

ARTÍCULO**Plastinación de cerebro y corazón con resina de poliéster**

Camila Pedraza Ciro¹, Maria Jose Castaño², Diego Aldana Barón³, Mauricio Pedraza Ciro⁴, Andrea Ochoa⁴, Miguel Ruiz Rubiano⁵

¹ Residente Neurocirugía, Grupo de educación en educación superior, Universidad El Bosque

² Medico General, Grupo de educación en educación superior, Universidad El Bosque

³ Coordinador morfología, Grupo de educación en educación superior, Universidad El Bosque.

⁴ Médico Interno, Grupo de educación en educación superior, Universidad El Bosque.

⁵ Director Grupo Anatomía, Grupo de educación en educación superior, Universidad El Bosque.

mpedrazap@unbosque.edu.co, mcastano@unbosque.edu.co,
aldanadiego@unbosque.edu.co, mpedrazac@unbosque.edu.co, aochoa@unbosque.edu.co

PLASTINACIÓN DE CEREBRO Y CORAZÓN CON RESINA DE POLIÉSTER**RESUMEN**

Introducción: La plastinación se ha mostrado como una técnica revolucionaria e innovadora en el campo de conservación de piezas anatómicas creada por Gunther Von Hagens, especialmente si se tiene en cuenta que el aprendizaje de la anatomía actualmente se basa en la conservación y estudio de cadáveres y especímenes anatómicos cada vez más difíciles de adquirir, los cuales permiten un claro aprendizaje al ser útiles para la formación de estudiantes de pregrado, posgrado y durante el ejercicio profesional. La plastinación también permite que dichos especímenes se pueden conservar en el tiempo a pesar de su continua manipulación, además de minimizar los riesgos biológicos para aquellas personas en el área de la salud que se encuentran en el campo de las ciencias morfológicas. De esta forma, se optimizarán y mantendrán los detalles anatómicos en la práctica con cadáveres que en preservación con formol se pierden, destruyen o son de difícil visualización.

Objetivos: Estandarizar una técnica económica de plastinación para el estudio didáctico de la morfología, mediante el uso de resinas de poliéster en órganos, además de disminuir el riesgo biológico en el manejo de los especímenes de estudio generando modelos anatómicos que sean de fácil acceso.

Métodos: Se realizó un análisis retrospectivo de los materiales y métodos utilizados previamente en los grupos de investigación de la Universidad el Bosque para llevar a cabo una posterior selección de especímenes según su frecuencia de uso, al igual que una observación de materiales preservadores de tejidos de fácil acceso y sin pruebas previas, encontrando como objetivos el corazón de cerdo y el cerebro con respecto a materia prima y la resina de poliéster como polímero.

Resultados: En dicho estudio, se tomaron dos especímenes (humano y cerdo) de los cuales se sacaron cinco cortes de los diferentes planos para realizar la técnica de plastinación, en las cuales se identificaron la composición anatómica, los músculos y diferentes vasos. Una vez explorada la técnica de plastinación en tales especímenes frescos, se observaron cambios. Algunos leves en las diferentes variables como dimensiones, color, textura y forma, pero que cumplen las expectativas de preservar un espécimen con fines didácticos. Con base en la observación y análisis se logró determinar el comportamiento de las variables en las piezas anatómicas antes y después del proceso de plastinación. Además, por el método de correlación simple, se pudo determinar el comportamiento de las muestras en cuanto a textura, flexibilidad, retracción y detalles anatómicos porcinos o humanos. En la gráfica 1, podemos observar mediante una comparación las variaciones en cuanto al color que fueron notadas desde la primera fase del proceso, notando que en la fase de deshidratación se logra una tonalidad más clara, pero posteriormente en la fase de impregnación forzada alcanza tonalidades más oscuras variando hasta marrón. Posteriormente, se evidenció una recuperación del color en la fase de secado, con aclaramiento de las piezas anatómicas diferenciables con claridad. En cuanto a la textura, se observa que en ambos especímenes, las muestras adquirieron dureza y rigidez en el momento de la deshidratación con acetona, por lo cual se infiere que al perder el agua y los líquidos corporales por dicho proceso, también se pierde la flexibilidad y el órgano adquiere mayor rigidez, lo que proporciona mayor resistencia a la manipulación. Teniendo en cuenta que la técnica de plastinación en una de sus etapas es la deshidratación de la estructura, se explica por qué se retraen los órganos. En la conservación de los detalles anatómicos se encontró que en ambos órganos se logra señalar con claridad y precisión los diferentes accidentes anatómicos de importancia.

