

Estimación de la edad en adultos mediante métodos radiológicos y de análisis de imagen en el esternón y la escápula

Radiological and image analysis study to estimate the age in sternum and scapula of adult population

Resumen

Actualmente, los estudios para estimar la edad en sujetos adultos no ofrecen buenos resultados en el estudio antropológico forense. Por esta razón, se hace necesaria la creación de nuevos métodos que ayuden a solventar este problema. El presente estudio se ha realizado en una muestra de 226 escápulas y 98 esternones, de individuos de sexo y edad conocidos, de población española actual, que han sido radiografiados y digitalizados, de manera estandarizada. Sobre las radiografías se han calculado los valores de densidad de gris, en una superficie de 1 cm², en la cavidad glenoidea y el acromion de la escápula, así como en el manubrio y el cuerpo del esternón, utilizando el programa Image J. Los resultados obtenidos, utilizando el programa estadístico SPSS 15.0, muestran que la variable que mejor actúa como predictora de la edad es la media de gris en el manubrio del esternón, que aporta un 63% de información en mujeres y un 56% en varones, por sí sola. La combinación de ésta con las otras tres variables no aumenta significativamente el porcentaje, llegando a alcanzar gracias a la suma de las cuatro variables un 69% en el caso femenino y un 64% en el masculino.

Palabras clave: Antropología forense. Densidad de gris. Manubrio. Rayos X.

Abstract

Nowadays, the studies to estimate the age in adult individuals do not give reliable information to forensic anthropology cases. For this reason, it is necessary to research in this area improving the current methods or designing new ones. The present study has been carried out using 226 scapulas and 98 sternums from current Spanish population individuals of known age and sex, which have been submitted to a standardized process of x-ray and digitalization. On the x-rays plaques, the medium grey values have been obtained, using Image J software, in a 1cm² of surface, in the glenoid cavity and acromion of the scapula, and in the manubrium and body of the sternum. The results calculated using the statistical software SPSS 15.0 have shown the best variable to predict the age in adult individuals has been the medium grey value in the manubrium of the sternum. It has given, for itself, a 63% of information in females and a 56% in males. The combination with the other three variables has not improved the percentage of reliability because it has only increased until a 69% in females and 64% in males.

Key words: Forensic anthropology. Grey density. Manubrium. X rays.

M. Benito Sánchez¹
JA. Sánchez Sánchez²

¹Estudiante de Doctorado. Escuela de Medicina Legal y Forense. Departamento de Toxicología y Legislación Sanitaria. Madrid.
²Doctor en Medicina y Cirugía. Escuela de Medicina Legal y Forense. Director del Departamento de Toxicología y Legislación Sanitaria. Madrid.

Correspondencia:
María Benito Sánchez
E-mail:
m.benito.sanchez@gmail.com

Introducción

La identificación de un sujeto es la culminación de un proceso sistemático y metodológico, basado en el estudio métrico y morfológico, para estimar la edad, el sexo, el grupo poblacional, la estatura, variantes de la normalidad, el tiempo transcurrido desde la muerte y las circunstancias que pudieran derivarse de

ésta, tanto de individuos vivos como de restos óseos y cadáveres en diferentes estados de conservación.

La estimación de la edad es fundamental para poder llegar a la identificación de un sujeto¹. Su estudio se basa en la observación de los rasgos morfológicos que ocurren en el esqueleto de un individuo con el paso del tiempo y la posterior comparación de esta información con los datos obtenidos de estudios so-

Fecha de recepción:
24. ABR. 2013

Fecha de aceptación:
05. DIC. 2013

bre poblaciones de referencia de edades conocidas, teniendo en cuenta cualquier fuente de variabilidad, como pueden ser el grupo poblacional o el sexo del individuo, que pueda haber entre la población en duda a la que pertenece dicho sujeto y la población de comparación que se utiliza en el estudio²⁻⁵.

