



LA PLASTINACIÓN, UNA HERRAMIENTA NOVEDOSA EN ANATOMÍA

AUTORES: Adrián Castro Sierra¹, Maglier Ibarra Correa², Ana Laura Díaz Águila³.

¹ Estudiante de 5to Año. Alumno Ayudante en Sistema Osteomioarticular (ING II).

² Estudiante de 5to Año. Alumno Ayudante en Microbiología (ING II).

³ Estudiante de 5^{to} Año. Alumna Ayudante en Atención Integral a la Familia III (ING II).

TUTOR: Dr. José E. Clavero.

Especialista de II Grado en Anatomía Humana. Doctor en Pedagogía.

Facultad de Estomatología de la Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara,
Cuba.

E-mail: adrian.castro96@nauta.cu

RESUMEN:

La muerte siempre ha sido la mayor de las incógnitas para el hombre. Algunos, intentando eludirla, se han propuesto salvar al cuerpo de la corrupción y trascenderlo hacia la eternidad junto con el espíritu. Otros, como Vesalio, se aferran al cuerpo porque han hallado en él el mejor libro. Partidario de los segundos, Gunther von Hagens –doctor, anatomista y artista– ideó en 1977 la más renovada forma de preservación cadavérica: la plastinación. Esta técnica consiste en reemplazar los líquidos corporales por polímeros para conformar esculturas humanas. Además del inestimable valor artístico, la plastinación es utilizada en la mayoría de las universidades médicas del mundo. En cambio, en nuestro país hoy la enseñanza está fundamentalmente basada en medios virtuales y la integración de las ciencias básicas, y se pierde esta posibilidad de aprendizaje. Por tanto, con el objetivo general de describir la técnica de plastinación como una herramienta para la conservación de piezas anatómicas, se consultaron 32 bibliografías recientes, impresas y digitales. Se concluyó que la técnica en cuestión permite un avance muy importante en la conservación de preparados anatómicos, una protección de la salud humana y ambiental y una mejora en el proceso enseñanza.

Palabras clave: plastinación, técnicas, anatomía, conservación.



INTRODUCCIÓN:

La preservación de cadáveres y especímenes anatómicos es un proceso descrito desde la antigüedad. Los egipcios aportaron al conocimiento médico y de la industria funeraria el uso de sustancias químicas y técnicas para embalsamar. Al igual que las culturas mesoamericanas, las momias conservadas por estas civilizaciones cuentan con miles de años de antigüedad y todavía resaltan por su belleza, minuciosidad y estado de conservación.¹

Se conoce que los procedimientos de disecciones con fines académicos vienen desde los tiempos de Hipócrates. Pero no fue hasta la aparición de la escuela de Alejandría, durante los siglos III a I a.C., cuando se fundamenta la Anatomía sobre una base racional que ayuda a entender mejor la medicina, siendo una actividad de objetivo científico. Entre sus mayores representantes tenemos a Herófilo de Calcedonia, Erasistrato de Chios y Galeno de Pergamo.¹⁻²

Durante la Edad Media, bajo la imposición del Cristianismo, se abandonó la práctica en cadáveres de las cátedras de Anatomía, ya que era considerada contra las leyes divinas y sus practicantes eran perseguidos por la Iglesia y la Inquisición, considerados representantes del diablo y muchos fueron a parar a la hoguera.³

Durante el Renacimiento, en las universidades de vanguardia, se retoma la disección. Son clásicas las descripciones anatómicas en las obras de Hipócrates, Galeno, Avicena y Vesalio –considerado actualmente padre de la Anatomía moderna, su principal impulsor, quien consideraba que el mejor libro era el propio cuerpo humano³–. Se enseñaba con las piezas anatómicas, no limitándose su repaso solamente a la cátedra teórica. Leonardo da Vinci se considera que diseccionó al menos 30 cuerpos humanos y sus dibujos, a menudo de extraordinaria belleza, son también maravillosamente precisos desde un punto de vista técnico. También se destaca Rembrandt.

En la Anatomía moderna son de referencias las obras de Testut Latarget y Sinelnikov.²⁻³⁻⁴

En las carreras de las Ciencias Médicas, el estudiante se encuentra con piezas cadavéricas para el aprovechamiento óptimo de la cátedra de Anatomía. Al mismo tiempo, es necesario



que estas piezas sean fácilmente manipulables para su estudio y trabajo; además puedan preservarse en el tiempo, sin presentar alteraciones a nivel de su estructura arquitectónica. Gracias a ello, desde comienzos de siglo van apareciendo nuevas técnicas de preservación cadavérica, las cuales nos puedan ofrecer las características anteriormente mencionadas.⁷⁻