Conclusiones: La plastinación se convierte en un elemento constructor de aprendizaje significativo para los conocimientos de anatomía del estudiante, al mismo tiempo que disminuye las preocupaciones de seguridad frente a la utilización de formaldehído.

Con el fin de responder al objetivo del presente proyecto de investigación, se estandarizó la técnica de plastinación en corazones de cerdo y cerebro de humano, con lo cual se elaboró un protocolo en el que se incluyen las sustancias químicas utilizadas y los tiempos empleados en cada fase del procedimiento.

En cuanto a los resultados, se encontraron diferencias en variables como peso, grosor y textura después de la realización de la técnica, conservado los detalles anatómicos y permitiendo el estudio adecuado del órgano.

Palabras clave: Plastinación; fijación; deshidratación; impregnación forzada; secado; resina poliéster; corazón; cerebro.

BRAIN AND HEART PLASTINATION WITH POLYESTER RESIN SUMMARY

Introduction: Plastination has been shown as a revolutionary and innovative technique in the field of conservation of anatomical pieces created by Gunther Von Hagens. Taking into

account that the study of anatomy is currently based on the conservation and study of cadavers and anatomical specimens that are increasingly difficult to acquire and that allow a clear learning being useful for the training of undergraduate, graduate and professional exercise students and that can be preserved over time despite their continuous manipulation; it also allows to minimize biological risks for those in the area of health who are in the field of morphological sciences. In this way the anatomical details that in practice with corpses that are in preservation with formalin are lost, destroyed or difficult to visualize will be optimized and maintained.

Objectives: Standardize an economic technique of plastination for the didactic study of morphology, through the use of polyester resins in organs, in addition to reducing the biological risk in the management of study specimens generating anatomical models that are easily accessible.

Methods: A retrospective analysis of the materials and methods previously used in the research groups of the University of the Forest was carried out to make a subsequent selection of specimens to be used according to their frequency of use, as well as an observation of easily accessible tissue preservation materials without prior evidence, finding as objectives the heart of pig and the brain with respect to raw material and polyester resin as polymer.

Results: In this study two specimens (human and pig) were taken from which five cuts were taken from the different planes to perform this plastination technique in which the anatomical composition, muscles and different vessels were identified. Once the plastination technique was explored in these fresh specimens, changes were observed, some slight in the different variables such as dimensions, color, texture and shape, but that meet the expectations of preserving a specimen for teaching purposes. Based on observation and analysis, the behaviour of these variables in the anatomical parts before and after the plastination process is determined. In addition, by the simple correlation method, sample behavior in texture, flexibility, retraction and pig or human anatomical details could be determined. In graph 1, we can observe by comparison the variations in color that were noticed from the first phase of the process. It is observed that in the dehydration phase a lighter shade is achieved but subsequently in the phase of forced impregnation reaches darker shades varying to brown; subsequently a recovery of the color in the drying phase was evident, with whitening of the anatomical parts where clear differences are possible. As for the texture it is observed that in both specimens the samples acquired hardness and rigidity at the time of dehydration with acetone, so it is inferred that losing water and bodily fluids is lost by this process the flexibility is also lost and the organ acquires greater rigidity, which provides greater resistance to manipulation. Based on the retraction of the organs and taking into account that the technique of plastination in one of its stages in the dehydration of the structure is explained because they are retracted. In the preservation of anatomical details it was found that both organs can be clearly and accurately identified the different anatomical accidents of importance

Conclusions: Plastination becomes a significant learning building element, either for the student based on anatomy knowledge, while reducing safety concerns over the use of formaldehyde due to the health risks of teachers and students exposed.

In order to meet the objective of this research project, the technique of plastination in pig and human brain hearts was standardized, which developed a protocol that includes the chemicals used and the times used at each stage of that procedure.

As for the results, differences were found in the variables such as weight, thickness, texture after the realization of said technique preserved in whether the anatomical details and allowing the proper study of the organ.

Keywords: Plastination; fixation; dehydration; forced impregnation; drying; polyester resin; heart; Brain.