No es lo mismo abordar la estimación de la edad si los restos son de no adultos o de individuos adultos. Los métodos que se utilizan para establecer la edad en adultos, en general, no presentan una buena correlación con la edad biológica de los individuos²⁻⁴. La mayoría de los trabajos concluyen que la estimación de la edad es más fiable en adultos jóvenes que cercanos a la senectud, cuando se reducen mucho las probabilidades de acierto.

Para la observación de los cambios morfológicos se han empleado diferentes técnicas⁵⁻¹⁰, y una de ellas es la radiología. En esta línea, hay estudios para estimar la edad en individuos adultos bastante relevantes sobre variaciones morfológicas, en el miembro proximal del fémur y el húmero⁵, de la clavícula⁷, del tórax^{8,9} y del pubis¹⁰.

En relación con el esternón, existen varios trabajos que utilizan la radiología¹¹⁻¹⁴ y se basan en los cambios degenerativos que sufre este hueso con el paso del tiempo, como el proceso de fusión entre cada una de sus partes¹¹⁻¹⁸.

En el caso de la escápula, aunque se han publicado menos trabajos ocurre lo mismo: hay investigaciones que, tanto por radiología^{19,20} como por su aspecto macroscópico¹⁹⁻²⁶, relacionan las modificaciones que ocurren en las diferentes estructuras anatómicas y en el sistema trabecular y las correlacionan con los diferentes grupos de edad en individuos adultos.

Además, desde hace tiempo se han realizado investigaciones sobre la relación inversa entre la pérdida de materia ósea y el grosor de la cortical de los huesos con el aumento de la edad. En esta línea existen investigaciones, realizadas utilizando la radiología^{5,7-10,19}, que proporcionan resultados dispares, ya que algunas sustentan una buena relación^{5,7,8,10,19} y otras afirman que el método no es válido para predecir la edad en sujetos adultos⁹. Esta controversia es la justificación del presente trabajo de investigación.

La cintura escapular en general, y el esternón y las escápulas en concreto, forman parte de un sistema esquelético que no soporta grandes cargas biomecánicas²⁷ que puedan generar una pérdida de materia ósea que no se deba al aumento de la edad en los diferentes individuos. Por ello se han elegido dichos huesos como muestra para la realización de este estudio, cuyos objetivos son:

- Realizar un estudio de análisis de imagen, en radiografías de esternón, para obtener los valores de gris medio de una superficie de área conocida, en el manubrio y en el cuerpo del esternón de individuos adultos, para posteriormente intentar establecer, realizando un estudio estadístico, una correlación con la edad.
- Realizar un estudio de análisis de imagen, en radiografías de escápulas, para establecer una correlación, mediante un análisis estadístico, entre los valores medios de gris, medidos en una superficie de área conocida en la cavidad glenoidea y el acromion de la escápula, y la edad de los sujetos adultos.
- Relacionar las variables de medidas de densidad de gris entre ellas y someterlas a un estudio estadístico para conocer cuáles aportan más información al estudio de la edad.
- Comparar los resultados obtenidos en este trabajo con los aportados por otros estudios realizados para estimar la edad en adultos tanto en el esternón como en la escápula.

Material y métodos

Para la elaboración de este trabajo se han utilizado esternones y escápulas de individuos adultos, de entre 20 y 93 años de edad, de sexo y edad conocidos, de la colección de población española actual de la Escuela de Medicina Legal de Madrid. De todos los individuos de la colección se han seleccionado sólo los que no presentaban patologías ni alteraciones en los huesos que pudieran interferir en el estudio. En total se han incluido 226 escápulas y 98 esternones.

Los 98 esternones se dividen, en cuanto al sexo, en 51 hombres y 47 mujeres. Por su parte, de las 226 escápulas, 124 pertenecen a hombres, de las cuales 72 son derechas y 52 izquierdas, y 102 a mujeres, de las que 45 son derechas y 57 izquierdas.

