

RÉPLICAS ÓSEAS EN RESINA POLIÉSTER COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE DE ANATOMÍA

POLYESTER RESIN BONE REPLICA, AS DIDACTIC TOOL FOR ANATOMY LEARNING

Yobany Quijano Blanco¹, Freddy Camilo Rodríguez M.², Karen Peralta R.², Sebastián Cortés C.²

¹Médico Cirujano, Facultad de Medicina, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A Calle 222 No. 54-37, Bogotá D.C. Especialista en Docencia Universitaria U. Militar. M.Sc. Morfología Humana U. Nacional de Colombia. globdimorf@udca.edu.co; ²Estudiantes Facultad de Medicina, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, chamilo12@hotmail.com Calle 6D No 79 A 76 interior 2 apto 206, Bogotá, D.C.

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 15(2): 275 - 281, 2012

RESUMEN

Las técnicas utilizadas para la reproducción de piezas óseas humanas con fines académicos intentan hallar métodos que permitan obtener réplicas óseas exactas de buena calidad, conservando, dentro de lo posible, los elementos anatómicos y accidentes óseos, en tres dimensiones, lo cual, no es tan fácil de obtener con las técnicas existentes. Mediante el procedimiento que se utilizó en este estudio para su realización obtuvimos, como primera medida, moldes y copias exactas de los huesos de los miembros inferiores, superiores y del cráneo; de estos últimos, algunos desarticulados, para facilitar su manejo. El material empleado en esta técnica para obtener réplicas óseas exactas fue la resina de poliéster, mejorando, desde el punto de vista pedagógico, las estrategias didácticas y de aprendizaje, para los estudiantes de anatomía. En el proceso, se dispusieron, como moldes, huesos reales de todas las dimensiones, fibra de vidrio, carbonato de calcio, resina poliéster, esta última, como componente principal de la réplica, logrando una copia fiel de cada uno de los huesos humanos utilizados, encontrando una adecuada fidelidad, en cuanto a cada uno de los accidentes anatómicos óseos, lo cual, permite prevenir complicaciones, que se pueden presentar durante la manipulación y la adquisición de huesos reales, ante los organismos de salud y cementerios. De esta manera, se halló otra alternativa para el manejo externo de huesos humanos, con fines de docencia e investigación, en las diferentes facultades de medicina.

Palabras clave: Hueso, resina poliéster, réplica, didáctica.

SUMMARY

The techniques used to reproduce human bone pieces for academic uses are looking for methods which permit to obtain exact replicas of good quality preserving as far as possible the anatomical elements and bone accidents in three dimensions, which is not so easy to get with the existing techniques. With the method used in this study, as a first step molds and exact copies of the leg bones, upper limbs and the disarticulated skull bones (disarticulated for ease of handling) were obtained. The material used in this technique to obtain exact bone replicas was polyester resin, tended to improve from the pedagogical point of view, the teaching and learning strategies for anatomy students. In the process real bones as templates for all actual dimensions, glass fiber, calcium carbonate, polyester resin were used, the latter as a main component of our replica, obtaining a faithful copy of each of the mentioned human bones, finding a suitable fidelity to each anatomical bone accident, which can prevent complications that may occur during handling and acquisition of real bones to health agencies and cemeteries. Therefore, another alternative for the management of human bones for teaching and research purposes in the various medical schools is presented.

Key words: Bone, polyester resin, reply, didactic.

INTRODUCCIÓN

En el 2008, estaban registradas 53 facultades de medicina en Colombia, generando una alta demanda de piezas anatómicas óseas, contrastando con su disponibilidad, por las restricciones impuestas por la Fiscalía General y el

Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses (Carrera, 2009).

Actualmente, en las facultades de medicina y demás instituciones relacionadas con las ciencias de la salud, los huesos humanos no son de fácil adquisición y los que existen son facilitados para la manipulación por parte de estudiantes, únicamente dentro del anfiteatro, puesto que no se pueden utilizar fuera de este recinto, por ser de riesgo biológico (Delgado *et al.* 2009).