INTRODUCCIÓN

Marco teórico

Definición de plastinación

La plastinación es una revolucionaria técnica única que sirve para preservación de órganos y tejidos, desarrollada por el Dr. Gunther Von Hagens en Heidelberg (von Hagens et al., 1987; Latorre et al., 2007), Alemania en 1978, con el fin de poder usar estos cuerpos para análisis y estudios del cuerpo humano en ciencias o medicina.

El término “Plastinación” es derivado del griego (de *plassein* = en forma determinada, a la forma). Dicha técnica tiene como principio la eliminación de grasa y fluidos corporales de algún cadáver u órgano con la ayuda de solventes como la acetona fría y tibia, y se sustituye por un preparado plástico hecho de resinas elásticas de silicona. (Priya, Lama y Magar, 2001).

Historia de plastinación

Desde hace miles de años y con diferentes propósitos que van desde lo religioso hasta

lo científico, el hombre ha practicado la preservación de cuerpos, valiéndose de diversas técnicas. Como podemos observar en el antiguo Egipto, los egipcios realizaron momificaciones de personas y animales debido a que ellos creían en la resurrección, por lo que la preservación del cuerpo se convirtió en un asunto de supervivencia en el más allá (Bravo & Inzunza 1995, Inzunza & Bravo 1999). El embalsamamiento era un ritual sagrado que requería dedicación y esfuerzo. Los egipcios utilizaban diferentes mezclas con natrón (cloruro de sodio, bicarbonato de sodio y carbonato de sodio), obtenidos de los lagos salados del área de Wadi Natrum. También utilizaban vino de palma y hierbas aromáticas como mirra y cassia (prescindían del incienso) obtenidas del comercio. El objetivo de este procedimiento era producir la deshidratación extensa del cadáver y la eliminación de fuentes de putrefacción. Dicho proceso duraba aproximadamente 35 días (Beltrán 2009).

En América Latina, notables culturas como las Chinchorro y la Incáica utilizaron técnicas de embalsamamiento con iguales fines que los egipcios. Hacían evisceración y retiro de tejidos blandos con el propósito de conservar la piel, y rellenan el cuerpo con totora o arcilla. Aunque no se ha determinado la composición de las arcillas, sí se ha demostrado el uso de secado al ambiente, así como el uso del fuego y del humo (Beltrán 2009).

El embalsamamiento en épocas más recientes posteriores hasta el siglo IXX incluyó el uso de alcohol, sales de arsénico y mercurio, así como otras sales metálicas. Sin embargo, el gran cambio en la técnica se dio con el descubrimiento del formaldehido en 1868, por el científico alemán William Hoffman. Él mismo inició su uso para la conservación de cuerpos que luego se perfeccionó al mezclarlo con sales y alcohol (Beltrán 2009).

Existen múltiples solventes y técnicas para detener procesos naturales de putrefacción como por ejemplo las soluciones de alcohol, formalina, ácido acético y otras mezclas conservantes. La técnica de glicerinado consiste en deshidratar una muestra mientras se introduce glicerina en sus tejidos, disminuyendo así el agua disponible para los microorganismos. El parafinado consiste en deshidratar una pieza y luego sumergirla en parafina líquida, calentada a 60°C. La insuflación es una técnica que se puede usar en pulmones o en órganos huecos, los cuales luego de un lavado y un fijado se desecan mediante el paso de aire a presión por varios días. Otra técnica frecuentemente

utilizada es la repleción, que consiste en el llenado de conductos por medio de inyección de soluciones en su interior.

Los productos que más se utilizan para la repleción son la tinta china, resina, látex natural, caucho de silicona, resina poliéster, entre otros (Von Hagens et al., 1987). El procedimiento de corrosión consiste en la eliminación del tejido orgánico de una muestra, para visualizar los conductos repletados o las cavidades inyectadas previamente. Algunos métodos utilizados son el ácido clorhídrico y sulfúrico en concentraciones del 5 al 10%, hidróxido de potasio del 15 al 20%.