Las radiografías se han realizado con un generador de rayos X SEDECAL, modelo SHF 415, utilizando una pantalla MEDIUM y películas de la marca SAKURA, empleando siempre los mismos datos de manera estándar. Los parámetros usados para obtener las radiografías de las escápulas fueron 47 kilovoltios, 200 miliamperios, 0,02 segundos de exposición y 120 centímetros de distancia foco-película; por su parte, los usados para las radiografías del esternón fueron 43 kilovoltios, 200 miliamperios, 0,02 segundos de exposición y 120 centímetros de distancia foco-película. De esta forma se obtuvieron las películas de rayos X que posteriormente fueron

digitalizadas mediante un escáner de radiografías EPSON Expression 1640 XL, y transformadas en imágenes en formato JPG.

Una vez obtenidas las imágenes se creó una base de datos de radiografías y fotografías de todos los esternones y las escápulas, clasificados por su número de individuo dentro de la colección, por el sexo y por la lateralidad en el caso de las escápulas.

Para poder obtener los valores medios de gris en las radiografías del estudio se ha utilizado el programa Image J, versión 1.34, que permite discernir entre los colores blanco y negro absoluto, ya que usa una escala de grises de 256 niveles en imágenes de 16 bits y, por tanto, pueden asignarse valores dependiendo del color, de modo que se asigna al blanco un valor de 255 y al negro absoluto un valor de 0.

En cada radiografía se han medido los valores medios de gris, la desviación típica y el mínimo y el máximo de una sección cuadrada de área conocida (de 1 cm²), que ha sido la misma en todas las imágenes.

Con el fin de establecer un punto de referencia donde realizar las medidas, se ha establecido, para la escápula, en la cavidad glenoidea justo en el punto medio de una recta trazada entre los dos extremos a 3 milímetros de la articulación, y en el acromion, a 1 centímetro de la parte más lateral; para el esternón, en el cuerpo, justo en el corte entre las dos rectas perpendiculares que siguen el eje longitudinal y transversal a nivel del primer tercio del cuerpo, y en el manubrio donde se cruzan las diagonales que unen los extremos más mediales de las articulaciones esternoclaviculares con los puntos más laterales de la articulación entre el manubrio y el cuerpo del esternón. Los puntos de referencia se muestran en la Figura 1.

Utilizando los métodos anteriormente descritos se han obtenido 452 medidas en la escápula y 196 en el esternón. Con estos datos se ha realizado un estudio descriptivo y un análisis estadístico utilizando el programa estadístico SPSS versión 15.0.

Para el estudio descriptivo se han tenido en cuenta la media, la desviación típica y el número de individuos basándose en la edad y en las cuatro variables de estudio: media de gris en la cavidad glenoidea, media de gris en el acromion, media de gris en el manubrio y media de gris en el cuerpo del esternón.

Para el análisis estadístico se ha realizado, en primer lugar, una prueba t de Student para muestras independientes con el fin de comprobar si hay diferencias entre las medias de hombres y mujeres, tanto en la escápula como en el esternón. En segundo lugar, se

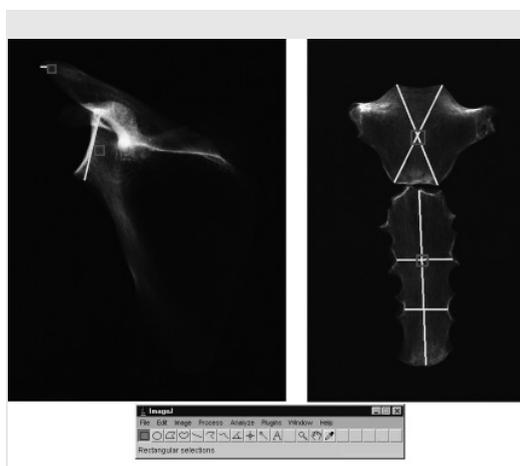


Figura 1. Metodología y puntos de referencia para la obtención de los valores medios de gris en la escápula y el esternón.

ha realizado una prueba t de Student para muestras relacionadas con el fin de observar si hay diferencias significativas entre las escápulas izquierdas y derechas. Posteriormente se han realizado análisis de correlación de Pearson y de regresión para averiguar qué variables aportan más información al estudio de la edad. Para conocer la fiabilidad del método se ha establecido un nivel de confianza del 95%.

