

Valoraciones medico-legales sobre la determinación de la edad cronológica mediante pruebas radiológicas en torno a los 18 años.

Evaluation of chronologic age with Rx probes at 18 years of age. Health and legal aspects.

Ignacio Díez López¹, Ainhoa Sarasua Miranda¹, Ainara Gamarra Cabrerizo², Manuel Carranza Ferrer³

¹Sección de Endocrinología infantil, Servicio de Pediatría. Hospital Universitario de Álava. Vitoria, Álava

²Sección de Radiología infantil, Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital Universitario de Álava. Vitoria, Álava

³Sección de Endocrinología infantil, Servicio de Pediatría. Hospital Nostra Senyora de Miretxel. Les Escaldes (Andorra)

Resumen

La valoración de la edad ósea con la pretensión de determinar la edad cronológica de un individuo en torno a los 18 años de edad supone un reto y una dificultad en muchas ocasiones. Estas determinaciones se han incrementado en los últimos años en la práctica clínica debido al incremento de la inmigración, las adopciones internacionales o la valoración de la edad penal; todas estas circunstancias con una gran repercusión jurídica y médica para el sujeto estudiado. En este artículo los autores realizamos una amplia revisión bibliográfica y se concluyen unas recomendaciones prácticas.

Palabras clave: Edad ósea, Pediatría, Edad cronológica.

Abstract

The assessment of bone age to determine an individual's chronological age around 18 years of age is a challenge and a difficulty in many occasions. These determinations have increased in recent years in clinical practice due to increased immigration, international adoptions or the assessment of legal age, all these circumstances a great impact

for the patient's legal medical future. We reviewed the literature and give some recommendations in these cases.

Key Words: Bone age, Pediatrics, Chronological age.

INTRODUCCIÓN

Debido al incremento de la inmigración en nuestro país en los últimos años, los pediatras y radiólogos infantiles nos hemos visto involucrados por parte de las autoridades judiciales en una tarea que hasta ahora nos era del todo ajena: la valoración de una edad "biológica" de un individuo con finalidad no médica o patológica, sino judicial.

El aumento del número de menores en situación irregular que llegan a nuestro país en los últimos años es un hecho exponencial tal y como viene contrastado por el Ministerio de Asuntos Sociales y de Inmigración, bien acompañados de un adulto o en situación de desamparo.

La Ley del Menor de nuestro país protege a aquellos menores en situación de desamparo familiar, favoreciendo su acogida e integración en los Sistemas y Servicios Sociales. Por otro lado la situación de memoria de edad judicial también tiene su importancia a la hora de establecer posibles penas a individuos ⁽¹⁾ que cometan algún tipo de delito. De esta forma y amparándose en nuestras actuales Leyes, algunas personas alegan frente a las Autoridades su condición de menor sin llegar a serlo, para de esta forma verse beneficiados estos o sus ascendientes de una situación especial protección o acogida ^(2,3).

Correspondencia:

Ignacio Díez López

Sección de Endocrinología infantil

Servicio de Pediatría

Hospital Universitario de Álava

C/José Atxotegui s/n, 01010, Vitoria, Álava

E-mail: idgnacio.diezlopez@osakidetza.net

Otro punto donde se ha incrementado el número de solicitudes es en el ámbito de la Adopción Internacional. Son muchos los países, entre ellos la mayor parte africanos y zona de Indonesia, que tienen limitada la adopción a menores de 6 años⁽⁴⁾. Es por ello que las Autoridades de esos países o los propios padres adoptivos falsean la verdadera edad cronológica para facilitar los trámites, creándose una serie de problemas una vez ya en nuestro país tales como falsas pubertades precoces o inadaptación a un aula escolar con niños de edad realmente menor a la fijada en el niño adoptado⁽⁵⁾.

En este contexto, se nos solicita a nosotros, como profesionales de la medicina, pero no de la judicatura, un peritaje que puede tener una importante implicación futura para dicho individuo y para la Sociedad en su conjunto; en primer lugar debido al elevado coste que pueden tener situaciones de acogida o legales como el cumplimiento o no de penas según su edad, y en segundo lugar en forma de posibles repercusiones terapéuticas, tales como la dicotomía entre indicar o no un tratamiento.

