

# Fusión de la epífisis esternal de la clavícula en relación con la edad. Aplicaciones en la estimación forense de la edad.

*Fusion of clavicle sternal epiphyses in relation to age.  
Applications in forensic estimation of age.*

---

---

PM. Garamendi<sup>1</sup>, MC. Botella<sup>2</sup>, I. Alemán<sup>2</sup> y MI. Landa<sup>3</sup>

---

---

## RESUMEN

Dentro de la estimación forense de la edad, las recomendaciones del AGFAD establecen la práctica de estudios de radiología de la clavícula para el diagnóstico de la edad en la franja entre los 18 y 21 años de edad. Se presenta un estudio sobre una muestra de 123 radiografías digitales de tórax de sujetos entre 5 y 75 años de edad en las que se ha analizado el estado de fusión de la epífisis esternal de la clavícula. En este estudio la edad mínima a la que se ha podido valorar la existencia de un estado de fusión completa (estadios 4 y 5 de Schmeling) ha sido de 19,7 años. Se analiza la bibliografía actualizada sobre este fenómeno y se apuntan una serie de sugerencias adicionales a las propuestas por AGFAD.

*Palabras clave:* Clavícula; Epífisis esternal; Estimación forense de la edad.

*Cuad Med Forense 2007; 13(48-49)143-156*

## ABSTRACT

In 2000 the AGFAD published their recommendations about forensic age estimations. They recommended an X ray of the clavicle (collar bone) in cases of subjects between 18 and 21 years of age. We present a study on stages of fusion of clavicle sternal epiphyses in a 123 digital X-rays from a population sample between 5 and 75 years of age. In our research minimum age at which complete fusion was achieved (stages 4 or 5 in Schmeling method) has been 19,7 years of chronological age. A review of the medico legal literature about age estimation based on sternal end of the clavicle has been included. It's pointed out that forensic experts should bear in mind some suggestions when applying AGFAD recommendations to obtain an age estimation based in clavicle X-rays.

*Key words:* Collar bone; clavicle; sternal epiphyses; forensic age estimation.

Trabajo parcialmente financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (ref. TIN2006-00829) y por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía (ref. TIC1619), ambos con fondos FEDER.

---

**Fecha de recepción:** 30.JUL.07

**Fecha de aceptación:** 18.SEP.07

**Correspondencia:** Pedro Manuel Garamendi. IML de Huelva. Plaza Isabel La Católica, 9. 21071.Huelva.  
e-mail: imanolgaramendi@gmail.com.

<sup>1</sup> Médico Forense. IML de Huelva.

<sup>2</sup> Antropólogo Forense. Laboratorio de Antropología Física. Universidad de Granada.

<sup>3</sup> Médico Forense. IVML. Subdirección de Vizcaya.

## **INTRODUCCIÓN:**

En septiembre de 2000, el grupo multidisciplinario del Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin (AGFAD) (grupo de estudio sobre estimación forense de la edad de la Asociación Alemana de Medicina Forense) elaboró una de las primeras guías para la estimación de la edad en individuos vivos sometidos a procedimientos criminales [1,2,3]. Las guías establecían la necesidad de realizar una serie de pruebas diagnósticas que incluyeran exámenes radiográficos y antropométricos y, una vez practicadas éstas, interpretar los resultados en función de estudios previos en poblaciones adecuadas al sujeto de estudio.

Estas guías recomiendan, 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 clavícula, 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 recomiendan que los datos obtenidos de las anteriores pruebas sean contrastados con estudios de referencia adecuados al sujeto específico estudiado. Al seleccionar dichos estudios debieran considerarse como factores significativos de corrección de los resultados las variables étnicas, socioeconómicas y patológicas, así como el grado de error intra e interobservador. Recomiendan, finalmente, al realizar la valoración pericial definitiva que se especifique el resultado por separado de cada una de las pruebas realizadas y que la estimación de edad se establezca como la más probable, indicando el grado de probabilidad del resultado estimado.

Sobre las radiografías de clavícula, en las distintas reuniones anuales del AGFAD se ha hecho énfasis en la adecuada interpretación del proceso de fusión de la epífisis esternal de la clavícula con la diáfisis como indicador de edad en sujetos entre 18 y 21 años de edad. En la literatura médica reciente se suelen tomar como referentes para esta interpretación los estudios desarrollados en Alemania por los grupos de Kreitner et al sobre TAC de tórax y de Schmeling et al sobre radiografías convencionales de tórax [4,5,6]. Algunos trabajos previos y posteriores, sin embargo, también han analizado esta cuestión. El presente estudio pretende presentar las conclusiones de una investigación realizada sobre radiografías digitales de tórax en las que se ha analizado el proceso de fusión de la epífisis esternal de la clavícula con la edad. Se incluye también en este artículo una revisión bibliográfica en la que se intenta presentar el actual estado de la cuestión en relación con esta materia dentro de la literatura médico forense.

## **MATERIAL Y MÉTODOS:**

Para este estudio se han analizado 123 radiografías de tórax postero-anteriores originalmente obtenidas en formato digital. La distribución demográfica por edades y sexos de estas radiografías se incluye en las tablas 1 y 2.

Edad	Hombres	Mujeres	Total
0-20	12	12	24
20-30	20	20	40
30-40	20	20	40
40-50	20	20	40
50-60	20	20	40
60-70	20	20	40
70-	10	12	22
<b>Total</b>	<b>122</b>	<b>124</b>	<b>246</b>

Tabla I. Radiografías digitales de tórax por grupos de edad y sexo analizadas. Los valores representan a cada uno de los dos hemisferios obtenidos de cada radiografía digital.