Resultados

Los resultados de la prueba t de Student para muestras independientes indican que hay diferencias significativas en las variables media de gris en el cuerpo y el manubrio del esternón, ya que los resultados de significación son inferiores a 0,05. Por esta razón, el resto de los análisis estadísticos se realizan teniendo en cuenta la segmentación de la muestra en sexos.

Para el caso de la lateralidad, los resultados de la prueba t de Student para muestras relacionadas predicen que no hay diferencias significativas entre las escápulas derechas e izquierdas, ya que todos los valores de significación son superiores a 0,05. Gracias a estos resultados se ha decidido no segmentar la muestra en escápulas izquierdas y derechas, pues no hay diferencias. Los resultados de las pruebas t de Student se muestran en la Tabla 1.

El análisis de correlación se ha realizado con la muestra segmentada por sexo. En la Tabla 2 se observan los resultados y se aprecia que todas las variables

Tabla 1.

Resultados de las pruebas t de Student para muestras relacionadas (lateralidad) y para muestras independientes (sexo).

Variables	T de Student para muestras independientes				T de Student para muestras relacionadas				
	T	p	DT	E	X (D-I)	DT	E	T	p
Acromion	1,06	0,19	2,39	2,07	3,42	12,08	1,69	1,88	0,06
Cuello	-0,84	0,32	-1,58	1,61	-4,23	9,60	1,54	-2,76	0,18
Manubrio	2,67	0,00	0,03	0,01	0,00	0,11	0,01	-0,41	0,66
Cuerpo	1,62	0,04	0,04	0,02	0,02	0,15	0,02	1,01	0,29

Tabla 2.

Resultados del estudio de correlación de Pearson entre las cuatro variables de estudio y la edad en ambos sexos.

Sexo	Edad	Correlación de Pearson	Variables			
			Manubrio	Cuerpo	Acromion	Cuello
Mujeres	Edad	Correlación de Pearson	-0,619	-0,549	-0,438	-0,376
		Signif. (bilateral)	0	0	0	0
		N	47	47	102	102
Hombres	Edad	Correlación de Pearson	-0,668	-0,625	-0,493	-0,368
		Signif. (bilateral)	0	0	0	0
		N	51	51	124	124

presentan correlaciones negativas, o lo que es lo mismo, que la edad de los individuos disminuye a la vez que los valores en éstas aumentan. Además, tanto en el caso de los hombres como en el de las mujeres, la variable que mejor se correlaciona con la edad es la media de gris en el manubrio del esternón.

La regresión se ha llevado a cabo con las cuatro variables individualmente y combinándolas entre ellas dos a dos. Por último, se ha realizado un estudio de regresión por pasos sucesivos, en el cual el estadístico elige las variables que mejor se relacionan con la edad y construye así una recta de regresión. Los resultados, separados por sexo, se muestran en las Tablas 3 y 4. Los datos señalados con dos asteriscos son los que se han obtenido del estudio de regresión por pasos sucesivos; en el mejor de los casos, sumando las cuatro variables de estudio se obtiene un valor de R² que explica el 69% en el caso de las mujeres y el 64% en los hombres varones para el estudio de la edad. El resto de los análisis se han realizado en un estudio de regresión en el cual el investigador ha seleccionado todas las variables para poder obtener resultados cuando no puedan usarse las primeras fórmulas.

Los resultados de la regresión cuando las variables han sido seleccionadas por el investigador muestran que, individualmente, la variable que proporciona más información es la media de gris en el manubrio del esternón, ya que por sí sola aporta, en el caso femenino, un 63% de información, y en el masculino un 56%. Además, si se mezclan las variables utilizando como denominador común la media de gris en el manubrio, puede apreciarse que los resultados no mejoran demasiado, por lo que casi toda la información la ofrece esta única variable.