Dada la escases de material cadavérico disponible, en forma permanente para el aprendizaje anatómico, las facultades de medicina han tenido que recurrir al uso de diversos medios didácticos que los remplacen, tales como modelos a escala de las piezas anatómicas, imágenes diagnósticas, arte y diversos programas virtuales (García, 2009); sin embargo, dadas las competencias que se espera adquieran los estudiantes durante su estancia en el curso de morfología es necesario que todo material didáctico represente, exactamente, la morfología y ofrezca una visión tridimensional de estas piezas, para entender la disposición anatómica del cuerpo humano, en forma articulada o desarticulada (D'Acuña & Guiraldes, 1998). En la actualidad, se venden piezas óseas plásticas, que pueden ser utilizadas con fines de docencia, pero, en algunos casos, adolecen de cualidades de textura, de ausencia de forámenes, de procesos, de falta de cavidades y se tiene la sensación que es un hueso plástico (Mochida *et al.* 2010), lo que lleva al fracaso en la adquisición de algunas de las competencias esperadas.

La utilización de materiales sintéticos líquidos, para el aprendizaje de la anatomía ósea, ha sido de gran apoyo para su enseñanza (Matamala *et al.* 1988; Oda & Sant'Ana, 2003), así como también la inyección de resinas poliéster acrílicas (Manjarrés, 2011), las cuales, han permitido elaborar moldes de diversas estructuras, a bajo costo y una adecuada calidad de cada uno de los huesos de los miembros superiores, inferiores y del cráneo (Villarroel Guerra & Medina Otazo, 2011).

En Colombia, antes de obtener huesos humanos, con fines de docencia e investigación, el cadáver debe pasar por una serie de requisitos médicos legales (Osorio *et al.* 2004), que implican una estricta cadena de custodia y enfrentan al cadáver, potencialmente donable, a las facultades de medicina, ante dos situaciones: si el cadáver se encuentra sin identificar debe transcurrir un tiempo determinado en medicina legal, lo que facilita su descomposición y, por otro lado, si el cadáver tiene familiares, deben donar el cadáver con fines de docencia e investigación, previa firma de un consentimiento informado (Osorio & Santana, 2005; Franco, 2007).

Dada la dificultad en la consecución de piezas anatómicas, su alto costo social, las dificultades para su preservación y el riesgo biológico, se desarrolló una técnica que proporciona réplicas exactas de los huesos. En este proceso, se usan huesos reales que sirven como molde, empleando, inicialmente arcilla, fibra de vidrio, silicona (Guerrero *et al.* 2011) y resina poliéster, generando réplicas óseas, con características similares a las originales. Dichas réplicas presentan como ventajas un costo de producción bajo, una calidad adecuada para la enseñanza de la anatomía, con los más altos estándares (Przybysz & Scolin, 2008), un bajo costo social y un riesgo biológico inexistente (Villarroel Guerra & Medina Otazo, 2011), lo que permitiría, con su aplicación, disminuir las dificultades en la enseñanza de la anatomía, presentes en este momento en Colombia.

Componente Ético. El material óseo original utilizado en este estudio fue obtenido basándose, estrictamente, en los criterios definidos para realizar una autopsia médico-legal, contenidos en el decreto 786 de 1990 (Ministerio de Salud Pública).

Además, se siguieron todos los principios de la declaración de Helsinki 2000 para investigación médica, garantizando un trato respetuoso a las piezas obtenidas en el estudio, garantizando la confidencialidad de los datos de la persona fallecida, su dignidad y su integridad.

Adicionalmente, la resolución 8430 de 1993 (Ministerio de Salud), en su artículo 16 párrafo primero, dice que en investigaciones con riesgo mínimo o sin riesgo, el comité de ética puede eximir al investigador de la realización de consentimiento informado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El primer paso consistió en tomar como molde los huesos del miembro inferior y superior del lado derecho, del neurocráneo y vicerocráneo, para iniciar el proceso de réplica.