Grupos Edad	Media	N	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Mediana
0-20	15,972603	24	4,4029583	5,3479	19,7205	17,732877
20-30	25,159932	40	2,8114657	20,0904	29,5973	25,179452
30-40	35,264110	40	2,8953552	30,6658	39,9644	35,078082
40-50	45,031644	40	2,7420453	40,4027	49,2411	45,517808
50-60	55,192466	40	2,6385442	51,4384	59,9041	54,980822
60-70	64,293288	40	2,6016542	60,2082	69,3151	64,382192
70-80	72,694645	22	1,8292717	70,2740	75,4110	72,816438
<b>Total</b>	<b>44,635293</b>	<b>246</b>	<b>17,7998784</b>	<b>5,3479</b>	<b>75,4110</b>	<b>45,424658</b>

Tabla II. Medidas estadísticas de distribución de edades en la muestra de radiografías de tórax de ambos sexos. Las cifras de número de casos expresan los valores de radiografías de cada hemisferio analizadas.

Las imágenes radiográficas digitalizadas han sido facilitadas amablemente por un centro de radiodiagnóstico privado de Bilbao (Preteimagen) y la muestra de población de las que se han seleccionado las imágenes corresponde con una muestra aleatoria de sujetos estudiados en dicho centro. Las radiografías han sido realizadas tanto a sujetos que presentan alteraciones patológicas en la región anatómica seleccionada, como a sujetos sometidos a estas pruebas con carácter rutinario en pruebas de screening de población general o en el curso de estudios preoperatorios por otras patologías. Del total original de 341 radiografías de tórax se seleccionaron 123 según criterios de definición de grupos de edades interanual homogéneo y de calidad relativa en la identificación de la epífisis esternal de la clavícula. En dos casos, hubo de sustituirse en la muestra dos hemirradiografías por defectos de calidad por otras dos hemirradiografías derechas de sujetos de la misma edad (grupo anual) y de sexo masculino.

Las imágenes digitales de las radiografías se obtuvieron originalmente en formato DICOM. No obstante, dado el tamaño relativo de estas imágenes y la limitación de funciones de uso que se iba a hacer de las mismas, se decidió transformarlas a formato JPG. De este modo, las características de identificación de la imagen radiográfica y otras funciones incluidas en el formato DICOM se eliminaron, pero el tamaño relativo de los archivos se redujo. Antes de proceder a su modificación,

se realizó un test con varias radiografías digitales en formatos DICOM transformadas a JPG y se pudo comprobar que para los fines del análisis que se iba a realizar sobre las mismas, la calidad de la imagen no se alteraba. La resolución final de las radiografías de tórax fue de 2140 x 1760 píxeles a 8 bits de escala de grises.

Estas imágenes digitales en formato JPG se han analizado mediante la aplicación de las funciones de un programa de tratamiento de imágenes específico: Image-J 1.34s [7]. Este es un programa de tratamiento de imagen gratuito y de código abierto que permite la visualización de imágenes radiográficas y su manipulación. Se hizo un análisis previo del uso de este programa informático frente a otras herramientas informáticas de tratamiento de imagen digital aplicadas por autores previos, como el programa Adobe Photoshop CS y CS2, que precisa uso con licencia, o el programa GIMP, también gratuito y de código abierto. Pudo comprobarse que para los fines buscados en este estudio, de simple inspección de contornos óseos utilizando las funciones de modificación de características de brillo y contraste o restricción de escala de grises disponibles en estos programas, no se encontraron diferencias significativas entre el uso de uno u otro tipo de programa.

En estas radiografías de tórax se ha analizado el aspecto morfológico de la unión entre la epífisis proximal y la diáfisis de ambas clavículas según el sistema de estadios descrito por Schmeling et al [6].

A pesar de que en no pocas ocasiones la superposición de contornos óseos de la columna vertebral y de las costillas hacía difícil valorar con precisión el estadio de fusión, se decidió no excluir de la muestra aquellos casos en los que la unión se hallaba demasiado distorsionada para permitir su identificación. Estos casos fueron identificados como distorsionados. Los casos correspondientes con anomalías en "boca de pez" fueron considerados a efectos de registro como en estadio 5 de Schmeling [8].

Se incluyen ejemplos de cada uno de los estadios descritos por Schmeling et al en la tabla 3.

Al tratarse de una serie en la que se comparan valores cualitativos (valores de estadios de fusión descritos por Schmeling et al) y cuantitativos (edad), los estadísticos analizados han incluido medidas estadísticas de distribución generales: media aritmética, desviación estándar, mediana, valores máximos y valores mínimos. Las medidas se han analizado por grupos de edad y por sexos y según lateralidad. Gráficamente los resultados se han expresado mediante gráficos de cajas y bigotes (box-plot).

Con el fin de valorar la consistencia intraobservador del test se repitieron los análisis en 5 radiografías cuatro semanas después del estudio inicial. Los resultados del test fueron contrastados con los del estudio inicial y su correlación valorada según el coeficiente kappa de Cohen.

## RESULTADOS:

En las tablas 4, 5 y 6 se incluyen los resultados según una distribución por grupos de edades en decenios y por sexos. En la tabla 7 se incluye la distribución de resultados atendiendo a la lateralidad.