Una vez que se sabe qué variables son las más útiles para determinar la edad en individuos adultos, se han obtenido los coeficientes para cada variable y las funciones discriminantes que serán de utilidad en la estimación de la edad. En la Tabla 3 se muestran las funciones discriminantes que se han obtenido gracias a los coeficientes del análisis estadístico para el caso femenino, así como los porcentajes de acierto y el error medio en cada una de ellas; en la Tabla 4 se muestran los mismos datos para el caso masculino.

Al resultado de las anteriores funciones discriminantes habría que sumar y restar el error medio, para poder establecer un intervalo de edad en el

Variable	Resumen de la regresión		Funciones discriminantes	Error medio	Porcentaje de fiabilidad
	R ²	Error típico			
Acromion	0,36	13,04	Edad = 83,452 - 164,973 AC	±9	36%
Cuello	0,42	14,04	Edad = 75,301 - 192,820 C	±8	42%
Manubrio**	0,63	13,57	Edad = 96,012 - 111,436 M	±10	63%
Cuerpo	0,39	15,91	Edad = 92,536 - 100,720 CU	±6	39%
Manubrio + cuello	0,64	17,73	Edad = 93,381 - 0,569 AC - 133,565 C	±7	64%
Manubrio + acromion	0,65	11,86	Edad = 102,143-0,389 AC- 149,401 M	±8	65%
Manubrio + cuerpo	0,65	12,66	Edad = 105,184 - 0,304 AC - 97,733 CU	±9	65%
Acromion + cuello + manubrio	0,67	12,13	Edad = 99,547 - 0,599 AC - 158,352 C - 94,12 M	±10	67%
Acromion + cuerpo + manubrio	0,66	12,35	Edad = 110,869 - 0,309 AC - 187,739 CU - 92,24M	±11	66%
Cuello + cuerpo + manubrio	0,68	13,13	Edad = 98,777 - 0,464 C - 91,163 CU - 28,32 M	±8	68%
Acromion + cuello + cuerpo + manubrio**	0,69	13,24	Edad = 101,134 - 96,723 AC - 0,341 C - 76,492 CU - 0,167 M	±9	69%

Tabla 3.
Funciones discriminantes y porcentaje de acierto en mujeres.

AC: acromion; C: cuello; M: manubrio; CU: cuerpo; **Resultados obtenidos del estudio de regresión por pasos sucesivos.

cual estaría la edad del sujeto de quien se pretende calcular la edad, con la probabilidad de acierto que corresponda a cada una de las funciones.

Discusión

La medida de gris en imágenes radiográficas se ha utilizado desde hace algún tiempo como indicador de las variaciones que sufren los huesos debidas a la pérdida de materia ósea con la edad⁷. De esta forma, si todas las placas radiográficas se realizan en igualdad de condiciones, podría asumirse que las diferencias que aparezcan entre los grados de gris se deberían exclusivamente a la pérdida de materia ósea en los huesos con el paso del tiempo.

En este estudio, tanto el área seleccionada como las regiones anatómicas han sido estandarizadas para evitar errores. Con esta información se ha creado una base de datos de medidas de grises que se ha sometido a un análisis estadístico para obtener los resultados.

Mediante la prueba t de Student para muestras independientes se ha podido determinar que hay diferencias significativas entre sexos con respecto a la edad. Esto era lógico de esperar, puesto que se sabe que los cambios degenerativos que sufre el esqueleto no ocurren igual en las mujeres y en los hombres; en esta línea podemos destacar la osteoporosis, que siendo una enfermedad que puede afectar tanto a hombres como a mujeres, afecta en mayor proporción a las mujeres una vez alcanzada la menopausia, aproximadamente a partir de los 50 años²⁸.

Tabla 4.
Funciones discriminantes
y porcentajes de acierto en
hombres.