HISTÓRICO y DESARROLLO DE LA PROBLEMÁTICA

En Europa, con el fin de unificar los criterios de selección de pruebas a realizar e interpretación de los resultados en los países de habla germana, en el año 2000, el *Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin* (grupo de estudio alemán para la estimación forense de la edad) hizo públicas sus guías para las estimaciones forenses de la edad cronológica sobre individuos vivos sometidos a procedimientos criminales⁽³⁾. Estas guías recomendaban, para la determinación de la mayoría o minoría de edad penal (18 años) en sujetos vivos, la práctica de las siguientes pruebas:

1. Examen físico: obtención de medidas antropométricas (peso, talla, tipo constitucional); inspección de signos de madurez sexual; identificación de patologías que puedan alterar el desarrollo madurativo.
2. Examen radiográfico de la mano izquierda.
3. Examen externo del estado de la dentición y radiografía dental.
4. Examen radiográfico de la región cervical, en el caso de que interesase confirmar si la edad cronológica es mayor o menor de 21 años de edad.

Al interpretar los resultados, las mismas guías recomendaban que los datos obtenidos de las anteriores pruebas fuesen contrastados con estudios de referencia adecuados al sujeto específico estudiado. Al seleccionar dichos estudios debieran consi-

derarse como factores significativos de corrección de los resultados las variables étnicas, socioeconómicas y patológicas, así como el grado de error intra e interobservador. Recomendaban, finalmente, al realizar la valoración pericial definitiva que se especificase el resultado por separado de cada una de las pruebas realizadas y que la estimación de edad se especificase como la más probable, indicando el grado de probabilidad del resultado estimado.

Estudio radiológico del carpo:

Respecto de la edad ósea determinada por el estudio radiológico de la mano izquierda, surgen varias cuestiones de interés en cuanto a su aplicabilidad como factor de predicción de la edad cronológica estimada. Primera, ¿qué mide realmente el parámetro obtenido de edad ósea?; segunda, ¿qué método de interpretación de los resultados entre los varios disponibles sería el más adecuado?; y tercera, ¿cómo interpretar los resultados en el sujeto de estudio?, dado que parece demostrado en múltiples estudios que la fiabilidad varía de unas poblaciones a otras y que sus resultados precisan ajustes.

El parámetro obtenido por estos y otros métodos de edad ósea no corresponde exactamente con el de edad cronológica. El concepto de edad ósea es un término estadístico recogido de la experiencia clínica que resulta útil con fines estrictamente clínicos en la estimación del ritmo madurativo individual de un sujeto y en la predicción de fenómenos como la talla previsible. Parece que la maduración progresiva de la osificación del carpo sigue una secuencia común en todas las series estudiadas, sugiriendo que existiría una "ley natural" que marca la secuencia de osificación. No obstante, en estas mismas series se aprecian diferencias, en ocasiones muy significativas, al constatar a qué edad cronológica se alcanza un estado madurativo determinado en diversas poblaciones. Sabemos que está influido por factores ambientales, de población y patológicos, pero no sabemos qué reflejan realmente estos cambios^{(6) (7)}. Pese a que influyen en su ritmo de evolución factores madurativos como los periodos de aceleración del crecimiento, evolución de caracteres sexuales secundarios o la menarquia, sabemos que no se correlaciona de forma absoluta con ellos. En definitiva, es considerado como un parámetro fisiológicamente más estable que la maduración dental, pero poco definido y en realidad poco fiable. No obstante, es el principal parámetro del que podemos disponer con fines clínicos y forenses para estimar con cierta precisión la edad cronológica al final de la adolescencia⁽⁶⁾.