En la década de los años 70, el anatomista alemán Gunther Von Hagens desarrolló la técnica de plastificación (Ver fotografía 1). Von Hagens inició sus estudios de Medicina en Jena y los culminó en Alemania Federal. En 1977, obtuvo un puesto como colaborador científico en el Instituto de Anatomía y Biología, donde comenzó sus primeros ensayos sobre plastinación de tejidos mediante la utilización de polímeros plásticos para la conservación de especímenes. El mismo Von Hagens describió la técnica como un procedimiento sencillo en el cual se saca el agua del tejido y después de sumergirlo en acetona, se llena de polímeros fluidos. Luego se seca mediante focos de luz o calor. Los polímeros plásticos son muy flexibles y esto hace que los cuerpos plastinados sean muy duraderos (Zurdo, 2009). A finales del siglo XX, puso a disposición de la humanidad sus conocimientos y empezó la replicación del proceso de plastinación con fines

pedagógicos en diferentes universidades del mundo.

Proceso de plastinación

El proceso de plastinación tiene cinco etapas las cuales son:

- Fijación
- Deshidratación
- Desengrase
- Impregnación forzada
- Curado

Fijación: Se realiza incorporando al espécimen un fijador, proporcionando cierta firmeza y minimizando la contracción. El fijador también permite desnaturalizar algunas enzimas del tejido que pueden activarse después de la deshidratación e inclusive después de la plastinación y causar descomposición del tejido, o enzimas que puedan interferir con la polimerización después de la impregnación. Además, permite desinfectar el espécimen, destruir bacterias, etc. El proceso de fijación puede realizarse mediante inmersión, infiltración, inyección, perfusión y dilatación. La solución fijadora más comúnmente usada es la formalina (formaldehido 1-20%). Se utiliza a bajas temperaturas, por debajo de 15° C, mediante la inyección e inmersión del cadáver o espécimen en soluciones de formaldehido a una concentración por debajo del 5%, por un periodo de 4 a 8 semanas, de acuerdo con el tamaño del órgano y la contextura del cadáver. Durante esta etapa, se recomienda disecar las estructuras que se quiera demostrar y el objetivo por el cual se va a realizar todo el proceso, así como el uso de soluciones

de hierro u otras, para la preservación del color natural del órgano o del cadáver.

Desengrase: La disminución de la cantidad de grasa en las muestras aumenta la durabilidad del espécimen. El agente que se utiliza para la pérdida de grasa es el cloruro de metileno (Skalkos y Cols, 1999).

Deshidratación: Consiste en extraer y sustituir los fluidos tisulares por un disolvente orgánico. Este solvente debe ser un apropiado disolvente intermedio volátil (acetona o diclorometano) que tenga las propiedades adecuadas para la extracción durante el proceso de impregnación. Para la deshidratación, se recomienda la inmersión del espécimen en baños de acetona que deben iniciarse en concentraciones no mayores del 70%. Semanalmente, se cambia el baño aumentando la concentración del solvente, hasta lograr una deshidratación por lo menos del 99%. La concentración es controlada con un acetonómetro calibrado en 90 - 100 a 20° C y cualitativamente con la coloración de la solución. El tono amarillo indica la necesidad de cambio de la solución (Beltrán, 2010). Esta etapa también se realiza a bajas temperaturas, por debajo de - 25° C, para evitar la contracción o la llamada retracción.

Existen múltiples agentes deshidratantes que son utilizados en procesos de plastinación como la acetona, el alcohol etílico, alcohol isopropílico, e inclusive el thinner. Los tiempos de deshidratación varían de acuerdo al tamaño del espécimen, la efectividad del agente y la temperatura, debido que a temperaturas bajas del agente deshidratante existe menos riesgo de alterar la medida original

del espécimen (Brown, Reed y Henry, 2002).

Impregnación: Es el paso principal de la plastinación y consiste en la sustitución del disolvente intermedio (acetona) por silicona. Esta impregnación es forzada con una bomba de vacío; la presión de vacío facilita la evaporación del solvente y el ingreso a los tejidos de las moléculas del material seleccionado; debe realizarse por un periodo no menor de 7 días (Baptista y Conran, 1989).

Curado: Durante este proceso, se produce el endurecimiento de los especímenes previamente impregnados en el baño de silicona, adquiriendo un aspecto firme, seco y de fácil manipulación. Para ello, las preparaciones son colocadas en un recipiente al que previamente se añade un endurecedor en cantidad suficiente para cubrir el fondo del mismo (Diz, Miró y Cols., 1994). Este procedimiento se realiza a temperatura ambiente con un polimerizante por cerca de 6 semanas. Se usa cloruro de calcio como absorbente. (Beltrán, 2010).