**0: No epífisis esternal**

**1: Epífisis incipiente**

**2: Epífisis que cubre la superficie de la copa diafisaria**



**3: Epífisis parcialmente fusionada**



**4: Fusión completa con trazas de la cicatriz metafisaria**



**5: Fusión completa sin trazas de cicatriz metafisaria**



Tabla III. Sistema gráfico de estadios de Schmeling et al (2004 ) [6].

EP CLAVICULAR	Media	N	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Mediana
0	10,041879	7	3,6078519	5,3479	15,4603	10,605479
1	17,682877	8	,9976599	15,4603	18,5233	17,641096
3	22,903653	12	7,4519458	17,8247	45,6110	20,090411
4	26,637182	7	5,1309273	19,7205	32,9890	26,882192
5	49,339484	204	15,2809660	20,6000	75,4110	50,339726
Perdidos	30,245890	8	12,3914303	17,8247	48,6712	26,202740
Total	44,635293	246	17,7998784	5,3479	75,4110	45,424658

Tabla IV. Distribución de resultados según la edad para el sistema de estadios de Schmeling aplicado a la epífisis esternal de la clavícula. Muestra de ambos sexos.

EP CLAVICULAR	Media	N	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Mediana
0	10,605479	2	,0000000	10,6055	10,6055	10,605479
1	17,791233	5	,3728364	17,6082	18,4575	17,641096
3	19,841096	4	,2878842	19,5918	20,0904	19,841096
4	24,096438	5	3,3537058	19,7205	28,0164	22,931507
5	49,084658	100	15,3519914	20,6000	75,4110	50,239726
Perdidos	32,870320	6	13,1769656	18,4575	48,6712	33,964384
Total	44,390995	122	17,6131134	10,6055	75,4110	44,052055

Tabla V. Distribución de resultados según la edad para el sistema de estadios de Schmeling aplicado a la epífisis esternal de la clavícula. Muestra de hombres.

EP CLAVICULAR	Media	N	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Mediana
0	9,816438	5	4,3934657	5,3479	15,4603	11,463014
1	17,502283	3	1,7684318	15,4603	18,5233	18,523288
3	24,434932	8	8,8988145	17,8247	45,6110	21,986301
4	32,989041	2	,0000000	32,9890	32,9890	32,989041
5	49,584510	104	15,2826732	21,0740	75,1205	50,656164
Perdidos	22,372603	2	6,4317658	17,8247	26,9205	22,372603
Total	44,875652	124	18,0499445	5,3479	75,1205	45,517808

Tabla VI. Distribución de resultados según la edad para el sistema de estadios de Schmeling aplicado a la epífisis esternal de la clavícula. Muestra de mujeres.

El gráfico 1 (diagrama de cajas y bigotes o box-plot) representa los resultados generales para la muestra global de poblaciones de medianas, distancias intercuartil y valores extremos para cada uno de los estadios de Schmeling en relación con la edad.

Los resultados del análisis de correlación intraobservador se incluyen en la tabla 8. La correlación arrojó un valor Kappa de 1, considerado según los criterios de Landis y Koch como un resultado de correlación "muy bueno" (valores de 0,8 a 1).

LADO DERECHO						
EP CLAVICULAR	Media	N	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Mediana
0	10,719178	4	4,1591005	5,3479	15,4603	11,034247
1	18,057534	4	,5007432	17,6082	18,5233	18,049315
3	21,140822	5	2,1895430	19,4274	24,6082	20,090411
4	25,914384	4	5,8232456	19,7205	32,9890	25,473973
5	48,825369	104	15,5870627	20,6000	75,4110	49,141096
Perdidos	36,313242	3	16,3115277	17,8247	48,6712	42,443836
Total	44,445537	124	17,8858107	5,3479	75,4110	44,780822

LADO IZQUIERDO						
EP CLAVICULAR	Media	N	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Mediana
0	9,138813	3	3,3108683	5,3479	11,4630	10,605479
1	17,308219	4	1,3028302	15,4603	18,5233	17,624658
3	24,162818	7	9,7042407	17,8247	45,6110	20,090411
4	27,600913	3	5,0671411	22,9315	32,9890	26,882192
5	49,874164	100	15,0156516	20,6000	75,4110	51,557534
Perdidos	26,605479	5	9,5655595	18,4575	42,4438	25,484932
Total	44,828161	122	17,7837707	5,3479	75,4110	45,517808

Tabla VII. Distribución de resultados según la edad para el sistema de estadios de Schmeling aplicado a la epífisis esternal de la clavícula según lateralidad.

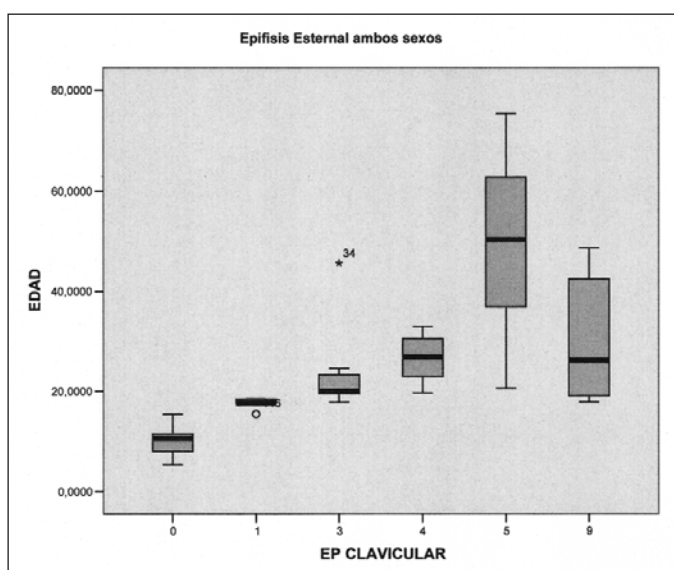


Gráfico 1. Diagrama de cajas y bigotes (box-plot). Distribución de la epífisis esternal según sistema de estadios de Schmeling en la muestra según la edad. Los valores 0 a 5 representan los resultados para el estadio de Schmeling y el valor 9 los valores perdidos. Muestra de ambos sexos.