Respecto a la cuestión de qué método de estimación de la edad ósea resultaría el más adecuado, los diversos autores no presentan un acuerdo entre ellos. Existen básicamente tres métodos de inter-

pretación, el método gráfico de atlas de Greulich y Pyle (GP) ⁽⁶⁾ (que arroja resultados en forma de edad ósea) el numérico de Tanner-Whitehouse (TW2) ⁽⁷⁾ (que aporta resultados numéricos que han de compararse con tablas específicas para cada población para estimar indirectamente la edad ósea) y métodos mixtos, como el FELS (*Foward Elementary Longitudinal Study*), que interpretan algunos datos gráficos y que cuantifican numéricamente otros parámetros. Básicamente, el GP es el método más generalizado, si bien TW2 es el más utilizado en países europeos. Podría parecer en principio que un método numérico como el TW2 debería ser más fiable ⁽⁸⁾. Además, pese a que TW2 es un método más sofisticado en su aplicación técnica, puede ser aprendido sin instrucción específica. Sin embargo, en la práctica se halla sometido a errores intra e interobservadores similares a los del GP y se halla influido negativamente por fallos técnicos derivados de una posición incorrecta de la mano en el momento de realizar la radiografía ⁽⁹⁾, que pueden ser solventados de forma más correcta por los métodos gráficos ⁽⁸⁾.

En nuestro país existe el Estudio Longitudinal del Centro Andrea Prader ⁽¹⁰⁾ en el que se compara la exactitud y el error de los métodos de cálculo del pronóstico de Talla Adulta a lo largo de la época del crecimiento y su comprobación al alcanzar la talla adulta. En ese estudio con escasos errores interinvestigadores (sólo 1 cambio de investigador hasta el final del estudio) y donde se comprobó que el método más idóneo y adecuado para la población española es el de Greulich-Pyle comparado con el de TW2. Por lo que se deduce de este estudio, este primer método debería ser más fiable en la práctica clínica. Así mismo trabajos posteriores, como el de Thodberg ⁽¹¹⁾ apuntan en este mismo sentido, avalando el TW2 como el mejor método para cálculos de la talla adulta.

Autores como Van Rijn *et al* ⁽¹²⁾ recomiendan la aplicación de GP en lugar de TW2 con fines clínicos basándose en un criterio de economía de medios al haber comprobado que TW2 es mucho más costoso en tiempo y que sus resultados son similares a GP. Los intentos de desarrollar aplicaciones informáticas sobre el sistema numérico TW2 (sistema CA-SAS) ofrecían en sus inicios promesas de ventajas evidentes. Teóricamente, permitirían cuantificar los resultados de forma uniforme y sin interferencia de los factores de distorsión derivados del observador. Sin embargo, sus resultados todavía no son equiparables con los del método manual y aún es necesaria la colaboración entre radiólogos e informáticos para mejorar los sistemas de hardware y software. En realidad, cada método tiene sus ventajas y desventajas y debe ser el médico el que decida por su experiencia personal qué método es el más útil para los fines concretos de la interpretación buscada.

La interpretación de los resultados obtenidos de la edad ósea por cualquiera de los métodos disponibles debe ser adaptada a las características de la población del sujeto de estudio. Los factores que podrían modificar la evolución de la edad ósea en un sujeto determinado no están perfectamente definidos, aunque se han identificado diferencias en diversos estudios asociadas con factores patológicos, raciales y socioeconómicos. La impresión general de las investigaciones más recientes es la de que serían los factores socioeconómicos, que influyen en la forma de nutrición y condiciones higiénico-sanitarias del sujeto, los más significativos en cuanto a su capacidad de modificar los resultados ⁽¹³⁾. Los factores raciales son discutidos por diversos autores en distintos estudios y, aunque parece ser que no serían por sí mismos capaces de justificar diferencias significativas en la edad ósea, no existen datos indubitables que permitan de forma absoluta afirmar o descartar la influencia específica de este factor. Por el contrario, resulta definitivo en los estudios realizados el hecho de que ciertas condiciones patológicas pueden afectar a los resultados de la edad ósea, si bien la lista de las mismas no puede considerarse ni mucho menos completa. En el contexto de la influencia étnica y racial, existen múltiples estudios, algunos de ellos con bases metodológicas discutibles y con resultados a menudo contradictorios, que principalmente se han realizado en poblaciones de europeos caucásicos, caucásicos norteamericanos, otros grupos étnicos norteamericanos (incluido el genéticamente dudoso grupo racial de los hispanos), distintas poblaciones mongoloides y caucásicas de Asia y algunos estudios incompletos en poblaciones negroides centro y sudafricanas.

