrollo en los hombres sería más sensible a las condiciones del ambiente en comparación a las mujeres, dado que los hombres están sometidos a una menor presión para iniciar su función reproductiva⁵. La mayor presión a que están sometidas las mujeres se debe a que su período reproductivo está limitado en el tiempo por la menarquia y la menopausia. Por ende, un retraso en la edad de inicio de la pubertad en las mujeres trae como consecuencia una menor capacidad reproductiva, y por lo tanto, de la adecuación biológica. En efecto, es conocido desde antiguo el mayor efecto demográfico de la edad de la primera reproducción¹⁸, el que supera incluso al efecto del tamaño de camada producida por las hembras¹⁹.

Los hombres, por el contrario, sufren un menor costo en su productividad al retrasar su desarrollo, debido a que su carrera reproductiva no está limitada por una menopausia. Esta lógica nos permite inferir que el desarrollo en las mujeres debe estar enfocado a alcanzar lo más tempranamente posible la edad reproductiva a pesar de las condiciones adversas del ambiente. Serán los hombres quienes más probablemente retrasen su inicio de la pubertad ante condiciones desfavorables, así como serán ellos los que demuestren una aceleración de su desarrollo cuando las condiciones mejoren⁵.

Por otra parte, la edad de inicio de la pubertad y especialmente las diferencias observadas entre hombres y mujeres, estarían condicionadas por los factores definidos por el microambiente o factores que tienen que ver con los cuidados otorgados por el núcleo familiar. En muchas sociedades, y especialmente en aquellas sometidas a mayores estragos sociales, existe un cuidado diferenciado de los padres hacia sus hijos, dependiendo de si éstos son hombres o mujeres. Dado que los padres en estas sociedades cuentan con recursos restringidos, tanto de alimentos como de tiempo y energía, ellos invierten estos recursos según la mayor productividad que obtengan a cambio, a partir de sus hijos. De esta manera los padres no definen el cuidado de los hijos según las necesidades de cada uno, sino en relación a su percepción de los costos y beneficios que provea cada hijo⁵.

En las sociedades caracterizadas por el cuidado diferencial, en general son los hijos hombres quienes reciben los mejores cuidados, dado que éstos serán los que en el futuro provean la principal mano de obra para la familia. Sus hermanas en cambio, implican un mayor gasto en relación a una menor productividad, dado que las mujeres en estas sociedades en general dejan la casa de sus padres a edades tempranas para casarse, representando así un menor potencial productivo para sus padres. El cuidado diferencial en estas sociedades conlleva a veces incluso al infanticidio y al cuidado deficiente de las hijas, lo que por ejemplo, fue muy común en la India durante los años de colonización inglesa¹². En general, debido a las peores condiciones en que usualmente crecen las adolescentes de estas sociedades en comparación a los hombres, son éstas las que más se han beneficiado con los cambios sociales de los últimos cincuenta años, tendientes a mejorar las condiciones de vida en estos pueblos. Por ende, a pesar de que serían los hombres los más sensibles a las modificaciones del ambiente, son las mujeres las que han evidenciado los mayores cambios en su microambiente, traduciéndose esto en menores cargas de trabajo, dietas con mayor contenido proteico y de grasas, mayor escolaridad y por sobretodo el cambio del rol de la mujer dentro de la familia y su sociedad (Worthman, 1999 #93).

Esto explica por qué en la mayoría de las investigaciones realizadas, entre ellas la de Zemel y Jenkins de 1989, la mayor progresión en la edad de inicio de la pubertad ocurría en mujeres más que en varones, traduciéndose en mayor estatura alcanzada a edades más tempranas por las adolescentes. En cualquier caso, todas estas interpretaciones deberían ser verificadas en contextos biológicos más amplios, por tratarse de fenómenos cuyas causas no son sólo próximas o inmediatas en el contexto instantáneo particular de la edad reproductiva humana, sino también de causas mediatas o evolutivas, relacionadas con la historia pasada del linaje humano, y su evolución y ecología pleistocénicas³.

CONSECUENCIAS MÉDICAS

El estudio de esta anticipación en las funciones reproductivas del ser humano, ha

llevado a definir implicancias médicas que derivan de este nuevo patrón ontogénico. Por ejemplo, con la disminución de la edad de inicio de la pubertad, se produce un aumento del período de nubilidad o período que transcurre entre la menarquia y el primer embarazo; esto conlleva a una exposición más prolongada a ciertas hormonas como los estrógenos, lo cual aumenta el riesgo de desarrollar cáncer de mamas, endometrio, ovarios, entre otros²⁰. Efectos cancerígenos también ocurren con el adelanto en alcanzar la talla adulta durante la juventud.