MARCO METODOLÓGICO

Tipo de investigación

Inicialmente, en este estudio se abordó el proceso de plastinación ya descrito con el fin de facilitar, estandarizar la técnica y encontrar nuevas posibilidades y usos de reactivos más económicos en las diferentes fases del proceso para encontrar alternativas más asequibles a esta técnica.

Población y muestra

En el estudio se tomaron dos muestras frescas. Una de porcino y una de humana

Antecedentes de plastinación en la Universidad el Bosque

La aplicación de la plastinación en la universidad surge por la crisis de cadáveres y se inicia siguiendo el proceso descrito por Von Hagens, desde hace aproximadamente 13 años. Desde entonces y en la actualidad, siguen trabajando en plastinación con silicona en órganos para su conservación. También han realizado propuestas para plastinación de cortes anatómicos, reemplazando la acetona por thinner, con el fin de disminuir costos. Con esta técnica de plastinación, han obtenido cortes anatómicos secuenciales plastinados durables, resistentes, sobre los cuales se pueden identificar múltiples estructuras bien diferenciadas, separadas por planos anatómicos, lo que permite un recurso adicional para la docencia, a nivel de pregrado y postgrado (Ruiz y García, 2003).

de los cuales se sacaron cinco cortes de los diferentes planos para realizar el proceso de plastinación. En ambas se identificaron la composición anatómica, los músculos y diferentes vasos. Las muestras fueron adquiridas en “Carnicería” de la ciudad de Bogotá y la otra por medio del anfiteatro de la Universidad El Bosque.

Materiales y métodos

1. Órganos de estudio

- a. Corazón de cerdo
- b. Cerebro humano

2. Formaldehido al 10%
3. Acetona
4. Resina poliéster 818
5. MEK peróxido tipo G
6. Octoato de cobalto
7. Kit de disección de órganos
8. Envases de vidrio para la deshidratación.
9. Elementos de protección personal (Guantes industriales, Tapabocas quirúrgico, Gafas de seguridad)

Técnica de plastinación

En primera instancia, se realizó la selección del espécimen que se quería llevar al proceso de plastinación, teniendo en cuenta la accesibilidad en términos de costo y acceso neto, la funcionalidad del mismo para el estudio anatómico, la integridad de estructuras que debe ser óptima para una disección posterior satisfactoria y la similitud anatómica del espécimen con relación a la estructura humana. En este orden de ideas, se consideró que la opción más apropiada era el corazón porcino.

Posteriormente, se realiza la disección en la que se resaltan estructuras como grandes vasos, músculos papilares, ventrículos, válvulas A.V y conformación general. Después se lleva a un lavado exhaustivo con peróxido de hidrógeno. En una segunda instancia, se procede a

sumergir el espécimen en formol para el proceso de fijación que consiste en la estabilización del órgano durante 2 semanas y posteriormente en acetona ($\text{CH}_3(\text{CO})\text{CH}_3$) durante 3 meses para su deshidratación de la siguiente forma:

- Mes 1 - acetona al 70%.
- Mes 2 - acetona al 80%.
- Mes 3 - acetona al 90%.
- Mes 4 - acetona al 100%.

Generalmente, a los 2 meses y medio se puede evidenciar una deshidratación casi total del espécimen que podemos evaluar con la claridad de la acetona. En este ensayo se consideró dejar el espécimen por 3 meses para asegurar la deshidratación total. En la tercera fase, se retira el espécimen de la acetona y se deja en exposición al medio para completar el proceso de secado durante 1 mes.

Finalmente, se procede a la impregnación del espécimen mediante la inmersión de este en una mezcla homogénea compuesta por 1 kilo de resina (cristalan 818), 0,4% de octoato de cobalto, 1% de MEK peróxido y 100gr de diluyente (metilmacrilato) hasta lograr una infiltración total de la mezcla en el espécimen y se lleva a secado al medio por 1 hora, momento en el cual se evidencia el resultado final del proceso.

RESULTADOS

En el presente estudio se tomaron dos espécímenes de los cuales se sacaron cinco cortes de los diferentes planos para realizar dicha técnica de plastinación, en

las que se identificaron la composición anatómica, los músculos y diferentes vasos.