8

El formaldehído ha sido y es hasta el momento, el método más utilizado en las universidades donde se imparten estas carreras, siendo un buen recurso para mantener las piezas cadavéricas en un estado aceptable de preservación, puesto que impide la autólisis de los tejidos o la colonización de los mismos por microorganismos.¹⁻⁵⁻⁶ En el año 1979, las autoridades sanitarias de EE.UU. regulan su uso de forma estricta debido a que se descubre que es un potente carcinógeno, recomendando el uso de resinas sintéticas para la preservación de piezas.⁴

La Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC), en el año 2004, ha clasificado el formaldehído como carcinógeno del grupo I (cáncer nasofaríngeo). Sin embargo, desde el punto de vista laboral, solo la DFG ha clasificado al formaldehído como carcinógeno en la categoría 4, es decir, considera que su potencial carcinogénico principal no es debido a efectos genotóxicos, y que el riesgo carcinogénico se caracteriza por una correlación dosis – tiempo – respuesta en la que es de esperar que no se observen efectos si se respetan los límites de exposición laboral.⁵⁻⁶

En los últimos años, las dificultades para el transporte, la preservación y el mantenimiento de especímenes anatómicos y de cadáveres han ido en aumento; entre ellas se pueden enunciar la contaminación por vapores de formaldehído y otras sustancias químicas empleadas en el proceso de preservación, los riesgos biológicos relacionados con los cadáveres por la proliferación de hongos y algunas enfermedades como la tuberculosis, la hepatitis y las encefalitis lentas descritas en la literatura, las enfermedades ocupacionales posiblemente asociadas a la exposición prolongada al formaldehído, la legislación nacional e internacional que cada vez es más rigurosa.⁵



Con relación al transporte, la custodia y el destino final de los cadáveres humanos y la durabilidad de estos y de los especímenes anatómicos por la manipulación frecuente en las diferentes actividades académicas provocando su deterioro. Estos aspectos fundamentales en el análisis de la problemática, motivaron la búsqueda de técnicas modernas y el uso de otras sustancias químicas durante todo el proceso de preservación de los cuerpos humanos y animales al servicio de la ciencia. ⁵⁻⁶

El Dr. Gunther von Hagens en 1974,⁷ en el Instituto de Anatomía de la Universidad de Heidelberg desarrolla el método de Plastinación, donde el agua y los lípidos son reemplazados con polímeros como la silicona, epoxy y poliéster. La calidad del tejido y la estructura se mantienen con un aspecto seco. Su mayor aplicación se establece en piel, músculos, vasos sanguíneos y huesos, siendo este método el de mejores características para el trabajo de piezas cadavéricas ⁷⁻⁸

En un comienzo experimentó con variedad de plásticos para mejorar la calidad de especímenes de riñón, y luego de muchos intentos de ensayo y error sentó las bases de la plastinación de hoy día. En el proceso, el agua y los lípidos de los tejidos son reemplazados por los polímeros curables que adquieren consistencia generando un producto conservable en el tiempo y libre de olor. ⁷⁻⁸⁻⁹

Los resultados de la conservación propia del cerebro comenzaron en 1988 con Alfred Riepertinger, insertando formalina por la arteria vertebral ⁹, y no fue hasta 1989 que Holladay y Hudson usaron cerebros plastinados para la enseñanza de neuroanatomía en North Caroline State University, Collegue of Veterinary Medicine. Uno de los últimos trabajos conocidos publicado en el Journal of the International Society for Plastination data del 2000, donde Sora y Brugger deshidratan cortes cerebrales usando metanol en vez de acetona. ⁹⁻

10

Muchas universidades del mundo han montado laboratorios de plastinación para desarrollar esta técnica y se han adecuado a sus necesidades y posibilidades económicas para buscar métodos más baratos de llevar a cabo esta práctica. ¹¹



En América Latina muchos centros de altos estudios ya han introducido el uso de la plastinación, como en Argentina, México, Colombia y Bolivia –en la Universidad Nuestra Señora de La Paz. Buscando métodos para reforzar la docencia en neuroanatomía e inspirada en la experiencia de universidades vecinas ⁴⁻⁹⁻¹⁰⁻¹¹, se ha llegado a utilizar la resina de poliéster como técnica experimental, siendo esta fácil de reproducir y de un costo moderado en relación a las otras técnicas con resinas sintéticas. ¹²⁻¹³

Las resinas son sustancias líquidas, las cuales pueden solidificarse a través de reacciones químicas mediadas por un catalizador. De esta manera se produce un proceso de polimerización que además de evitar la deshidratación cadavérica otorga a la pieza mayor durabilidad, dureza, resistencia y sirve para la conservación de la morfología tridimensional del material. ¹⁴

El uso de la técnica con resina de poliéster, busca que las piezas cadavéricas se utilicen de la mejor manera posible, evitando su deterioro, riesgo biológico por parte de los usuarios, y facilitar la manipulación directa con piezas anatómicas tridimensionales. ¹⁵⁻¹⁶