		EPIFISIS CLAVICULAR Test 2º			Total
		0	3	5	
EPIFISIS	0	2	0	0	2
CLAVICULAR.	3	0	2	0	2
Test 1º	5	0	0	6	6
Total		2	2	6	10

**Coefficiente Kappa = 1,000 (aprox. sig. 0,000)**

**Tabla VIII.** *Tabla de contingencia para evaluar la consistencia de la reevaluación de las radiografías digitales. Resultados para la valoración del estadiaje de fusión de la epífisis proximal de la clavícula.*

### DISCUSIÓN:

Dentro de la estructura general del sistema esquelético la clavícula es un hueso atípico. Pese a ser un hueso sin cavidad medular bien definida, es considerado como un hueso largo. Pese a tener funciones de inserción muscular y de transmisión de cargas al esqueleto axial del hombro, su ausencia congénita o adquirida (cleidectomía) no supone restricciones funcionales sustanciales más allá de una hiper movilidad del hombro [9]. En la formación de la estructura ósea se reconocen dos modalidades de osteogénesis: endocranal e intramembranosa. La primera es la modalidad seguida por la mayoría de los huesos del organismo, que sufren un proceso de osificación desde núcleos de osificación originalmente cartilagosos. La osificación intramembranosa deriva de un proceso de osificación a partir de una matriz mesenquimatoso más primitiva. Algunos huesos que sufren un proceso de osificación de este tipo son los de la bóveda craneal, la mandíbula o las costillas. Se ha sugerido por parte de varios autores que esta segunda modalidad de osificación responde a una necesidad filogenética de osificación precoz con el fin de proteger el organismo del recién nacido o facilitar funciones esenciales tras el nacimiento como la succión o la respiración. También se ha considerado que este tipo de hueso no constituye filogenéticamente un hueso verdadero endoesquelético, sino que sería un remanente filogenético del exoesqueleto de nuestros antepasados, por lo que se le suele denominar "hueso dérmico" [9]. La clavícula, sin embargo, es un hueso que sufre un proceso de osificación mixto. En sus fases iniciales de desarrollo sigue un patrón de osificación intramembranoso y en el sujeto adulto sufre una osificación que responde a un patrón endocranal [10].

En la anatomía comparada del esqueleto de la cintura pectoral se observa, que en otras especies se reproduce el patrón de homología entre cintura pélvica y pectoral del esqueleto de los reptiles. La presencia de la clavícula es ajena a esta homología. La cintura pectoral de los reptiles está formada por tres elementos: una escápula dorsal, una precoracoides anterior o craneal y una coracoides posterior o dorsal. Estos tres elementos son homólogos con los de la cintura pélvica: ilion con escápula, pubis con precoracoides e isquion con coracoides. La clavícula, sin embargo, constituye una adición a la cintura pectoral sin equivalente pélvico. La clavícula no se observa en ungulados o carnívoros, mamíferos que utilizan sus miembros superiores ventrales principalmente para la progresión. Por el contrario, existe en mamíferos que tienen miembros superiores prensiles, como roedores, primates o el hombre. No existe un acuerdo entre los autores sobre si la precoracoides de los reptiles se conserva en el ser humano, aunque se ha sugerido que el hecho de que el núcleo primario de osificación de la clavícula sea doble tal vez sea el producto de la fusión del núcleo de osificación primario de la precoracoides con otro núcleo dérmico, más primitivo.



Todo ello permite entender por qué razón filogenética la clavícula es el hueso esquelético que más precozmente inicia su proceso de osificación y, al tiempo, es el hueso largo que más tardíamente culmina este proceso.