Como segundo paso, se realizó una correcta limpieza de las piezas para no dañarlas ni alterarlas en su constitución; para esto, se procedió a cubrir la superficie del hueso a replicar, con un lubricante, lo que facilitó el posterior retiro del molde.

En una tercera etapa del proceso, para la elaboración del molde primario, se aplicó una mezcla de caucho de silicona sobre el hueso (Figura 1): "silicona 497" (Fiber Glass Colombia S.A., 2006), un producto de moldeo por adición que ofrece alta dureza, para aplicaciones que requieran gran estabilidad dimensional y que por su baja densidad y viscosidad ofrece una excelente definición de la superficie a copiar. Posteriormente, se inició el proceso de secado, pero como las primeras copias nunca se secaron, se le adicionó



Figura 1. Molde primario. A) Hueso mandíbula y B) Hueso fémur, cubiertos con caucho de silicona.

el catalizador de caucho t 56 24 h, en una proporción del 7%, con lo que se obtuvo un Molde Primario completamente seco y duro, con un tiempo de secado variable, entre ocho y doce horas.

El cuarto paso consistió en aplicar en la superficie del molde primario fibra de vidrio, cuya cantidad varió de acuerdo a la superficie de cada hueso y, a este resultado, se le denominó molde secundario, pues esta fibra de vidrio ayudó a dar dureza y soporte al molde primario, el cual, se abre para sacar el hueso original, se vuelven a cerrar y se obtiene el molde listo para crear la copia.

Para obtener las réplicas óseas utilizando el molde secundario, se emplearon los siguientes materiales: Resina 809, mezclada con carbonato de calcio, para darle consistencia, en donde por cada litro de resina usada, se añadió 100 gramos de carbonato de calcio y a esta solución, se le agregó 4mL de catalizador MEK, los cuales, se vertieron dentro del molde secundario, obteniendo un contramolde que, igualmente, se dejó secar al medio ambiente, representando una adecuada réplica del hueso utilizado (Figura 2).

Una buena reproducción debe partir de un buen modelo y molde, por lo que se tuvo especial cuidado en la selección y en la extracción de la pieza ósea, en donde el análisis morfo-

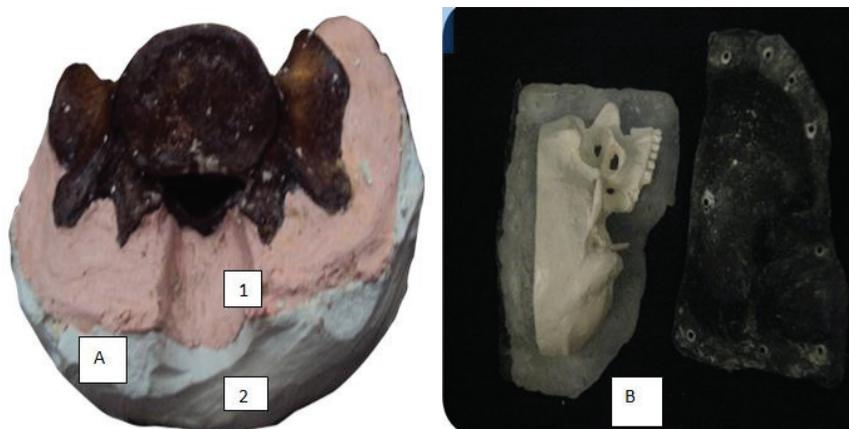


Figura 2. Molde secundario. A) Hueso sacro dentro del molde. (1) Caucho de silicona y (2) Fibra de vidrio. B) molde y contra molde de corte sagital de cráneo.

estructural del hueso fue fundamental para los distintos pasos. Fue necesario realizar restauraciones del modelo a reproducir y se hizo necesario sellar, parcialmente, canales y forámenes, con el fin de evitar retenciones del material de duplicación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar cada una de las réplicas, se observó una adecuada fidelidad con respecto a la pieza original y no necesitaron de ninguna otra intervención.