Una vez explorada la técnica de plastinación en los especímenes frescos, se observaron cambios en variables como longitud, grosor, color, textura y retracción. Con base en la observación y análisis, se logró determinar el comportamiento de dichas variables en las piezas anatómicas antes y después del proceso de plastinación. Además, por el método de correlación simple, se pudo determinar el comportamiento de las muestras en cuanto a textura, flexibilidad, retracción y detalles anatómicos porcinos o humanos.

En las fotografías podemos observar mediante una comparación, las variaciones en cuanto al color que fueron notadas desde la primera fase del proceso, observándose que en la fase de deshidratación, los especímenes obtienen una tonalidad más clara, pero posteriormente en la fase de impregnación forzada alcanza tonalidades más oscuras variando hasta marrón. Posteriormente se

evidenció una recuperación del color en la fase de secado, con aclaramiento de las piezas anatómicas donde es posible diferencias con claridad.

En cuanto a la textura, se observa que en ambos especímenes, las muestras adquirieron dureza y rigidez en el momento de la deshidratación con acetona., por lo cual se infiere que al perder el agua y los líquidos corporales, se pierde la flexibilidad y el órgano adquiere mayor rigidez, lo que proporciona mayor resistencia a la manipulación.

Con base a la retracción de los órganos y teniendo en cuenta que la técnica de plastinación en una de sus etapas en la deshidratación de la estructura, se explica porque se retraen. En la conservación de los detalles anatómicos se encontró que en ambos órganos se logra señalar con claridad y precisión los diferentes accidentes anatómicos de importancia.

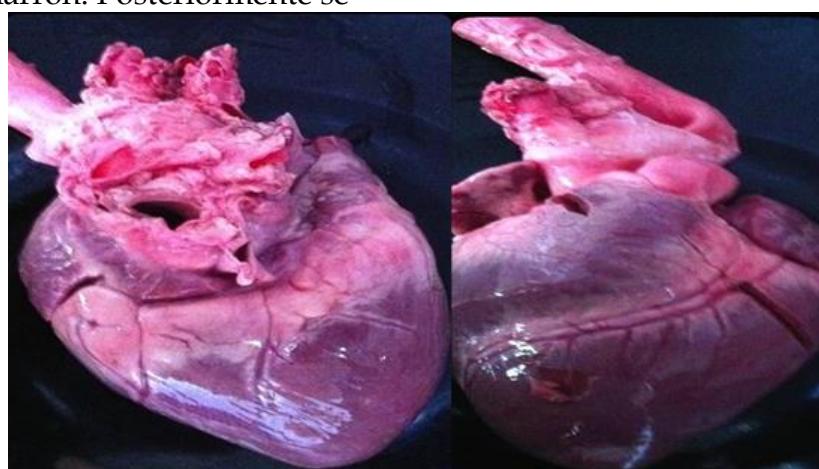


Figura No. 1. Espécimen de corazón de cerdo



Figura No. 2. Inicio del proceso de deshidratación



Figura No. 3. Deshidratación luego de un mes e inicio de disección del espécimen

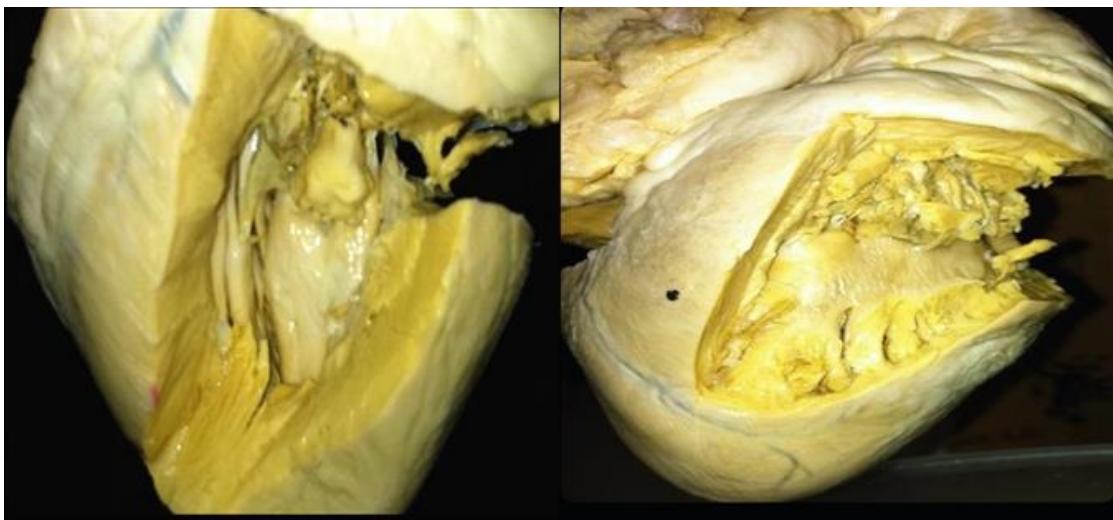


Figura No. 4. Fase final del proceso de deshidratación.