Variable	Resumen de la regresión		Funciones discriminantes	Error medio	Porcentaje de fiabilidad
	R ²	Error típico			
Acromion	0,32	13,96	Edad = 78,179 - 172,379 AC	±6	32%
Cuello	0,39	13,09	Edad = 91,399 - 206,082 C	±5	39%
Manubrio**	0,56	11,88	Edad = 85,780 - 100,448 M	±7	56%
Cuerpo	0,42	15,79	Edad = 90,592 - 0,550 CU	±6	42%
Manubrio + cuello	0,59	16,79	Edad = 95,251 - 0,309 AC - 143,582 C	±6	59%
Manubrio + acromion	0,58	11,8	Edad = 107,783-0,346 AC- 166,433 M	±8	58%
Manubrio + cuerpo	0,60	12,75	Edad = 103,654 - 0,344 AC - 82,783 CU	±9	60%
Acromion + cuello + manubrio	0,62	11,91	Edad = 90,897 - 0,309 AC - 161,562 C - 98,36 M	±5	62%
Acromion + cuerpo + manubrio	0,62	11,89	Edad = 105,569 - 0,358 AC - 192,849 CU - 96,42 M	±8	62%
Cuello + cuerpo + manubrio	0,63	12,95	Edad = 99,667 - 0,344 C - 94,093 CU - 36,28 M	±7	63%
Acromion + cuello + cuerpo + manubrio**	0,64	12,02	Edad = 104,842 - 102,833 AC - 0,231 C - 66,575 CU - 0,182 M	±7	64%

AC: acromion; C: cuello; M: manubrio; CU: cuerpo; **Los resultados con doble asterisco son los que se han obtenido del estudio de regresión por pasos sucesivos.

La prueba t de Student también se ha realizado para comprobar si hay diferencias en la lateralidad, y ha podido comprobarse que no existen diferencias significativas entre escápulas derechas e izquierdas. Esta conclusión también era de esperar, ya que a no ser que hubiese alguna carga biomecánica o algún esfuerzo excesivo que decantara una gran pérdida de materia ósea en un lado respecto del otro, no debería haber diferencias^{29,30}.

Con estos resultados, era lógico pensar que debía continuarse con el estudio teniendo en cuenta la segmentación de la muestra dividida en sexos, ya que tratar toda la muestra por igual podría conllevar errores.

El estudio de la correlación ha demostrado que las medias de todas las variables disminuyen al aumentar

la edad de los individuos, y que la variable que mejor se correlaciona con la edad, tanto en hombres como en mujeres, es la media de gris en el manubrio del esternón.

El análisis de regresión muestra que, en el caso individual de las cuatro variables de estudio, tanto en los hombres como en las mujeres, los valores de R² son bastante mejores en la variable que se calcula como la media de gris en el manubrio del esternón. Esta variable aporta la mayoría de la información útil para predecir la edad por sí sola, con porcentajes del 63% en las mujeres y del 56% en los hombres.

En segundo lugar, de manera individual se encuentran las medias de gris en el cuerpo del manubrio y en el cuello de la escápula en mujeres y en hombres. Por último, la variable que peor predice la edad

es la media de gris en el acromion, ya que aporta muy poca información independiente del sexo. Esto puede deberse a que la medida que se ha tomado en el manubrio estaba mejor estandarizada que las medidas tomadas en el resto de los lugares. Además, centrandolo en la variable del acromion, hay que tener en cuenta que es una región susceptible a los daños, ya que se ha comprobado que es la parte que ha sufrido mayor desgaste post mortem.

En el caso de combinación de variables, en ambos sexos, puede observarse que las funciones discriminantes que contienen la variable media del gris en el manubrio del esternón presentan valores de R^2 mejores, y por tanto proporcionan una información más fiable. Al combinar esta variable con el resto aumentan los porcentajes, aunque de manera no significativa, llegando a alcanzarse, gracias a la suma de las cuatro variables, porcentajes de información del 69% en las mujeres y del 64% en los hombres.

Finalmente, cabe destacar que aunque la variable media de gris en el manubrio del esternón se comporta mejor que las otras tres variables de estudio y proporciona más información al estudio de la edad en los adultos, el porcentaje de fiabilidad sigue siendo bajo, y por tanto no sería un buen método, por sí solo, para estimar la edad en sujetos adultos.