En cada una de las réplicas, en particular, se destacaron algunos detalles morfológicos, que demuestran la gran precisión de los duplicados, entre los que podemos mencionar: en la réplica del hueso fémur, en su vista posterior, se observa una cabeza (1), que va seguida del cuello anatómico (2), trocánter mayor (3) y trocánter menor (4) y el cuello quirúrgico (5), el cual, une el cuerpo a la extremidad superior del hueso; en el cuerpo, entre la

cara interna y externa, encontramos la línea áspera (6) y en el extremo inferior del hueso, por dentro y por fuera de la escotadura intercondilea (7) y limitándola, se hallan los dos cóndilos, interno (8) y externo (9); el cóndilo interno, se distingue del externo en que es menos grueso y está situado más hacia fuera de la línea axial del hueso y desciende más que el externo (Figura 3).

La réplica del hueso mandibular también permite apreciar, en una vista antero lateral, en su parte superior, dos procesos: uno anterior, denominado apófisis coronoides (1), que sirve de inserción para el músculo temporal y, otro posterior, denominado cóndilo mandibular (2). Entre ambos está la escotadura mandibular. El cóndilo, se encuentra recubierto por fibrocartilago y se articula con la fosa mandibular del hueso temporal, formando la articulación temporomandibular, situada por delante del canal auditivo externo. También presenta un ángulo de aproximadamente 15° , denominado ángulo mandibular (3), el cuerpo mandibular (4), la línea oblicua y el arco alveolar (Figura 4).