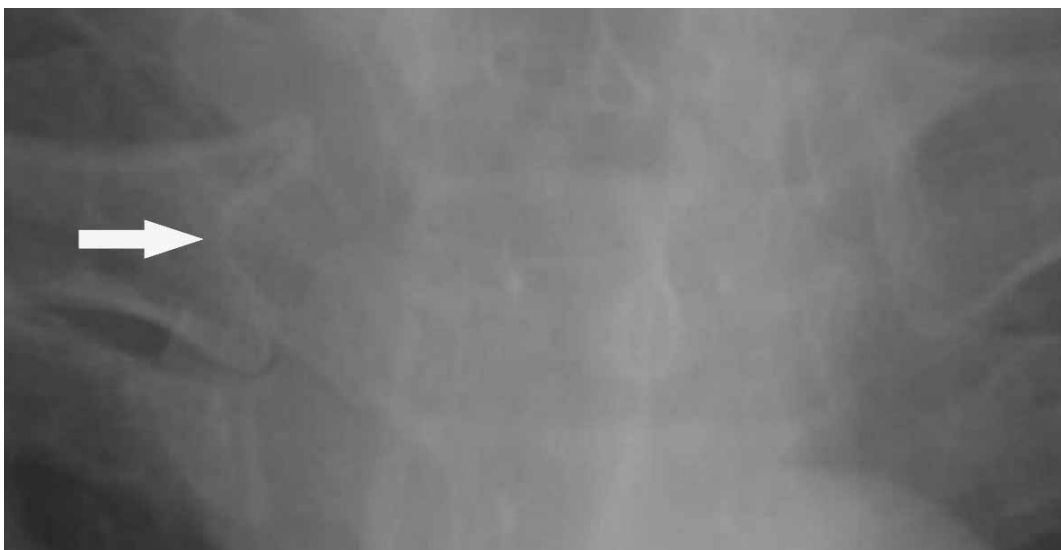
Durante el periodo embrionario, la clavícula inicia su proceso de desarrollo hacia la 5ª semana de gestación. En ese momento, es reconocible como una banda de acumulación fibrocelular de tejido mesenquimal. Ya en esta fase, su disposición es oblicua, con elevación de su porción distal. Esta posición se mantiene hasta el 4º año de vida, momento en el que inicia su proceso de horizontalización. Hacia la 6ª semana se pueden apreciar dos núcleos de osificación diafisarios, uno más medial y otro más lateral, siendo más activo y mayor el medial. A partir de la 9ª semana intraútero la morfología de la clavícula adopta una forma curvada en S itálica que mantiene durante todo su desarrollo posterior [11]. El crecimiento de la clavícula durante el periodo intrauterino es sorprendentemente elevado, llegando a alcanzar ritmos de crecimiento de hasta 1 mm por semana y alcanzando en el momento del nacimiento medidas de 40 a 44 mm de longitud [9,12]. Tras el nacimiento este crecimiento es mucho más lento con medias de longitud de 137 mm a los 16 años [13].

El proceso de desarrollo de los núcleos epifisarios de osificación secundaria, que sigue un patrón endocranal, es mucho más tardío. La epifisis lateral o acromial está constituida por un pequeño núcleo epifisario que puede ser reconocido de forma inconstante y que sufre un proceso de fusión muy rápido entre los 19 y 20 años. A menudo su único indicio es el cambio de morfología del extremo acromial de la clavícula de una superficie rugosa típica del joven a una morfología lisa propia del sujeto adulto [14,15].

El proceso de desarrollo y fusión de la epifisis medial o esternal de la clavícula ha sido objeto de estudio por parte de varios autores durante el pasado siglo y el presente. Su proceso de fusión desde la aparición del núcleo epifisario es más lento que el de la epifisis lateral, lo que permite a menudo identificar su presencia independiente de la diafisis de la clavícula. Sin embargo, su proceso de fusión es más errático que el de otras epifisis de huesos largos, habiéndose descrito la persistencia de estados de fusión incompleta. Se han propuesto distintos sistemas de estadije de este proceso de osificación desde el sistema originalmente propuesto por Stevenson [16]. La persistencia de la llamada "cicatriz epifisaria" ha sido objeto de debate en las distintas publicaciones sobre el sistema de estadije de esta fusión. Así, por ejemplo, Stevenson o Mc Kern y Stewart entendían que dicha imagen radiográfica era poco significativa para el diagnóstico de la edad [15,16]. Estos autores señalaban que dicha imagen se correspondería con un residuo del disco de crecimiento epifiso-diafisario que puede persistir inalterado a lo largo de la vida o sufrir un proceso de fusión completa a una edad impredecible. Otros autores, como Schmeling et al han entendido, sin embargo, que la presencia o no de este residuo refleja cambios significativos en el proceso de fusión de la epifisis con la edad [6].

En las radiografías, el extremo proximal de la clavícula adopta una morfología similar a un champiñón durante la primera década de la vida. Los bordes son suaves con contorno irregular. En la segunda década, la clavícula adopta una morfología similar a la de una copa con los bordes aún irregulares. En la tercera década, alrededor de los 25 años, adopta una morfología más regular, con una pequeña depresión central o surco en su mitad articular [8]. Se ha descrito como una variante de normalidad la persistencia de núcleos de osificación en el borde esternal no fusionados. Radiológicamente, se observan como densidades óseas con formas que oscilan entre aplanada como un disco hasta formas redondeadas. En los casos más extremos, el borde esternal tiene forma

de tenedor o de boca de pez incluso con ausencia de núcleo epifisario en su interior. En esta serie de estudio, se ha podido identificar la presencia de esta anomalía en varios casos, incluso con carácter bilateral y siempre en sujetos con edades superiores a 30 años de edad. En los casos ilustrados, no se observaron residuos de la epifisis, pudiendo corresponder con sujetos en los que no se ha llegado a desarrollar esta epifisis, pero la diáfisis ha seguido su normal proceso de maduración [Imagen 1].



**Imagen 1.** Anomalía en boca de pez en extremidad proximal de la clavícula derecha (flecha).

Desde el punto de vista del diagnóstico de la edad, tal vez el dato más significativo sea el momento en el que la fusión de la epifisis se completa. Varios autores aportan en sus publicaciones resultados sobre este momento del desarrollo. Las muestras de población en las que han basado sus conclusiones han sido diversas. Así, autores como Stevenson [16], Todd y D´Errico [14], McKern y Stewart [15], Szilvassy [17], Owings Webb y Suchey [18], Bass [19], McLaughlin [20], Black y Scheuer [13], Ji et al [21] Yoldi et al [22] o Veschi y Facchini [23] o Schaefer y Black [24,25] utilizaron en sus series material osteológico, con todas las limitaciones inherentes a este tipo de muestra. Se han descrito algunas de estas dificultades, destacando entre ellas la dificultad para contar con registros de nacimiento fiables, el carácter heterogéneo de las distribuciones de edades y sexos especialmente en el caso de muestras de sujetos jóvenes o el hecho de que al tratarse de sujetos fallecidos jóvenes tal vez no reflejen de forma fiable el comportamiento de las poblaciones generales sanas. Otros autores, como Flecker [26,27], Galstaun [28], Jit y Kulkarny [29] o Schmeling et al [6] han utilizado muestras de radiografías de tórax convencionales tomadas a sujetos vivos. Finalmente, en los últimos años, algunos autores como Kreitner et al [4,5], Schulze et al [30], Schulz et al [31] o Richel [32] han publicado resultados basados en muestras de imágenes de TAC también obtenidas de sujetos vivos.