Estos resultados están en consonancia con otros trabajos que afirman no obtener buenas correlaciones entre la pérdida de materia ósea y la edad de los individuos adultos⁹, y en discordancia con otros que obtienen buenos resultados^{5,7,8,10,19}. Se ha podido comprobar, gracias a la correlación, que sí existe una pérdida de materia ósea en función de la edad, y que esta relación podría ayudar al estudio de la predicción de la edad; no obstante, el poder de discriminación de los equipos utilizados para la realización de este estudio no es muy grande, por lo que es posible que la calidad de las imágenes radiográficas no sea óptima, y que el *software* utilizado no permita discernir entre diferencias de medidas tan pequeñas. Las distintas conclusiones que han obtenido otros autores en trabajos parecidos podrían deberse a la calidad de

las imágenes, así como a la diferencia en cuanto al instrumental y al *software* utilizado. Sería necesario, para próximos estudios, utilizar otras técnicas que tengan un poder discriminante mayor y que, por tanto, proporcionen resultados más precisos. En esta línea hay publicados varios estudios que relacionan la edad con la pérdida de materia ósea utilizando la densitometría o la tomografía computarizada (TC), que proporcionan resultados bastante fiables^{10,31}.

Conclusiones

- Las variables de estudio basadas en las medidas de densidad de gris en el esternón, la media de gris en el manubrio y en el cuerpo, no proporcionan muy buena información por sí solas para el cálculo de la edad en individuos adultos; la mejor es la media de gris en el manubrio del esternón.
- Las variables de estudio basadas en las medidas de densidad de gris en la escápula, la media de gris en el cuello y en el acromion, no proporcionan información fiable, por sí solas, para la estimación de la edad en individuos adultos.
- La relación de todas las variables entre ellas no proporciona información útil para estimar la edad en los adultos; la única variable que aporta información es la media de gris en el manubrio del esternón.
- Los resultados de este estudio están concuerdan con los de algunos trabajos publicados al respecto y están en discordancia con otros que se han realizado de manera similar. Esto puede deberse a la distinta calidad de las imágenes radiográficas y al *software* utilizado para la toma de medidas.
- Para mejorar la precisión de este tipo de estudios sería conveniente utilizar otras técnicas, como la densitometría o la TC, que proporcionan resultados más fiables.