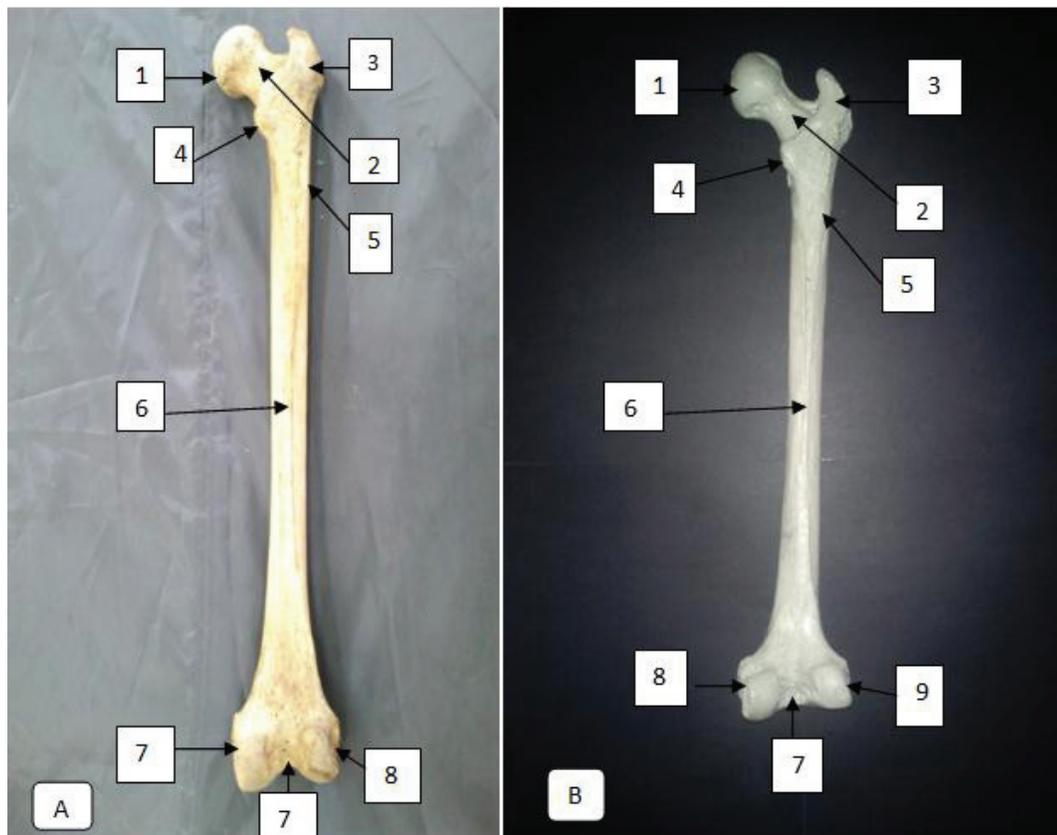


Figura 3. Hueso Fémur, vista posterior. A) Pieza original y B) Réplica final. (1) Cabeza; (2) Cuello anatómico; (3) Trocánter mayor; (4) Trocánter menor; (5) Cuello quirúrgico; (6) Cuerpo y línea áspera; (7) Escotadura intercondilea; (8) Cóndilo interno y (9) Cóndilo externo.

Destacamos que cada réplica conserva los parámetros morfológicos de la pieza original, como crestas, rugosidades, surcos, forámenes, procesos, líneas, entre otros.

Para elaborar las réplicas, se aplicaron otras técnicas y se utilizaron diversos materiales, diferentes a los reportados en otros estudios, como resultado de múltiples ensayos.

Buscamos un procedimiento que diera fidelidad y resistencia brindando la oportunidad de obtener réplicas óseas exactas de los huesos de miembro inferior y del cráneo, proporcionando una copia con una adecuada exactitud, aproximadamente, del 98%, de cada uno de los accidentes óseos y de sus formas anatómicas, permitiendo apreciar, desde los forámenes más pequeños hasta las



Figura 4. Hueso mandíbula, vista anterolateral. A) Pieza original y B) Réplica final. (1) Apófisis coronoides; (2) Cóndilo mandibular; (3) Ángulo mandibular; (4) Cuerpo mandibular; (5) Línea oblicua y (6) Arco alveolar.

estructuras más grandes, independientemente del tamaño, ya que con esta técnica no solamente se pueden replicar huesos pequeños sino también largos, todos ellos con una relevancia anatómica y clínica de excelente consideración, coincidiendo con Villarroel Guerra & Medina Otazo (2011), quienes señalan que las piezas presentan un alto grado de fiabilidad, comparado con la pieza replicada original y, por eso, pueden ser de gran utilidad en docencia e investigación.

Se emplearon y estudiaron, a lo largo del trabajo, otras técnicas que se fueron descartando y se decidió trabajar con caucho de silicona, resina poliéster y fibra de vidrio, algunos de estos son diferentes a los reportados en otros estudios, incluyendo la cantidad y el porcentaje de la materia prima empleada. Después de realizar el molde secundario y contramolde, se puede, fácilmente, replicar la misma pieza varias veces, debido a su gran durabilidad, la cual, es proporcionada por sus componentes, reduciendo el uso de piezas óseas originales por parte de los estudiantes y los docentes, disminuyendo el riesgo biológico.

La fragilidad de los huesos reales en comparación con las réplicas le dan, a estos últimos, una gran resistencia y un bajo costo.

Además, permite obtener piezas óseas del esqueleto humano con toda su tridimensionalidad, guardando las mismas características del original, siendo una ventaja el uso de la resina poliéster, de fácil preparación y con costo más bajo (\$1.200.000), comparado con el precio de las piezas originales (alrededor de \$3 millones). Con estos moldes, se pueden hacer una gran cantidad de copias, asumiendo solamente el costo de la resina poliéster, que es la materia prima de la copia, adicionándole carbonato de calcio y catalizador, la cual, a diferencia de la pieza original, no se deteriora y si se llegara a romper es fácilmente reemplazable, utilizando el mismo molde (Kurzer, 2006).

Las réplicas óseas conservan todas las características de los modelos originales independientemente de su tamaño y demás proporciones anatómicas, propias de cada una de

las estructuras replicadas, contribuyendo a la conservación del medio ambiente y a mitigar el riesgo biológico del ser humano.