En algunos casos, las diferencias con los métodos originales han sido pequeñas pero estadísticamente tan significativas que se ha propuesto la necesidad de elaborar tablas y atlas específicos para estas poblaciones. Entre ellos, el estudio español de Hernández *et al* del año 1976 por Hernández ⁽¹⁴⁻¹⁵⁾ y, posteriormente, por Sobradillo ⁽¹⁶⁾ condujo a la elaboración de tablas, series radiográficas y manuales específicos para la población de la Comunidad Autónoma del País Vasco basados en los métodos originales tanto de GP como de TW2-RUS ^(6,7).

Estas tablas han estado en continua revisión y las últimas recomendaciones de consenso han sido recogidas por Sánchez *et al* ⁽¹⁷⁾.

Los estudios clásicos de las décadas de los setenta y ochenta en población mongoloide de Asia indicaban que los chinos y japoneses presentaban un retraso en su edad ósea frente a la cronológica en la fase prepuberal, pero en la fase postpuberal existía una aceleración hasta culminar la maduración a una edad similar a los europeos y americanos cau-

cásicos. En las series más actuales sobre poblaciones modernas con mejores condiciones socioeconómicas, se aprecia una tendencia a ajustar aún más los resultados con los ritmos de maduración de la edad ósea de las poblaciones occidentales. En India y Pakistán, los hallazgos han sido similares, apreciándose adelantos en la edad ósea frente a la cronológica durante la fase postpuberal, más evidentes en sujetos de clase social alta.

En EEUU los estudios indican que los sujetos caucásicos se ajustan bien a los estándares de GP y TW2 o suelen presentar un cierto adelanto madurativo. Por el contrario, los resultados en sujetos negroides arrojan resultados contradictorios en las series. Para Gross GW⁽¹⁸⁾, la raza negra se ajusta mejor que la blanca al standard de GP. En las series de Ontell *et al* y de Lodler *et al* la raza negra se halla adelantada para el standard de GP⁽¹⁹⁻²⁰⁾. La serie de Marshall WA⁽²¹⁾ en negros jamaicanos comparada con el UK60 (United Kingdom 60 Study) del TW2 indica un retraso de la edad ósea desde los 13 años de edad con independencia de factores socioeconómicos, esto es ratificado por Gilsanz V⁽²²⁾ en un estudio entre sujetos de raza negra y blanca en EEUU no aprecia diferencias significativas entre la edad ósea y la edad cronológica en ambas razas cuando se igualan los factores socioeconómicos.

Hasta donde llegan nuestros conocimientos, los habitantes de los países musulmanes de Oriente Próximo y del Norte de África y las poblaciones de estos países emigradas a países desarrollados no han sido estudiados sistemáticamente y no se puede afirmar si su ritmo de maduración ósea sigue o no la evolución marcada en otras poblaciones. El único estudio sistemático identificado en nuestra revisión bibliográfica, realizado por Koc A *et al*⁽²³⁾ en población turca moderna, indica un retraso en la edad ósea hasta los 13 años y un adelanto discreto desde esa edad para el GP⁽²⁰⁾. Posteriormente Büken⁽²⁴⁾ llega a conclusiones similares. El inconveniente principal de este estudio deriva de que su muestra de población solo llega hasta los 17 años de edad cronológica, no teniendo utilidad absoluta con los fines planteados en este estudio.

Las características socioeconómicas de cada población serían para algunos autores los factores más significativos en cuanto a su capacidad para influir sobre las variaciones en el ritmo de maduración de la edad ósea. Otros estudios, por el contrario, no parecen confirmar esta hipótesis. Así, Marshall WA⁽²¹⁾ en población negra jamaicana no apreciaba variaciones en función de la clase social alta o baja de los sujetos. Oestreich AE⁽²⁵⁾ también destaca la falta de diferencias entre población rural y urbana alemana en la serie del método de Thiemann-Nitz. Sin embargo, estudios modernos y específicos sobre esta variable de autores como

Jahari AB *et al*⁽²⁶⁾, sobre población indonesia, Fleshman AK⁽²⁷⁾, sobre población africana, o Melsen B *et al*⁽²⁸⁾, sobre población de menores extranjeros adoptados en Dinamarca, identifican claramente a los factores socioeconómicos y la pobreza como productores de retrasos significativos en el ritmo de la secuencia de la maduración ósea durante la fase prepuberal^(4,5).