En la tabla 9 se incluyen las conclusiones de las distintas series analizadas sobre el momento más precoz de aparición de la fusión completa de la epifisis esternal de la clavícula.

Serie	Origen muestra	Estadio	Edad mínima
Henle (1871)	Desconocida	Fusión completa	18
Dwight (1911)	Desconocida	Fusión completa	18
Testut (1921)	Desconocida	Fusión completa	22 a 25
Terry (1925)	Desconocida	Fusión completa	25
Stevenson (1924)	Osteológica. EEUU	Estadio 4 (Stevenson)	24 a 28
Todd y D'Errico (1928)	Osteológica. EEUU	Estadio 4 (Stevenson)	22
Galstaun (1937)	Radiográfica. India	Fusión completa	19
McKern y Stewart (1957)	Osteológica. EEUU	Estadio 4 (McKern y Stewart)	23
Szilvassy (1977)	Osteológica. Alemania	Estadio 3 (Szilvassy)	26 a 30
Jit y Kulkarny (1976)	Radiográfica. India	Estadio 3 (Jit y Kulkarny)	22
Owings Webb y Suchey (1985)	Osteológica. EEUU	Estadio 4 (McKern-Stewart)	20
Bass (1986)	Osteológica. Desconocida.	Fusión completa	23
Mc Laughlin (1990)	Osteológica. Portugal	Estadio 5 (McLaughlin)	27
Yoldi et al (1991)	Osteológica. España (Granada)	Estadio 4 (McKern y Stewart)	21
Black y Scheuer (1996)	Osteológica. Europa	Estadio 5 (McLaughlin)	20
Ji et al. (1994)	Osteológica. Japón	Estadio 4 (McKern-Stewart)	20
Veschi y Facchini (2002)	Osteológica. Italia	Fusión completa	19
Kreitner et al. (1997, 1998)	TAC. Alemania	Estadio 4 (McKern-Stewart)	22
Schmeling et al. (2004)	Radiográfica. Alemania	Estadio 4 (Schmeling)	20
Schulz et al. (2005)	TAC. Alemania	Estadio 4 (Schmeling)	21,2
Schulze et al. (2005)	TAC. Alemania	Estadio 4 (Schmeling)	19,14
Richel (2005)	TAC. Alemania	Estadio 4 (Schmeling)	19,14
Schaeffer y Black (2005, 2007)	Osteológica. Bosnia	Estadio 4 (McKern-Stewart)	21

Tabla IX. Series de estudios sobre la fusión de la epifisis proximal de la clavícula en su relación con la edad. Edades mínimas a las que se ha apreciado fusión completa con o sin cicatriz epifisaria en estas series.

En la serie analizada para este estudio los rangos de resultados de edades para el sistema de estadios de Schmeling han sido:

- Estadio 0: 5 a 15 años
- Estadio 1: 15 a 18 años
- Estadio 2: 0 casos
- Estadio 3: 17 a 45 años
- Estadio 4: 19,7 a 32 años
- Estadio 5: 20,6 a 75 años

Los estadios 0 y 1 sólo se han observado en sujetos de edades inferiores a 18 años. Las edades mínimas a las que se han apreciado estadios de Schmeling 4 o 5 han sido respectivamente de 19,7 y 20,6 años para varones y en mujeres el estadio 5 se ha apreciado en sujetos de una edad mínima de 21,07 años. El alto valor del coeficiente kappa para las valoraciones de la fusión de la epífisis proximal comparadas entre la valoración inicial y el retest sugieren un alto grado de consistencia de resultados, como ya ha sido señalado en estudios previos.

Estos hallazgos son diversos de los ya propuestos por Schmeling et al en 2004 o con los de Kreitner et al en 1997 y 1998 [4,5,6]. Sin embargo, autores previos como Schulze et al, Richel, Veschi y Facchini o incluso Galstaun en 1937 también han descrito casos de sujetos de 19 años de edad con datos de fusión completa equivalentes al estadio 4 de Schmeling.

Kreitner et al sugirieron en su estudio de 1998 que un estado de fusión completa de la epífisis esternal de la clavícula (estadio 4 de McKern y Stewart) indicaba en su serie que la edad era mayor de 20 años con un intervalo de confianza del 99% y superior a 22 años con un intervalo de confianza del 95% [5]. Schulze et al, por su parte, estimaban que la probabilidad empírica de que la edad fuese mayor de 21 años en caso de fusión completa sería del 95% [30]. La interpretación de estos resultados a la vista de los resultados de esta serie y de algunas series precedentes debe ser, sin embargo, muy cuidadosa. Así, autores como los propios Schulze et al señalan el escaso valor predictivo de este resultado en comparación con otras técnicas de diagnóstico manejadas en la literatura médico legal, como las técnicas de identificación basadas en el ADN a las que se les exige un grado de fiabilidad de sus resultados muy superior. Otros autores, han señalado que esta limitación es inherente a todas las técnicas actuales de diagnóstico de edad basadas en métodos radiográficos [33,34,35,36,37,38].