Esta técnica permite reproducir partes óseas de difícil obtención, como por ejemplo, los huesos del cráneo, que presentan cavidades o senos, como es el caso del hueso frontal, con zonas extremadamente delgadas, encontrando que la réplica se hace más resistente, permitiendo su manipulación en el proceso de enseñanza y aprendizaje, donde el mantenimiento y el cuidado son mínimos, respecto a las piezas óseas originales (Segovia & Moreno, 1989).

El uso de estas réplicas que representan una adecuada fidelidad con respecto a las piezas originales, facilitan el proceso de enseñanza y de aprendizaje de la Anatomía Humana, siendo otra alternativa que, finalmente, logra ser una excelente herramienta educativa, destacándose la igualdad de estas reproducciones con respecto a sus originales, en cuanto a la calidad en todos sus parámetros y, además, podrían ser usadas en entrenamiento quirúrgicos por parte de los residentes de medicina, especialmente, en ortopedia y en traumatología, disminuyendo el uso de huesos humanos reales, durante su entrenamiento (Okada *et al.* 2010).

Con esta investigación, se buscó proporcionar una herramienta a los estudiantes de medicina de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A y demás facultades de Colombia y el mundo, que les permita mejorar el aprendizaje de la osteología, ya que antes de esta investigación no existían, en nuestro medio, réplicas exactas con este tipo de materiales, caracterizándose por ser resistentes y sin ningún riesgo biológico.

Agradecimientos: Al área de anatomía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A; al señor Freddy Harvey Rodríguez Garavito y al señor Juan Mariño, por su colaboración durante la realización de las réplicas. A los avances de la tecnología, por brindarnos la información necesaria para la realización del presente trabajo. **Financiación:** El presente trabajo fue financiado por los autores que participaron en su realización. **Conflicto de intereses:** El manuscrito fue preparado y revisado por todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

1. CARRERA CARBAJO, I. 2009. Identificación de cadáveres y aspectos forenses de los desastres. Corpses identificación and disaster's forensic aspects. Brigada de Policía Científica. Publicaciones De La Unidad de Investigación en Emergencias y Desastres. España. 30p. Disponible desde Internet en: <http://es.scribd.com/doc/88155992/identificacioncadaveres> (con acceso 12/02/12).
2. DELGADO-ROSAS, M.; GORROSTIETA-HURTADO, E.; RAMOS-ARREGUÍN, J.M.; PEDRAZA-ORTEGA, J.C.; ACEVES-FERNÁNDEZ, M.A. 2009. Obtención de Modelos en resina epóxica de un fémur. Memorias del XV Congreso Internacional Anual de la SOMIM, Cd. Obregón, Sonora, Septiembre 2009. 10p. Disponible desde Internet en: http://somim.org.mx/articulos2010/memorias/memorias2009/pdfs/A1/A1_83.pdf (con acceso 12/11/11).
3. D'ACUÑA, E.; GUIRALDES DEL C., H. 1998. Anatomía del cráneo en páginas Web. Rev. Chil. Anat. 16(1):115-166.
4. FIBER GLASS COLOMBIA S.A. 2006. La verdad acerca de la fibra de vidrio y la salud. Una Relación Estudiada. p.1-2. Disponible desde Internet en: <http://www.fiberglasscolombia.com.co/admin/assetmanager/images/catalogo%20fibra-salud3.pdf> (con acceso 06/07/11).
5. FRANCO P., M. 2007. Diligencia de levantamiento de cadáver. Criminalística.com.mx y Criminalistic.org. Disponible desde Internet en: http://criminalistic.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=413 (con acceso 06/07/11).
6. GARCÍA D., S. 2009. Los polímeros en la época de difusión de estilos artísticos. Arte Individuo y Sociedad. España. 21:27-36.
7. GUERRERO JIMÉNEZ, M. DE VALLE; LISARTE VILLALBA, J.; MÁRQUEZ CAMACHO, J.I.; RAMÍREZ GRANADOS, A. 2011. Plan de Negocio MBA PART TIME 2010-2011. 216p. Especificaciones Técnicas del producto. Silicona. p.60. Disponible desde Internet en: http://www.eoi.es/savia/pubman/item/eoi:67023:2/component/eoi:67020/EOI_ProyectoMBAPT_WH (con acceso 12/11/11).
8. KURZER, M. 2006. Estudio comparativo de dureza en dientes artificiales fabricados con diferentes tipos de resinas acrílicas. Revista EIA. 6:121-128.
9. MANJARRÉS H., F. 2011. Resinas transparentes con y sin color. Unicor S.A. Disponible desde Internet