Entre los factores patológicos identificados claramente como factores de alteración del ritmo de evolución de la edad ósea se hallan, entre otros, la enuresis nocturna⁽²⁹⁾, el déficit de hormona de crecimiento⁽¹²⁾, la obesidad, los hábitos deportivos de alta competición, las malformaciones óseas y la exposición a agentes físicos, como en el caso de las congelaciones.

Aspectos jurídicos en España

La Ley orgánica 2/2009, de 11 de diciembre, de reforma de la Ley orgánica 4/2000, de 11 de enero, sobre derechos y libertades de los extranjeros en España y su integración social (en adelante, LODILE), establece en el artículo 35 que "3. En los supuestos en que los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado localicen a un extranjero indocumentado cuya minoría de edad no pueda ser establecida con seguridad, se le dará, por los servicios competentes de protección de menores, la atención inmediata que precise, de acuerdo con lo establecido en la legislación de protección jurídica del menor, poniéndose el hecho en conocimiento inmediato del Ministerio Fiscal, que **dispondrá la determinación de su edad, para lo que colaborarán las instituciones sanitarias oportunas que, con carácter prioritario, realizarán las pruebas necesarias**"⁽³⁰⁻³¹⁾.

Por otro lado, el Real decreto 557/2011, de 20 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley orgánica 4/2000, dispone en su artículo 190.1 que "en el caso de que la minoría de edad de un extranjero indocumentado no pueda ser establecida con seguridad, las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, en cuanto tengan conocimiento de esa circunstancia o localicen al supuesto menor en España, informarán a los servicios autonómicos de protección de menores para que, en su caso, le presten la atención inmediata que precise de acuerdo con lo establecido en la legislación de protección jurídica del menor. Con carácter inmediato, se pondrá el hecho en conocimiento del Ministerio Fiscal, que dispondrá, en el plazo más breve posible, la determinación de su edad, para lo que deberán colaborar las instituciones sanitarias oportunas que, con carácter prioritario y urgente, realizarán las pruebas necesarias".

Asimismo, la Ley 14/2010, de 27 de mayo, de los derechos y las oportunidades en la infancia y la

adolescencia, prevé en su artículo 110, sobre medidas cautelares, que “cuando los niños y los adolescentes inmigrados no acompañados no puedan acreditar documentalmente la minoría de edad o se tenga dudas sobre la veracidad de la documentación aportada, el departamento competente en materia de protección de los niños y los adolescentes les tiene que ofrecer la atención inmediata que necesiten **mientras se hacen las gestiones y los trámites establecidos por la legislación sobre extranjería para determinar su edad**”⁽³⁰⁾.

Uno de los trámites (no el único) previstos por el ordenamiento jurídico para determinar la edad de los jóvenes indocumentados que no puedan acreditar legalmente su edad es la práctica de pruebas médicas. Según la información enviada por el Departamento de Salud, aparte de la entrevista y la exploración física que los médicos forenses puedan llevar a cabo, la determinación de la edad por parte de la Fiscalía y de la Dirección General de Atención a la Infancia y la Adolescencia (en adelante, DGAIA) se fundamenta básicamente en las pruebas siguientes:

- Radiografía de muñeca y mano (método de Greulich y Pyle Atlas 1930) (Atlas Thiemann-Nitz 1977).
- Ortopantomografía dental para determinar la maduración de los terceros molares (método Dermijian).
- Tomografía computerizada (TC) del extremo medial de la epífisis clavicular (estadios de Schmelting), con la utilización de cortes axiales hasta de alta resolución.

Estas pruebas se recogen en el documento “Recomendaciones sobre métodos de estimación forense de la edad de los menores extranjeros no acompañados. Documento de Consenso de Buenas Prácticas entre los Institutos de Medicina Legal de España”⁽³⁰⁾.