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Franklin D. Forensic age estimation in human skeletal remains: current concepts and future directions. *Leg Med (Tokyo)*. 2010;12(1):1-7.
2. Garvin HM, Passalacqua NV. Current practices by forensic anthropologists in adult skeletal age estimation. *Journal of Forensic Sciences*. 2012;57(2):427-33.
3. Cunha E, Baccino E, Martrille L, Ramsthaler F, Prieto J, Schuliar Y, et al. The problem of ageing human remains and living individuals: a review. *Forensic Sci Int*. 2009;193:1-13.
4. Garamendi PM, Landa MI. Estimación forense de la edad: revisión bibliográfica. *Cuad Med For*. 2003;31:13-24.
5. Acsádi GY, Nemeskéri J. *History of human life span and mortality*. Budapest: Akadémiai Kiadó; 1970.
6. Hartnett KM. Analysis of age-at-death estimation using data from a new, modern autopsy sample — part II: sternal end of the fourth rib. *J Forensic Sci*. 2010;55:1152-6.
7. Walker RA, Lovejoy CO. Radiographic changes in the clavicle and proximal femur and their use in the determination of skeletal age at death. *Am J Phys Anthropol*. 1985;68(1):67-78.
8. Barrès DR, Durigon M, Paraire F. Age estimation from quantitation of features of “chest plate” X-Rays. *J Forensic Sci*. 1989;34(1):228-33.
9. Garamendi PM. *Análisis de parámetros de maduración ósea como indicadores de edad en estudios de radiología digital de tórax y estudios de radiología panorámica dental digital*. Tesis doctoral. Universidad de Granada; 2007.
10. Wade A, Nelson A, Garvin A, Holdsworth DW. Preliminary radiological assessment of age-related change in the trabecular structure of the human os pubis. *J Forensic Sci*. 2011;56:312-9.
11. Garg A, Goyal N, Gorea RK. Radiological age estimation from xiphi-sternal joint in living person. *J Indian Acad Forensic Med*. 2011;33:27-9.
12. MacLaughlin SM, Watts BL. Manubrio-sternal fusion — radiographic investigation. *Ann Hum Biol*. 1992; 19:216.
13. Garg A, Goyal N, Gorea RK, Bhardwaj H. Radiological age estimation from manubrio-sternal joint in living population of Punjab. *J Punjab Acad Forensic Med Toxicol*. 2011;11:69-71.
14. Cameron HU, Fornasier VL. The manubriosternal joint — an anatomicoradiological survey. *Thorax*. 1974;29:472-4.
15. Singh D, Indrajit, Sanjeev. Time of fusion of mesosternum with manubrium and xiphoid process. *J Anat Soc India*. 1994;43:125-35.
16. Gautam RS, Shah GV, Jadav HR, Gohil BJ. The human sternum — as an index of age and sex. *J Anat Soc India*. 2003;52:20-3.
17. Sun YX, Zhao GC, Yan W. Age estimation on the female sternum by quantification theory I and stepwise regression analysis. *Forensic Sci Int*. 1995;74:57-62.
18. Jit I, Bakshi V. Time of fusion of the human mesosternum with manubrium and xiphoid process. *Indian J Med Res*. 1986;83:322-31.
19. Bonsell S, Pearsall IV AW, Heitman RJ, Helms CA, Major NM, Speer KP. The relationship of age, gender, and degenerative changes observed on radiographs of the shoulder in asymptomatic individuals. *J Bone Joint Surg [Br]*. 2000;82-B:1135-9.
20. Bright AS, Torpey B, Magid D, Codd T, McFarland EG. Reliability of radiographic evaluation for acromial morphology. *Skeletal Radiol*. 1997;26:718-21.
21. Dabbs GR, Moore-Jansen P. Age changes in the adult human scapula. *HOMO - Journal of Comparative Human Biology*. 2012;63:368-84.
22. Dabbs GR. *The effect of age on human scapula morphology*. Unpublished MA Thesis. Wichita State University; 2005.
23. Frich LH, Odgaard A, Dalstra M. Glenoid bony architecture. *J Shoulder Elbow Surg*. 1998;7:356-61.
24. Nicholson GP, Goodman DA, Flatow EL, Bigliani LU. The acromion: morphologic condition and age related changes. A study of 420 scapulas. *J Shoulder Elbow Surg*. 1996;5:1-11.
25. Milgrom C, Schaffler M, Gilbert S, Holsbeeck M. Rotator-cuff changes in asymptomatic adults: the effect of age, hand dominance and gender. *J Bone Joint Surg [Br]*. 1995;77-B:296-8.
26. Getz JD, Recht MP, Piraino DW, Schils JP, Latimer BM, Jellema LM, et al. Acromial morphology: relation to sex, age, symmetry and subacromial enthesophytes. *Radiology*. 1996;199:737-42.
27. Ruff CB. Mechanical determinants of bone form: insights from skeletal remains. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2005;5(3):202-12.
28. Pietschmann P, Rauner M, Sipos W, Kersch-Schindl K. Osteoporosis: an age-related and gender-specific disease. A mini-review. *Gerontology*. 2009;55:3-12.
29. Bassed RB, Briggs C, Drummer OH. The incidence of asymmetrical left/right skeletal and dental development in an Australian population and the effect of this on forensic age estimations. *Int J Legal Med*. 2012;126:251-7.
30. Kapandji IA. *Fisiología articular*. Vol. I. 5ª ed. Madrid: Ed. Médica Panamericana; 1998. p. 12-80.
31. Macchiarelli R, Bondioli L. Linear densitometry and digital image processing of proximal femur radiographs: implications for archaeological and forensic anthropology. *Am J Phys Anthropol*. 1994;93:109-22.