Actualmente hay un mayor número de programas de medicina veterinaria y zootecnia que imparten cátedras de anatomía, así como una tendencia a reducir el número de animales destinados a la enseñanza en esos espacios académicos y hacer un uso racional de ellos. Por otra parte, los currículos actuales en muchas universidades del mundo permiten que los estudiantes, en un sistema de créditos académicos, ejerzan actividades complementarias de formación que pueden realizar en las horas presenciales o de trabajo independiente guiado. ¹⁷⁻¹⁸⁻¹⁹

Por ello, la preservación de organismos, órganos y estructuras mediante la plastinación es necesaria para complementar o reemplazar el uso de especímenes fijados con soluciones a base de formol que son potencialmente tóxicas y contaminantes y le dan la opción al estudiante de participar colaborativamente en el desarrollo de piezas que tienen uso en la enseñanza y que pueden ser objetos artísticos. ¹⁷⁻¹⁸⁻¹⁹

Existe la necesidad de contribuir a la formación de los futuros profesionales. En nuestro país no se utiliza esta técnica; el modelo de enseñanza se basa en la integración de las ciencias



básicas y en la alternativa virtual, y se elimina casi completamente el uso de piezas anatómicas durante las actividades prácticas para sustituirlas por fotografías que al estar editadas en un solo plano no permiten una correcta observación y comprensión por parte de los estudiantes. Entretanto, en las piezas existentes el deterioro es evidente por los años de explotación.

Son importantes las ventajas de la técnica de plastinación en la conservación de piezas anatómicas, que permiten conseguir preparaciones libres de la toxicidad de formaldehído y ofrecen a los estudiantes de pregrado, a los profesionales y a la comunidad en general, especímenes que serán fuente de aprendizaje y contemplación de la excepcionalidad humana.

OBJETIVO GENERAL:

Describir la técnica de plastinación como una herramienta novedosa para la conservación de piezas anatómicas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Recopilar información actualizada relacionada con la técnica de plastinación.
2. Describir las características fundamentales de la técnica de plastinación en la conservación de piezas anatómicas.

DESARROLLO:

La plastinación es una técnica anatómica de preservación microscópica de material biológico desarrollada por el profesor Gunther von Hagens en Heidelberg, Alemania, en 1977.¹⁻⁷⁻⁸ La plastinación es un método de conservación cadavérica por medio del cual se pueden preservar especímenes biológicos y especialmente blandos como por ejemplo cerebro, corazón, riñón, pulmón, hígado y músculos; además, especímenes y cortes de cuerpos en el campo de la Anatomía y la Patología, humana y animal.¹⁰⁻¹¹

En este proceso, el agua y los lípidos en los tejidos biológicos son reemplazados por polímeros plásticos como por ejemplo siliconas, resinas epóxicas o poliéster; los cuales son subsecuentemente endurecidos, resultando especímenes secos, sin olor y altamente



durables. La clase de polímero usado determina la propiedad óptica (transparente y opaco) y el movimiento que este pudiera conferirle (flexible o firme) al espécimen impregnado. Una vez impregnado el espécimen es mucho más estable que aquel que se haya congelado, deshidratado o parafinado y por supuesto mucho más duradero y menos tóxico que el conservado con los métodos tradicionales de la inmersión en formol. Además, tiene una gran ventaja, y esta es que retienen el relieve original de su superficie y la identidad celular hasta nivel microscópico. ¹⁰⁻¹¹⁻¹²

Esta técnica consiste básicamente en la sustitución de los líquidos tisulares (agua y lípidos), a través del intercambio de líquido por polímeros para que los cuerpos no pierdan su textura y color aparentemente normal. ¹¹

La descomposición de la materia orgánica es un proceso vital en la naturaleza, pero es también un impedimento para los estudios morfológicos y la investigación. Esto es particularmente importante en los especímenes biológicos que reducen su tamaño considerablemente cuando son expuestos a condiciones atmosféricas normales. Por ello, siempre ha sido un objetivo perseguido constantemente para los anatomistas. ¹²

La plastinación es una verdadera alternativa en la conservación de tejidos biológicos percederos desde cuerpos completos, hasta órganos, preparaciones articulares, cortes en secciones de cadáveres (completos o de regiones aisladas, etc.). Estos alcanzan un estado seco e imperecedero mediante el empleo de diferentes polímeros y plásticos especiales. ²¹⁻

²²

Breve reseña sobre Gunthern von Hagens, creador de la técnica de plastinación:

Gunther von Hagens, bautizado como Gunther Gerhard Liebchen, nació en Alt-Skalden, Posen, Polonia –en aquel entonces, parte de Alemania. Para escapar de los finales de la Segunda Guerra Mundial, sus padres introdujeron al bebé de cinco días en una cesta para la ropa y dieron comienzo a un viaje de seis meses de duración. La familia vivió brevemente en Berlín y sus alrededores antes de asentarse finalmente en Greiz, una pequeña población en la que von Hagens permaneció hasta cumplir los 19 años. ²³⁻²⁴⁻²⁵⁻²⁶



A los seis años, von Hagens estuvo a punto de morir y permaneció en cuidados intensivos durante muchos meses. Sus encuentros diarios con los médicos y las enfermeras dejaron en el niño una huella imborrable e hicieron crecer en él su deseo de convertirse en médico. Mostró también desde una temprana edad su interés por las ciencias, volviéndose –desde el lanzamiento ruso del Sputnik al espacio– en un apasionado del tema a la edad de 12 años. “Yo era el archivero y la autoridad del colegio en lo referente al Sputnik”, ha declarado.

23-24-25-26

En 1965 von Hagens ingresó en la Facultad de Medicina de la Universidad de Jena, situada al sur de Leipzig y lugar de nacimiento de los escritores Schiller y Goethe. Sus métodos poco ortodoxos y su personalidad extravagante eran lo suficientemente notables como para que se citaran en los informes académicos de la universidad: “Gunther Liebchen es una personalidad que no aborda las tareas sistemáticamente. Esta característica y su gran imaginación, que a veces le hacía olvidar la realidad, ocasionalmente lo llevaban a desarrollar formas de trabajo fuera de lo normal y a mostrarse obstinado –pero nunca de una manera que perjudicara al colectivo de su grupo de seminario. Al contrario, sus formas a menudo alentaban a sus compañeros a analizar críticamente su propio trabajo”.²³⁻²⁴⁻²⁵⁻²⁶⁻

27

En 1970, pasa a vivir en Alemania Occidental. Von Hagens se inscribió en la Universidad de Lubeck para finalizar sus estudios de Medicina. Cuando se graduó, en 1973, trabajó como residente en un hospital de Heligoland –una isla libre de impuestos donde el acceso a las bebidas alcohólicas a bajo precio tenía como consecuencia una elevada población de alcohólicos.²³⁻²⁴⁻²⁵⁻²⁶

Un año más tarde, después de obtener su título en Medicina, se incorporó al Departamento de Anestesiología y Medicina de Urgencias de la Universidad de Heidelberg, donde se dio cuenta de que su mente pensativa no era adecuada para las rutinas tediosas que se le exigían. En junio de 1975, contrajo matrimonio con la Dra. Cornelia von Hagens, antigua compañera de clase y adoptó el apellido de esta. El matrimonio tuvo tres hijos: Rurik, Bera, y Tona.



En 1977, mientras trabajaba como residente y profesor universitario –el inicio de una carrera de 18 años en el Instituto de Patología y Anatomía de la universidad– von Hagens inventó la plastinación, su innovadora tecnología para conservar especímenes anatómicos mediante la utilización de polímeros reactivos. “Estaba mirando una colección de especímenes incrustados en bloques de plástico. Era por entonces la técnica de conservación más avanzada, según la cual los especímenes permanecían en el interior de un bloque de plástico transparente. Me pregunté por qué se vertía el plástico y a continuación se curaba alrededor de los especímenes en lugar de introducirlo en las células, lo que estabilizaría los especímenes desde el interior y literalmente nos permitiría agarrarlos”. ²³⁻²⁴⁻²⁵⁻²⁶⁻²⁷

Sigue relatando el profesor von Hagens: “Unas semanas más tarde, fui a preparar una serie de cortes de riñones humanos para un proyecto de investigación. El proceso habitual de incorporación de los riñones en parafina para luego cortarlas en rodajas finas parecía demasiado esfuerzo desperdiciado, ya que sólo necesitaba un quincuagésimo de cada rebanada. Un día, estando en la carnicería de la ciudad universitaria donde estudiaba, vi al carnicero rebanando el jamón, y en ese momento me di cuenta de que debía estar usando una máquina de cortar carne para cortar los riñones. Y de este modo, la *cuchilla giratoria* ⁽²¹⁾ se convirtió en mi primera inversión en plastinación. Coloqué las rodajas de riñón entre placas de Plexiglas, y allí coloqué el líquido, y luego utilicé vacío para extraer las burbujas de aire que se habían formado por la agitación surgida de la mezcla entre el polímero y el agente de curado. Pero mientras observaba estas burbujas, me di cuenta: debe ser posible infundir un trozo de riñón saturado en acetona con plástico y luego colocarlo en vacío, este vacío podrá extraer la acetona en forma de burbujas. Cuando realmente realicé el intento, surgieron un montón de burbujas de acetona, pero después de una hora el riñón se había ennegrecido y encogido”. ²³⁻²⁴⁻²⁵⁻²⁶⁻²⁷