Figura No. 5. Corte de cerebro plastinado con resina poliéster

CONCLUSIÓN

La plastinación se convierte en un elemento constructor de aprendizaje significativo, ya sea para el estudiante en base a los conocimientos de anatomía. Al mismo tiempo, con dicha técnica se disminuye los riesgos de toxicidad para la manipulación y el estudio de piezas anatómicas que se tienen frente a la utilización de formaldehído.

Con el fin de responder al objetivo del proyecto de investigación, se estandarizó la técnica de preparación y conservación de órganos (corazón de cerdo y cerebro de humano) en donde se elaboró un protocolo que incluye las sustancias químicas utilizadas y los tiempos empleados en cada fase de dicho procedimiento. Esto permite contar con otra herramienta para la labor docente en el proceso de

enseñanza y aprendizaje de la anatomía. Disminuir la utilización de formaldehído con agente y sustancia principal de preservación y conservación de órganos reduce por ende el riesgo de desarrollar efectos secundarios por dicha sustancia en población objeto (estudiantes, docentes y

auxiliares).

En cuanto a los resultados, se encontraron diferencias en variables como peso, grosor, textura y color después de la realización de dicha técnica, conservando en si los detalles anatómicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAPTISTA, Carlos, Conran, Philip. Plastination of the Heart: Preparation for the study of the cardiac valves. En: Journal International Society Plastination, 1989. Vol 3:3-7
2. BELTRÁN, Jaime A. Historia de la Preservación de Cadáveres Humanos. En: Morfolia, 2009, vol 3. No. 1, p. 5-10
3. BELTRÁN, Jaime A. La plastificación en la Universidad Nacional de Colombia. En: Morfolia, 2010, vol 2. No. 1, p. 3-17.
4. BRAVO, Hermes. Plastinación, una herramienta adicional para la enseñanza de la Anatomía. En: Int. J. Morphol., 2006, Vol. 24(3):475-480
5. BROWN, M.A., REED, R.B., HENRY, R.W. Effects of Dehydratation Mediumms and Temperature on Total Dehydratation Time and Tissue Shrinkage. En: Journal of the International Society for Plastination, 2002, vol 17: 28-33.
6. DIZ, A.; Miró F., Rodríguez Barbudo, M.V., Rivero, J.L.L., Galisteo, A.M., CondePérez,A. J. Plastination as a preservation technique of anatomic material. En: AN. VET.MURCIA, 1993 – 1994, 9-10: 49-56
7. JIMÉNEZ, Ricardo., ISAZA, Oscar. Plastinación, una técnica moderna al servicio de la anatomía. En: IATREIA, 2005, Marzo, Vol. 18. No. 1. p. 99-106.
8. PRIYA, k., LAMA, S., MAGAR, A. Plastinatión – an unrevealed art in the medical science. En: Kathmandu University Medical Journal, 2001, Vol. 5, No. 1, Isuue 17, 139-141.

9. RUIZ, Miguel., GARCÍA, Gonzalo. Propuesta para plastinación de cortes anatómicos,no acetona temperatura ambiente. En: Revista de la Facultad de Medicina de la Universidad el Bosque, 2003, vol 8. No. 2.
 10. SKALKOS, E., WILLIAMS, G., BAPTISTA, C. The E12 Technique as an Accessory Tool for the study of Myocardial Fiber Structure Analysis in MRI. En: Journal International Society Plastination. 1999. Vol 14. No. 1. p. 18:21.
 11. VALDÉS, Fabio., VEGA., Eduardo., VALENZUELA, Marcos. Estudio comparativo de dos técnicas de plastinación. En: International Journal of Morphology, 2010, Vol 28 (3): 783-786.
 12. VON HAGENS, G., TIEDEMANN K., KRIZ, W. The current potential of plastination. Anatomy and Embryiology, 1987, 175, 411-421.
-