En todo caso, los resultados de esta serie y de series precedentes en diversos tipos de muestras de origen indican que en ninguno de los estudios realizados sobre la fusión de la epífisis esternal de la clavícula ha sido posible identificar ningún sujeto que hallándose en estadio de fusión completa (4 de McKern y Stewart o 4 a 5 de Schmeling) tuviese una edad cronológica inferior a 19 años de edad. Por ello, pese a que en estudios previos se ha hecho énfasis en que la estimación forense de la edad debe ser siempre expresada en términos de probabilidad y nunca de certeza, la práctica de radiografías de tórax destinadas al análisis de la fusión de la epífisis esternal de la clavícula puede constituir una herramienta complementaria útil en algunos casos en los que resulta dudosa la asignación de la mayoría o minoría de edad basada en métodos radiográficos de estimación de edad dental o de edad ósea basada en el estudio del carpo de la mano izquierda [39,40].

La identificación radiológica de la epífisis proximal de la clavícula no es siempre clara en las radiografías postero-anteriores de tórax. Ya en 1937 Galstaun recomendaba que en la realización de las radiografías de tórax destinadas a la identificación de esta epífisis debía inclinarse levemente el foco en el eje lateral sobre la horquilla esternal para asegurar su visualización [28]. En la serie de 341 radiografías digitales de este estudio fue difícil obtener un número suficiente de placas en las que se

visualizasen ambas epífisis esternales. De hecho aun dentro de la muestra de 123 radiografías seleccionadas, en 8 casos no fue posible identificar una de ellas. La serie original utilizada por Schmeling et al también encontró dificultades similares, debiendo desechar 174 de las 873 originalmente seleccionadas para el estudio [6]. Por ello, en caso de decidir utilizar esta técnica diagnóstica es recomendable que la proyección radiográfica no sea una radiografía de tórax postero-anterior simple sino que sea una específicamente adecuada a la visualización de esta epífisis de la clavícula con el fin de minimizar el riesgo de exponer al sujeto a exposiciones repetidas e innecesarias a radiación.

Para los fines de este estudio, la radiología digital ha demostrado ser suficientemente precisa como para permitir valorar la epífisis esternal de la clavícula desde un punto de vista morfológico. Durante la obtención de radiografías de tórax postero-anteriores, la cantidad de radiación ionizante a la que se expone a los sujetos es de 0,02 mSv, cantidad equivalente a 3 días de exposición a radiación solar. En general, se admite que esta modalidad de exposición radiográfica es una de las más inocuas [41]. Dado que los sistemas de obtención de imágenes radiográficas mediante técnicas de digitalización directa suponen además una menor exposición a radiación que los métodos convencionales de radiología tal vez puedan constituir la técnica de elección en el caso de precisar estudios radiográficos en sujetos vivos con una finalidad estrictamente médico-legal [42,43].

#### AGRADECIMIENTOS:

A los doctores Arsenio Martínez y Elena Lángara y a los técnicos del centro de radiodiagnóstico Preteimagen de Bilbao, sin cuya desinteresada colaboración facilitándonos la muestra de radiografías utilizada en el estudio este trabajo no hubiese sido posible.  $\square$

#### BIBLIOGRAFÍA:

- 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. *Anthropol 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. [http://www.charite.de/rechtsmedizin/agfad/empfehlung\\_1.htm](http://www.charite.de/rechtsmedizin/agfad/empfehlung_1.htm) Versión en Español: <http://www.justizia.net/ivml>.
- Kreitner KF, Schweden F, Schild HH, Riepert T, Nafe B. Computerized tomography of the epiphyseal union of the medial clavicle: an auxiliary method of age determination during adolescence and the 3rd decade of life?. *Rofo* 1997;166(6):481-6.
- Kreitner KF, Schweden FJ, Riepert T, Nafe B, Thelen M. Bone age determination based on the study of the medial extremity of the clavicle. *Eur Radiol* 1998;8:1116-22.
- Schmeling A, Schultz R, Reisinger W, Mühler M, Wernecke KD, Geserick G. Studies on the time frame for ossification of the medial clavicular epiphyseal cartilage in conventional radiography. *Int J Leg Med* 2004;118(1):5-8.
- Image J versión actual 1.37 para windows. <http://rsb.info.nih.gov/ij/>.
- Freyschmidt J, Brossmann J, Wiens J, Sternberg A. *Borderlands of normal and early pathological findings in skeletal radiography*. 5th English Edition, 2001. George Thieme Verlag.
- Scheuer L, Black S. *Developmental Juvenile Osteology*. Academic Press 2000.
- Montenegro MA, Rojas M, Domínguez S. Osteogénesis comparativa de los cartílagos secundarios de la clavícula y placas epifisarias de los huesos largos. *Int J Morphol* 2004;22(3):201-206.
- Ogata S, Uhtoff HK. The early development and ossification of the human clavicle. An embryologic study. *Acta Orthop Scand* 1990;61(4):330-4.
- Kaur H, Harjeet, Sahni D, Jit I. Length and curves of the clavicle in Northwest Indians. *J Anat Soc India* 2002;51:199-209.
- Black SM, Scheuer JL. Age changes in the clavicle: from early neonatal period to skeletal maturity. *Int J Osteoarchaeol* 1996;6:425-434
- Todd TW, D'Errico J Jr. The clavicular epiphyses. *Am J Anat* 1928;4:25-50.
- McKern TW, Stewart TD. Skeletal age changes in young American males analysed from the standpoint of age identification. Headquarters Quartermaster Research and Development Command, Technical Report EP-45, Natwick, M. 1957.