En este punto, la mayoría de la gente habría rechazado el experimento considerándolo un fracaso, y la única razón por la que siguió adelante y lo volvió a repetir una semana después con caucho de silicona fue porque sus conocimientos básicos de la química y la física le indicaron que el efecto de ennegrecimiento se debió al índice de refracción del plexiglas, y



la contracción lo atribuyó a haber impregnado el espécimen demasiado rápido. De esta manera, luego de corregir esto, continuó con las pruebas de la técnica. El 10 de enero de 1977, logra la primera muestra presentable de la plastinación, día "...en que decidí hacer de la plastinación el centro de mi vida..." Patentó el método y a lo largo de los seis años siguientes, von Hagens dedicó todas sus energías a perfeccionar su invención. En la plastinación, el primer paso consiste en detener la descomposición. "Se embalsama el cuerpo con una inyección de formaldehído en las arterias, mientras que los especímenes más pequeños se sumergen en la misma sustancia. Tras la disección, se extraen todos los fluidos corporales y la grasa soluble del espécimen y a continuación son sustituidos por medio de la impregnación forzada al vacío por resinas reactivas y elastómeros como la goma silicónica y la resina epoxídica", dice. Durante este tiempo, von Hagens creó su propia empresa, Biodur Products, para distribuir los equipos, la tecnología y los polímeros especiales utilizados para la plastinación a instituciones médicas de todo el mundo. ²³⁻²⁴⁻²⁵⁻

26-27

En la actualidad, más de 400 instituciones situadas en 40 países de todo el globo utilizan la invención de Gunther von Hagens para conservar especímenes anatómicos para la enseñanza de la Medicina. En 1983, figuras de la iglesia católica pidieron al Dr. von Hagens que plastinara el hueso del talón de Santa Hildegarda de Bingen (1090 – 1179), mística beatificada, teóloga y escritora venerada en Alemania. La oferta posterior de von Hagens de plastinar al papa Juan Pablo II fracasó antes de llegar a ser objeto de un debate serio.

En 1992, von Hagens se casó con la Dra. Angelina Whalley, médica que trabaja en calidad de Directora Comercial –además de ser la diseñadora de las exposiciones Body Worlds. Un año más tarde, el Dr. von Hagens fundó en Heidelberg el Instituto de plastinación, que ofrece especímenes plastinados para uso didáctico y para las exposiciones Body Worlds, inauguradas en Japón, en 1995. ²³⁻²⁴⁻²⁵⁻²⁶⁻²⁷

Hasta la fecha, Body Worlds ha sido contemplada por más de 30 millones de personas en más de 50 países de Europa, Asia y Norteamérica. Sus continuos esfuerzos por presentar las exposiciones, enfrentándose incluso a la oposición y a ataques a menudo virulentos son, según dice, "la carga que ha de soportar como profesor y anatomista público". "Sólo al



anatomista se le asigna un papel específico –se ve forzado en su trabajo diario a rechazar los tabúes y las convicciones que tiene la gente sobre la muerte y los difuntos. Yo mismo no soy controvertido, pero mis exposiciones sí lo son, porque pido al público que trascienda de sus creencias y convicciones fundamentales sobre nuestro destino conjunto e ineludible”.

Aparentemente determinado a agotar los límites de vivir en libertad, el Dr. von Hagens ha hecho un esfuerzo concertado por viajar y difundir sus intereses por todo el mundo. Aceptó un cargo como profesor visitante en la Universidad Médica de Dalian en China en 1996 y se convirtió en director del centro de investigación para la plastinación de la Academia Médica Estatal de Bishkek (Kirguistán). En 2001 fundó una empresa privada, la Von Hagens Dalian Plastination Ltd., en Dalian, China, que cuenta actualmente con una plantilla formada por 250 personas. En 2004, el Dr. von Hagens dio inicio a un periodo como profesor visitante en la Escuela Universitaria de Odontología de Nueva York. “El cuerpo humano es la última naturaleza remanente en un hombre hecho entorno”, declara. “Espero que las exposiciones sean lugares para la ilustración y la contemplación, incluso de autoreconocimiento filosófico y religioso, y estén abiertas a la interpretación, independientemente de los antecedentes y la filosofía de vida del visitante”. ²³⁻²⁴⁻²⁵⁻²⁶⁻²⁷⁻²⁸

La Técnica de Plastinación:

La plastinación como técnica se ha ido perfeccionando y se han añadido nuevos materiales a su proceder; sin embargo, la técnica tradicional tipo S-10 desarrollada por Gunther von Hagens se basa en las siguientes etapas de trabajo: ⁷⁻⁸⁻²³⁻²⁴

1. Selección del espécimen - 2. Fijación - 3. Disección - 4. Deshidratación - 5. Impregnación forzada - 6. Posicionamiento - 7. Curado.