Fundamentalmente, este grupo de trabajo recomienda la aplicación de los siguientes medios diagnósticos **en los casos de estimación forense de la edad en supuestos menores de 18 años y mayores de 14 años**: Anamnesis dirigida; Examen físico general [...]; Estudio radiográfico de la mano izquierda; Examen de la cavidad oral y estudio radiográfico dental [...].⁽³¹⁾

El error de las pruebas médicas tiene también su importancia; según informa el mismo Departamento de Salud⁽³⁰⁾, el estudio radiográfico de la muñeca por el método de Greulich y Pyle (edad ósea) tiene un margen de error de +/- 1,7 años (en el marco de un método que, además, no permite discriminar

edades superiores a los diecinueve años, lo cual supone una limitación importante a la hora de determinar la edad de un joven que se encuentra en el umbral de la mayoría de edad). Aunque, aplicación del principio favor minoris, (que determina favorecer siempre al menor) se practiquen pruebas médicas de determinación de la edad sólo en el supuesto de que no haya duda, por apariencia física o por cualquiera otra condición, de una situación de mayoría de edad, y que se regule qué se considera “duda razonable”⁽³⁰⁻³¹⁾. Y que *No son admisibles informes en los que se haga referencia a que la edad sea de “aproximadamente 18 años”, o expresiones similares (“alrededor de 17 años” o “superior de 17 años”)*. Habrá que establecer siempre una horquilla de edad.

Según los artículos ya citados⁽³⁰⁻³¹⁾, las pruebas de determinación de la edad se tienen que practicar en centros sanitarios de la red pública de sanidad o centros privados o en las dependencias del Instituto de Medicina Legal (o cátedras de medicina legal).

Por último, en casos responsabilidad jurídica, el informe final deberá recaer en manos del forense asignado al caso⁽³⁰⁾.

CONCLUSIONES:

La revisión bibliográfica realizada parece indicar que, para los fines de estimación forense de la edad cronológica mayor o menor de 18 años:

1. El método más fiable para la estimación de la edad forense sería el estudio radiográfico de la mano izquierda (edad ósea). La elección del método de evaluación de resultados depende de la experiencia personal del investigador. No obstante, con independencia del método de interpretación utilizado, la fiabilidad de este método no parece ser óptima.

2. El método de estimación de la edad forense basado en el estudio radiográfico de los terceros molares (edad dental) es también un método fiable, aunque menos preciso que el anterior dada la alta variabilidad individual de la evolución de este factor (agenesia, hipoplasia, extracciones previas, etc.). Son recomendables, como método de evaluación de este parámetro, los métodos gráficos derivados del método original de Dermijian.

3. La evaluación de los parámetros de maduración de caracteres sexuales secundarios, las variables antropométricas básicas y el examen externo de la dentición carecen de eficacia como métodos de estimación de la edad forense. No obstante, son necesarios para realizar una adecuada descrip-

ción del aspecto externo del sujeto y, en caso de discrepancia con la edad estimada por otros métodos, pueden resultar útiles como indicadores de la existencia de factores patológicos responsables de estados de maduración precoz o maduración retardada.

4. Los resultados directos obtenidos por los métodos de estimación de la edad ósea y edad dental, deben ser puestos en relación con estudios previos de población adecuados al sujeto de estudio, cuando se disponga de ellos.

5. Entre los factores que se han detectado como principales modificadores de los ritmos de maduración ósea y dental, los estudios más recientes destacan a las variables de patología previa y las de factores de nivel socioeconómico.

6. Los estudios sobre grupos socioeconómicos más bajos y grupos étnicos englobados en niveles socioeconómicos inferiores sugieren que, cuando se comparan los resultados de estimación de edad con métodos de edad ósea o dental elaborados en poblaciones de un nivel socioeconómico superior, conducen a una infraestimación de la edad (edad cronológica real superior a la edad estimada) en edades entre los 14 a los 18 años.

RECOMENDACIONES:

1. En los casos de solicitud de valoración pericial médico forense sobre estimación de la edad cronológica aproximada de sujetos indocumentados en torno a 18 años de edad o menores, se recomienda la aplicación de las guías del *Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin* ⁽¹⁾.