16. Stevenson PH. Age order of epiphyseal union in man. *Am J Phys Anthropol* 1924;7:53-93.
17. Szilvassy J. Estimation of age by the sternal articular surfaces of the clavicle. *Beitr Gerichtl Med* 1977;35:343-5.
18. Owings Webb PA, Suchey JM. Epiphyseal union of the anterior iliac crest and medial clavicle in a modern multiracial sample of american males and females. *Am J Phys Anthropol* 1985;68:457-466.
19. Bass WM. *Human Osteology: a laboratory and field manual of the human skeleton*. Columbia, Missouri; Missouri Arch. Society, Special Public n° 2. 1986.
20. Mac Laughlin SM. Epiphyseal fusion at the sternal end of the clavicle in a modern Portuguese skeletal sample. *Antropol Port* 1990;8:59-68.
21. Ji L, Terazawa K, Tsukamoto T, Haga K. Estimation of age from epiphyseal union degrees of the sternal end of the clavicle. *Hokkaido Igaku Zasshi* 1994;69(1):104-111 (*Hokkaido Journal of Medical Science*).
22. Yoldi A, Maldonado I, de la Higuera J, Botella MC. Análisis de sexo y edad a través de costillas y clavícula: Metodología y resultados en una población mediterránea. *Nuevas perspectivas en Antropología*. Granada 1991;1097- 1111
23. Veschi S, Facchini F. Recherches sur la collecton d´enfants et d´adolescents d´âge et de sexe connus de Bologne (Italie): diagnose de l´âge sur la base du degré de maturation osseuse. *Bull Mem Soc Anthropol Paris* 2002;14(3-4): <http://bmsap.revues.org/document370.html>
24. Schaefer MC, Black SM. Comparison of ages of epiphyseal union in North American and Bosnian skeletal material. *J Forensic Sci* 2005;50(4): DOI: 10.1520/JFS2004497.
25. Schaefer MC, Black SM. Epiphyseal union sequencing: aiding in the recognition and sorting of commingled remains. *J Forensic Sci* 2007;52(2):277-285.
26. Flecker H. Roentgenographic observations of the times of appearance of epiphyses at the medial end of the clavicle. *J Anat* 1933;67:118-164.
27. Flecker H. Time of appearance and fusion of ossification centers as observed by Roentgenographic methods. *AJR* 1942;47:97-159.
28. Galstaun G. Some notes on the union of epiphyses in Indian girls. *Indian Med Gazz* 1930;March.
29. Jit I, Kulkarni M. Times of appearance and fusion of epiphyses at the medial end of the clavicle. *Indian J Med Res* 1976;64(5):773-82.
30. Schulze D, Rother U, Fuhrmann A, Richel S, Faulmann G, Heiland M. Correlation of age and ossification of the medial clavicular epiphysis using computed tomography. *Forensic Sci Int* 2006;158(2-3):184-9
31. Schulz R, Muhler M, Mutze S, Schmidt S, Reisinger W, Schmeling A. Studies on time frame for ossification of the medial epiphyses of the clavicle as revealed by CT scans. *Int J Leg Med*.2005;119(3):142-5.
32. Richel S. Der Stellenwert verschiedener röntgenologischer Kriterien in der Panoramaschichtaufnahme sowie der medialen Claviculaepiphyse im Rahmen von Altersbestimmungen. *Dissertation*. Universität Hamburg 2005.
33. 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.
34. 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.
35. Van Rijn RR, Robben SG. Radiography of the medial ends of the clavicle by the method of the Dutch immigration and Naturalisation Service is unsuitable for determining adulthood. *Ned Tijdschr Geneesk* 2004;148(46):2274-9.
36. Van Rijn RR, Robben SG. Radiography of the medial ends of the clavicle by the method of the Dutch immigration and Naturalisation Service is unsuitable for determining adulthood (author´s reply). *Ned Tijdschr Geneesk* 2005;149(6):323-4.
37. Doorenbos H. Radiography of the medial ends of the clavicle by the method of the Dutch immigration and Naturalisation Service is unsuitable for determining adulthood (comment). *Ned Tijdschr Geneesk* 2005;149(6):323.
38. Mali WP. Skeletal maturation in assessing underage asylum seekers. *Ned Tijdschr Geneesk* 2004;148(46):2259-61.
39. Garamendi PM, Landa MI, Ballesteros J, Solano MA. Reliability of the methods applied to assess age minority in living subjects around 18 years old. A survey on a Moroccan origin population. *Forensic Sci Int* 2005;154:3-12.
40. Garamendi PM, Landa MI. Estimación Forense de la edad: revisión bibliográfica. *Cuad Med For* 2003;31:13-24.
41. Anguita ML. Radiología convencional y su aplicación a la Valoración del Daño Corporal. VII Jornadas de Valoración del Daño Corporal. Madrid 10 a 11-5-2007. Fundación Mapfre.
42. European Commission. Radiation protection. Medico-legal exposures, exposures with ionising radiation without medical indication. *Proceedings of the International Symposium*. Dublin, 4-6 september 2002. European Communities. 2004.
43. Schmitt W, Lehmann TM. Radiología digital. *Quintessence (Ed. Esp.)* 2004;17(3):185-195.