1. Es fundamental la *selección* cuidadosa del espécimen, del cual dependerá en gran medida el éxito de la técnica de plastinación; debe ser una pieza lo más fresca posible y evitar que los tejidos estén dañados para lograr una mayor calidad. ⁷⁻⁸⁻²³⁻²⁴

2. La *fijación* puede llevarse a cabo con casi cualquier fijador convencional como la técnica del formaldehído. La fijación ideal para estos preparados debe contener formalina, en concentraciones no más allá de 5%, por períodos en lo posible cortos (una a dos semanas),



para evitar el oscurecimiento de la muestra. Sin embargo, si se tienen preparaciones muy antiguas, también pueden ser plastinadas, previo a blanqueamiento de ellas en agua oxigenada. La coloración es lograda inyectando una resina epóxica coloreada dentro del sistema vascular. ⁷⁻⁸⁻²³⁻²⁴

3. *Disección* precisa y minuciosa, con eliminación completa del tejido celular subcutáneo y mostración de estructuras especiales, previamente planeadas, para su posterior conservación con la técnica. ⁷⁻⁸⁻²³⁻²⁴

4. La *deshidratación* se logra principalmente con acetona, debido a que esta sirve como solvente intermediario durante la impregnación del polímero. El método más sencillo es la sustitución en congelamiento. El espécimen es colocado en acetona a 20 o 25 °C por varias semanas. La acetona es reemplazada hasta que el contenido de agua es menor a 1%. También se pueden utilizar alcoholes al 70, 80, 96 y 100%. ⁷⁻⁸⁻²³⁻²⁴

5. La *impregnación forzada* es el paso central y el más importante en la plastinación. Después de saturar el espécimen con una presión media de vapor (bajo punto de ebullición) es sumergido en una solución de un polímero adecuado (silicona + catalizador, en proporción 100:1), cuyos componentes tienen una presión de vapor baja (alto punto de ebullición). El intermediario volátil (acetona) que se encuentra dentro del espécimen es removido constantemente por una bomba de vacío. Conforme el medio es removido, una diferencia de presión será producida causando que el polímero entre al espécimen. ⁷⁻⁸⁻²³⁻²⁴

La impregnación forzada debe llevarse a cabo lentamente conforme el polímero es admitido dentro del espécimen, donde la acetona cambia de estado líquido a gaseoso y es removida. La velocidad de impregnación es cuidadosamente ajustada por una adición controlada de aire dentro de la bomba de vacío por medio de una válvula de "bypass". La impregnación dura de 4 a 14 días dependiendo principalmente del tamaño del espécimen, la densidad del tejido y la viscosidad del polímero utilizado. Durante este periodo el vacío debe ser intensificado de una presión de 200 mmHg, de acuerdo a la formación deseada de burbujas (intermedio), a una presión de 5 mmHg donde las burbujas pequeñas irán a la superficie. Una vez alcanzado este nivel de presión, y desaparecido el burbujeo (indicador del



reemplazo de la acetona por la silicona), entonces el espécimen es removido de la solución del polímero. ²⁴⁻³⁰

6. *Posicionamiento* del espécimen para la mostración de las regiones disecadas, a través de la colocación de agujas separadoras, hilos de sostén y demás elementos para la composición adecuada de la preparación plastinada. ⁷⁻⁸⁻²³⁻²⁴⁻³⁰

7. El *curado* (polimerización) consiste en el secado y endurecimiento del espécimen impregnado. Esto se lleva a cabo a temperatura ambiente o a 50 °C, dependiendo de la naturaleza del polímero utilizado. También se puede llevar a cabo exponiéndolo a un endurecedor gaseoso o a una luz ultravioleta (UVA). Esta es la etapa final de la plastinación, y puede extenderse hasta por 3 o 4 meses para lograr un curado total.

Existen variantes a estas técnicas, como la sustitución de algunos pasos o materiales a utilizar de menor valor económico, práctica muy común en estos momentos en muchas universidades de América Latina. Consideramos los autores que en nuestro país se pueden utilizar variantes como estas para introducir la técnica. ⁷⁻⁸⁻²³⁻²⁴

Relación riesgos - beneficios. Cuestionamientos éticos a la técnica:

En la mayoría de los departamentos de Anatomía es de uso rutinario el empleo de material biológico húmedo (inmersión permanente en formaldehído al 5 %) como soporte de la investigación de la asignatura de Anatomía. Sin embargo este tipo de preparaciones tiene una serie de limitaciones que comprometen su valor educativo: ²⁵⁻²⁶