2. Cuando se estudia un supuesto menor correspondiente a un nivel socioeconómico inferior al de la población a partir de la cual se elaboró el método de interpretación de los resultados de edad ósea o edad dental, debe considerarse que existe un riesgo elevado de infraestimación de la edad del sujeto (edad estimada inferior a edad cronológica real).

3. Este riesgo de infraestimación debe ser ponderado por el médico en función del tipo de entorno judicial en el que se solicita la valoración. Puede existir una variabilidad en el estudio según observadores y según la edad real cronológica de inicio de pubertad, pudiendo ser ésta adecuada, adelantada o retrasada.

De este modo, en caso de dirimirse una posible responsabilidad penal del supuesto menor ⁽²⁾, debe considerarse el riesgo de vulnerar los derechos del menor al existir una alta probabilidad relativa

de estimar como mayor de edad penal a un sujeto realmente menor de esta edad y viceversa en función del método o métodos de estimación de edad aplicados. En estos casos, la responsabilidad final de la valoración deberá recaer en la fiscalía y en la labor del forense.

Referencias Bibliográficas

- Schmeling A, Olze A, Reisinger W et al. Age estimation of living people undergoing criminal proceedings. *The Lancet*, 2001; 358(9276): 89-90.
- Schmeling A, Geserick G, Kaatsch HJ et al. Recommendations for age determinations of living probands in criminal procedures. *Anthropolo Anz*, 2001; 59(1): 87-91
- Study Group of Forensic Age Estimation of the German Association of Forensic Medicine (2001). Guidelines for age estimation in living individuals in criminal proceedings.
- Ritz - Timme S, Cattaneo C, Collins MJ et al. Age estimation: the state of the art in relation to the specific demands of forensic practice. In *J Legal Med*, 2000; 113(3): 129-136.
- Van Ree CJ, Schulpen TW. Ethical shortcomings of skeletal age determination to establish minority for single young asylum seekers. *Ned Tijdschr Geneesk*, 2001; 145(5): 229-233.
- Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford University Press, 1950-1959.
- Tanner JM, Whitehouse RH, Cameron N, Marshall WA, Healy M, Goldstein H. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2). London Academy Press, 1983 (2nd edition)
- Sarria A, Moreno L, Bueno M. Análisis del atlas de Greulich y Pyle mediante los métodos de TW2 y TW2-A. *An Esp Pediatr*, 1986; 24(2): 105-110.
- Tanner JM, Oshman D, Lindgren G et al. Reliability and validity of computer assisted estimates of Tanner-Whitehouse skeletal maturity (CASAS): comparison with the manual method. *Horm Res*, 1994; 42: 288-294
- Ferrández-Longás A, Mayayo E, Labarta JI, Bagué L, Puga B, Rueda C, Estudio longitudinal de crecimiento y desarrollo. Centro Andrea Prader. Zaragoza 1980-2002. En: *Patrones de crecimiento y desarrollo en España. Atlas de gráficas y tablas*. Madrid: Ergon. 2004. p. 61-115.
- Thodberg, H.H. ; Neuhof, J. ; Ranke, M.B. ; Jenini, O.G. ; Martin, D.D. Validation of Bone Age Methods by Their Ability to Predict Adult Height *Horm Res Paediatr* 2010;74:15-22
- Van Rijn RR, Lequin MH, Robbens SG et al. Is the Greulich and Pyle atlas still valid for Dutch Caucasian children today?. *Pediatr Radiol*,