Una capacidad reproductiva a edades más tempranas implicaría también una disociación entre la maduración psicológica y la sexual. Esto conlleva a un mayor riesgo de embarazo en edades escolares, junto a todo el trasfondo social y psicológico que esto implica. Disociaciones similares se producen también en la regulación de otros sistemas, por ejemplo, el rápido crecimiento corporal puede afectar la regulación de la presión sanguínea, si es que el desarrollo renal no logra compensar alométricamente la mayor demanda concomitante, por lo tanto, se produciría una elevación de la presión sanguínea para mantener la homeostasis, lo que establecería una trayectoria ontogenética que favorecería la hipertensión²⁰.

En resumen, el cambio en el patrón ontogénico experimentado históricamente por la especie humana, se traduce hoy en una disminución global en la edad de inicio de la pubertad en diversas sociedades, particularmente en aquellas que por mucho tiempo estuvieron sometidas a difíciles condiciones de supervivencia. Esta anticipación progresiva de nuestra carrera reproductiva, es un reflejo de cambios sociales caracterizados por una disminución en las tasas de mortalidad como resultado de mejores niveles de nutrición, salud y cuidados familiares en las distintas sociedades a nivel mundial. Tan fuerte se ha hecho esta asociación entre las edades de desarrollo puberal y las condiciones del ambiente, que ambos factores han pasado a constituir indicadores de desarrollo y equidad social¹⁶. En términos de productividad energética, el desarrollo y mejoramiento de las condiciones ambientales implica mayores recursos para el mantenimiento del organismo, permitiendo una mayor productividad, la que puede ser invertida en crecimiento rápido y reproducción, siendo por ende la reproducción a edades

tempranas energéticamente viable, con consecuencias en la adecuación biológica y en la demografía de esas poblaciones.

Por último, el nuevo patrón de desarrollo reproductivo de nuestra especie arrastra consigo problemas médicos asociados que son importantes de re-evaluar en sus orígenes biológicos y en sus consecuencias actuales.

REFERENCIAS

- 1.- *Tanner JM*: Fetus into man: Physical growth from conception to maturity Cambridge, MA: Harvard University Press; 1978.
- 2.- *Trevathan WR, Smith EO, McKenna JJ, eds*: Evolutionary Medicine. New York: Oxford University Press; 1999.
- 3.- *Stearns S*: Darwinian Medicine. In: Pagel M, ed. Encyclopedia of Evolution. Vol. 1. New York, NY: Oxford University Press; 2002: 67-76.
- 4.- *Eaton SB, Strassman BI, Nesse RM, et al*: Evolutionary health promotion. Preventive Medicine 2002; 34:109-18.
- 5.- *Blurton Jones N*: The lives of hunter-gatherer children: effects of parental behavior and parental reproductive strategy. In: Pereira ME, Fairbanks LA, eds. Juvenile Primates. New York: Oxford University Press; 1993: 309-26.
- 6.- *Charnov EL*: Life history invariants. Oxford, England: Oxford University Press; 1993.
- 7.- *Spotorno AE*: Evolución humana. In: Spotorno AE, Hoecker G, eds. Elementos de Biología Celular y Genética. 2a. ed. Santiago, Chile: Facultad de Medicina, U. de Chile 1993; 354-66.
- 8.- *Bruntlund GH, Liestol K, Wallee L*: Height, weight, and menarcheal age of Oslo school-children during the last 60 years. Annals of Human Biology 1980; 7: 307-22.
- 9.- *Bernardo J*: Determinants of maturation in animals. Trends in Ecology and Evolution 1993; 8: 166-73.
- 10.- *Cunningham FG*, ed. Williams Obstetricia. 20a ed. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana; 1998.
- 11.- *Gaete X, Unanue N, Ávila A, Cassorla F*: Cambios en la edad de inicio de la pubertad en niñas de la comuna de Santiago: Implicancias para el diagnóstico de la pubertad precoz. Rev Chil Pediatr 2002; 73: 363-8.
- 12.- *McDade TW, Worthman CM*: Evolutionary process and the ecology of human immune function. American Journal of Human Biology 1999; 11: 705-17.
- 13.- *Malcolm LA*: Growth and development of the Buni child of the New Guinea highlands. Human Biology 1970; 42: 293-328.
- 14.- *Eveleth PB, Tanner JM*: Worldwide variation in human growth. 2nd. ed Cambridge: Cambridge University Press; 1990.
- 15.- *Bogin B*: Patterns of human growth. Cambridge: Cambridge University Press; 1988.
- 16.- *Campbell K, Wood J W*: Fertility in traditional societies. In: Diggory P, Potts M, Teper S, eds. Natural Human fertility: Social and biological determinants. London: MacMillan; 1988.
- 17.- *Liestol K*: Social conditions and menarcheal age: the importance of early years of life. Annals of Human Biology 1982; 9: 521-37.
- 18.- *Cole LC*: The population consequences of life history phenomena. Quarterly Review of Biology 1954; 29: 103-37.
- 19.- *Stearns SC*: The evolution of life histories New York: Oxford University Press; 1992.
- 20.- *Eaton SB, Cordain L, Lindeberg S*: Evolutionary health promotion: a consideration of common counterarguments. Preventive Medicine 2002; 34: 119-23.