- en: http://www.unicorsa.com/pdf/RESINAS_TRANSPARENTES_CON_Y_%20SIN_%20COLOR.pdf (con acceso 05/08/11).
10. MATAMALA, F.; OLAVE, E.; HENRÍQUEZ, J.; CHAVEZ, R. 1988. Experiencia de siete años en el diseño y uso de material didáctico anatómico de bajo costo. *An. Anat. Norm.* 6(6):208-213.
 11. MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA. República de Colombia. Decreto 786 de 1990, por el cual se reglamenta parcialmente el título IX de la ley 09 de 1979, en cuanto a la práctica de autopsias clínicas y médico-legales, así como viscerotomías y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial No. 39.300*, de 17 de abril de 1990. Disponible desde Internet en: www.presidencia.gov.co/.../decretoslinea/1990/abril/.../dec786161990.doc (con acceso 10/07/11).
 12. MINISTERIO DE SALUD. República de Colombia. 1993. Resolución 8430 de 1993, por el cual se establecen normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. 4 de octubre de 1993. Disponible desde Internet en: www.dib.unal.edu.co/promocion/etica_res_8430_1993.pdf (con acceso 12/07/11).
 13. MOCHIDA O., D.; ALMEIDA DE SOUSA, A.M.; DE ANDRADE H., R.; AKIRA S., F. 2010. Surgical simulator for temporal bone dissection training. *Braz. J. Otorhinolaryngology.* 76(5):575-578.
 14. ODA, J.; SANTANA, D. 2003. Técnica de inclusão em resina de cortes transversais da medula espinhal coradas pelo método de Mulligan. *Int. J. Morphol.* 21(1):49-92.
 15. OKADA, D.; DE SOUSA, A.; HUERTAS, R.; SUZUKI, F. 2010. Surgical simulator for temporal bone dissection training. *Braz. J. Otorhinolaryngol.* 76(5):575-8.
 16. OSORIO I., L.C.; DUQUE P., M.A.; VELOSA A., G.; CARREÑO, M.I.; ARIAS G., L.F.; MORALES, M.L. 2004. Guía de Procedimientos para la Realización de Necropsias Médico-legales. 2ª ed. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Disponible desde Internet en: <http://www.medicinalegal.gov.co/images/stories/root/guias/guia.pdf> (con acceso 07/08/11).
 17. OSORIO I., L.C.; SANTANA L., A. 2005. Manual de Procedimientos de Fiscalía en el Sistema Penal Acusatorio Colombiano. Fiscalía General De La Nación. 216p.
 18. PRZYBYSZ, C.; SCOLIN, E. 2008. Técnica anatómica: confecção de modelos em resina a partir de vértebras humana. *F@PCiencia*, 2(10). Disponible desde Internet en: http://www.fap.com.br/fapciencia/002/edicao_2008/010.pdf. (con acceso 23/08/11).
 19. SEGOVIA, J.; MORENO, E. 1989. Uso de yeso emparafinado en la fabricación de modelos anatómicos. *An. Anat. Norm.*, 7:158-9, 1989.
 20. VILLARROEL GUERRA, M.; MEDINA OTAZO, E. 2011. Técnica anatómica para restaurar y/o reproducir piezas óseas humanas de difícil obtención, para la investigación y docencia científica. *Int. J. Morphol.* 29(2):532-536.

Recibido: Noviembre 19 de 2011

Aceptado: Octubre 23 de 2012