- 2001; 31(10): 748-752.
13. Vallejo-Bolanos E, España-López AJ, Muñoz-Hoyos A, Fernández-García JM. The relationship between bone age, chronological age and dental age in children with isolated growth hormone deficiency. In *J Pediatr Dent*, 1999; 9(3): 201-206.
 14. Hernández M, Castellet J, Narvaiza JL, Rincón JM, Ruiz I, Sánchez E, Sobradillo B, Zurimendi A. *Curvas y tablas de crecimiento (0–18 años)*. Instituto de Investigación sobre crecimiento y desarrollo. Bilbao: Fundación Faustino Orbegozo; 1988. p. 1–32
 15. Hernández M, Sánchez E, Sobradillo B. *Curvas y tablas de crecimiento*. En: Argente J., Carrascosa A., Gracia R., Rodríguez F., editors. *Tratado de endocrinología pediátrica y de la adolescencia*. 2a ed. Barcelona: Ediciones Doyma; 2000. 1441-99.
 16. Sobradillo B, Aguirre A, Aresti U, Bilbao A, Fernández-Ramos C, et-al. *Curvas y tablas de crecimiento. Estudios longitudinal y transversal*. Bilbao: Fundación Faustino Orbegozo; 2004. p. 1–31
 17. E. Sánchez González, A. Carrascosa Lezcano, J.M. Fernández García, A. Ferrández Longás, D. López de Lara y J.P. López-Siguero *Estudios españoles de crecimiento: situación actual, utilidad y recomendaciones de uso An Pediatr (Barc)*. 2011;74(3):193.e1—193.e16
 18. Gross GW, Boone JM, Bishop DM. Pediatric skeletal age: determination with neural networks. *Radiology* 1995;195:686-95.
 19. Lodler R, Estle DT, Morrison K, et al. Applicability of the Greulich and Pyle skeletal age standards to black and white children of today. *AJDC*. 1993;147:1329-33.
 20. Krogman WM, Isçan MY. *The human skeleton in Forensic Medicine*. 2ª Edición. Charles C. Thomas Publisher, 1986.
 21. Marshall WA, Ashcroft MT, Bryan G. Skeletal maturation of the hand and wrist in Jamaican children. *Human Biol*. 1970;42:419-35.
 22. Gilsanz V, Skaggs DL, Kovanlikaya A, et al. Differential effect of race on the axial appendicular skeletons of children. *J Clin Endocrinol Metab*. 1988;83:1420-7.
 23. Koc A, Karaoglanoglu M, Erdogan M, et al. Assessment of bone ages: is the Greulich-Pyle method sufficient for Turkish boys? *Pediatr Int*. 2001;43:662-5.
 24. Büken B, Safak AA, Yazici B, Büken E, Mayda AS. Is the assessment of bone age by the Greulich-Pyle method reliable at forensic age estimation for Turkish children? *Forensic Sci Int*. 2007. DOI:10.1016/j.forsciint.2007.02.023.
 25. Oestreich AE. Tanner-Whitehouse versus Greulich-Pyle in bone age determinations. *J Pediatr*, 1997; 131(1): 5-6, Wenzel A, Miletic T, et al. Dental and skeletal maturity in adoptive children: assessment at arrival and after one year in the admitting country. *Ann Human Biol*. 1986;13:153-9.
 26. Jahari AB, Haas J, Husaini MA, Pollitt E. Effects of an energy and micronutrient supplement on skeletal maturation in undernourished children in Indonesia. *Eur J Clin Nutr*. 2000;54 Suppl 2:74-9.
 27. Fleshman K. Bone age determination in a pediatric population as an indicator of nutritional status. *Trop Doct*. 2000;30:16-8.
 28. F. Melsen, B. Melsen, L. Mosekilde, and S. Bergmann, "Histomorphometric analysis of normal bone from the iliac crest," *Acta Pathologica et Microbiologica Scandinavica*. Section A, vol. 86, no. 1, pp. 70–81, 1978.
 29. Dundaroz MR, Sarici SU, Denli M, et al. Bone age in children with nocturnal enuresis. *Int Urol Nephrol*. 2001;32:389-91.
 30. Garamendi, P.M.; Bañón, R.; Pujol, A.;. (2011). "Recomendaciones sobre métodos de estimación forense de la edad de los menores extranjeros no acompañados. Documento de Consenso de Buenas Prácticas entre los Institutos de Medicina Legal de España". *Revista Española de Medicina Legal*. Volumen 37 (núm. 1), p. 16-23.
 31. Grupo de Trabajo sobre Determinación Forense de la Edad de los Menores Extranjeros no Acompañados (2011). "Conclusiones de la Jornada de Trabajo sobre Determinación Forense de la Edad de los Menores Extranjeros no Acompañados. Documento de Consenso de Buenas Prácticas entre los Institutos de Medicina Legal de España". *Revista Española de Medicina Legal*. Volumen 37(núm. 1), p. 5-6.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no tienen Conflictos de Interés Potenciales.