- El material para las prácticas ha de ser perfundido o conservado en piletas con líquidos fijadores (normalmente formol, fenol, y otros), tóxicos tanto para el docente como para el alumno. ²⁵⁻²⁶
- Las técnicas actuales de preparación y conservación de las piezas fijadas ofrecen ciertas limitaciones en determinados campos morfológicos como en el estudio de la Anatomía Topográfica y de la Anatomía Seccional, base de la Anatomía Clínica y fundamento de la interpretación de las técnicas de diagnóstico por imagen. ²⁵⁻²⁶

La plastinación se lleva a cabo a nivel mundial en muchas instituciones con una gran aceptación debido a la durabilidad, la posibilidad a una comparación directa a imágenes de



ultrasonido y resonancia magnética y el alto valor de investigación que los especímenes plastinados ofrecen. Esta técnica permite el análisis anatómico mediante milimétricas secciones corporales que muchas veces alcanzan apenas los 3 o 5 milímetros, de ahí que un solo cuerpo puede convertirse en decenas de pequeñas “rebanadas”, que a su vez permitirán también el estudio específico de alguna parte del cuerpo.

La aplicación de la plastinación a la neuroanatomía es muy importante. El reducido grado de retracción, junto con la compatibilidad de técnicas de tinción selectivas, la convierte en un método de elección. Esta técnica ofrece un contraste único entre las fibras y las áreas de los núcleos del encéfalo, algo no posible con las soluciones fijadoras. Además, permite conservar preparaciones únicas y/o patológicas con variaciones anatómicas a nivel musculoesquelético y nervioso, como en el caso de la conformación de la médula espinal (espina bífida, entre otros), variaciones en el sistema circulatorio, etc. ²⁷⁻²⁸⁻²⁹

Posibilita la conservación por tiempo indeterminado de cadáveres completos, es decir, disecados en su totalidad y sin necesidad de cortarlo para separar las distintas regiones anatómicas para su más fácil manejo. La posibilidad de tener cadáveres disecados en forma completa, colocados en posición anatómica, y con distintos niveles de disección (de superficial a profunda) es realmente novedosa. ²⁷⁻²⁸⁻²⁹

De esta manera, esta técnica de conservación permite desarrollar material cadavérico bioseguro, sin la toxicidad que aporta el formaldehído y pudiendo obtener preparaciones de extrema calidad en su disección, las cuales servirían para la investigación en el pre y posgrados, en distintos niveles de aplicación (tanto en las ciencias morfológicas puras, Anatomía, Histología, así como su utilización para llevar la Anatomía a la práctica clínica, fundamental en la formación del estudiante, y en el perfeccionamiento del graduado, ya sea en la cirugía, la clínica y el diagnóstico por imágenes). ²⁷⁻²⁸⁻²⁹

Además, a partir de estas preparaciones plastinadas se contribuye a mejorar la investigación de la Anatomía por medio de especímenes plastinados, de tal forma que estructuras que son difíciles de observar –porque se colapsan o pierden su lugar– puedan



ser fácilmente reconocidas, además de permitir la visualización de los tamaños reales de las distintas estructuras anatómicas.³⁰

Se busca también aumentar la durabilidad de especímenes, cortes y/o órganos utilizados en los trabajos de investigación de Anatomía, debido, por un lado, a la baja durabilidad de los cadáveres conservados en formaldehído.³⁰⁻³¹

El profesor Gunther von Hagens, anatomista y artista, ha logrado darle nuevo sentido a la Anatomía; escapa de la mostración clásica de la misma para trascender fuera de las fronteras de la universidad y llevar al público en general el estudio del cuerpo humano y la importancia del cuidado de la salud, consiguiendo a partir de la muerte celebrar la vida.³⁰⁻

31

Existen algunas opiniones de detractores de la plastinación, que opinan que la utilización de cadáveres como "obras de arte" es una ofensa a la ética de los seres humanos que un día estuvieron vivos. A pesar de estas opiniones desfavorables, la plastinación cobra auge en el mundo y es opinión de los autores del presente trabajo que debería tenerse en cuenta la posibilidad de introducir esta técnica en las universidades médicas de nuestro país, ya que la observación de piezas anatómicas es esencial en la comprensión de las características del cuerpo humano y su necesaria vinculación posterior con la clínica. Si no fuera posible a escala total, al menos en algunas facultades que cuenten con el personal docente capacitado para transmitir a los alumnos estas experiencias.

CONCLUSIONES:

- 1.** Se recopilaron bibliografías actualizadas de la técnica de plastinación.
- 2.** La plastinación es una técnica de alta calidad en la obtención de material cadavérico para su posterior conservación por tiempo indeterminado, permitiendo el desarrollo intelectual de los estudiantes al estudiar con piezas muy cercanas a su constitución real.
- 3.** La relación riesgo – beneficio apunta hacia las ventajas, ya que no se utilizan líquidos conservantes de extrema toxicidad e irritabilidad como el formaldehído y el fenol, obteniendo preparaciones altamente seguras para la manipulación.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- 1-**Bravo, H. Plastinación, una Herramienta Adicional para la Enseñanza de la Anatomía. *Int. J. Morphol.*, 24(3):475-80, 2015.
- 2-**De Jong, K. & Henry, R. W. Silicone plastination of Biological tissue: cold-temperature technique Biodur S10/S15 technique and products. *J. Int. Soc. Plastination*, 22:2-14, 2011.
- 3-**Goerke H. *300 Años de Historia de la medicina*. Barcelona, Gustavo Gilli, 1986. p. 1.
- 4-**Henry, R. W. Silicone plastination of biological tissue: cold-temperature technique North Carolina technique and products. *J. Int. Soc. Plastination*, 22:15-9, 2011a.
- 5-**Latorre, R. M.; García-Sanz, M. P.; Moreno, M.; Hernández, F.; Gil, F.; López, O.; Ayala, M. D.; Ramírez, G.; Vázquez, J. M.; Arencibia, A. & Henry, R. W. How useful is plastination in learning anatomy?. *J. Vet. Med. Educ.*, 34(2):172-6, 2012.
- 6-**Rivera, M. C.; Bonino, F.; Fioretti, C.; Galán, M.; Gigena, S.; Moine, R.; Mouguelar, H.; Natali, J. & Quinteros, R. Análisis Multivariado Aplicado a la Etapa de Deshidratación en la Técnica de Plastinación del Riñón de Caballo. *Int. J. Morphol.*, 27(3):855-9, 2015.
- 7-**von Hagens, G.; Tiedemann, K. & Kriz W. The current potencial of plastination. *Anat. Embryol.*, 175:411-21, 1987.
- 8-**Rodríguez F R, Algarilla, G. Técnica alro m.s. para la conservación y exhibición de piezas anatómicas. Trabajo Categoría Tecnicas- Laboratorio de Investigación y Taller de Anatomía, U.C Cuyo-Hospital M.V. Quiroga. Morfovirtual2012. Primer Congreso Virtual de Ciencias Morfológicas.
- 9-**Barrovecchio, J. C.; Pérez, B.; Bella de Paz, L.; Busmail, L. & Ruggero, E. Evaluación de los exámenes de anatomía normal en la Universidad Nacional de Rosario. *Rev. Chil. Anat.* 19(2):139-44, 2014.



10-Comité de Expertos de la OMS/OPS en la Enseñanza de la Morfología: Enseñanza de la Morfología en las Escuelas de Medicina de la América Latina. Primer Informe. *Serie Desarrollo de Recursos Humanos A. Educación Médica N 9*. Organización Panamericana de la Salud, Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, Washington D.C., 1970.

11- García-Hernández, F. Aplicación de nuevas metodologías para la evaluación práctica de Anatomía para estudiantes de Odontología en la Universidad de Antofagasta. II Congreso de Anatomía del Cono Sur y XXI Congreso Chile no de Anatomía y XXXVII Congreso Rioplatense de Anatomía. Santiago de Chile, Noviembre 2000. *Rev. Chil. Anat.*, 19(1): 120, 2010.

12-Venegas Cortes C. A , Dalmau Barros E.A, Trujillo Jurado C.A. La técnica de plastinación por corrosión: realidad posible. *Rev. Med. Vet.* ISSN 0122-9354: N.º 25 enero-junio del 2013 páginas 109-117 Recibido: 10 de enero de 2013. Aceptado: 19 de marzo de 2013.

13-Pashaei S. A brief review on the history, methods and applications of plastination. *Int J Morphol.* 2016;28(4):1075-1079.

14-Muñetón C, Ortiz J. Plastinación: un instrumento complementario para el desarrollo del proceso enseñanza-aprendizaje de la anatomía. *Rev. Med. Vet.* 2012 Ene-Jun;(23):111-7.

15-Correa F. Conservación de piezas anatómicas en seco mediante el método de Prives. *Revista Electrónica de Veterinaria Redvetvi* 2015. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505.htm>

16- Facultad de Ciencias Agropecuarias. Currículos redimensionados. Librillo Institucional. 39; 2012. p. 125-127.

17-Ottone, N.E. Gunther von Hagens, Creador de la Plastinación. Reseña Histórica y Desarrollo de la Técnica. *Rev. Arg. Anat. Onl.* 2014; 4(2): 70 – 76.



18-Von Hagens, G.. *Ein Leben für die Wissenschaft*. Körperwelten Das Original Disponible en: http://www.koerperwelten.com/de/gunther_von_hagens/leben_wissenschaft

19-Von Hagens, G.n *Plastinarium in Guben*. Disponible en: http://www.plastinarium.de/en/gunther_von_hagens/etappen_wege_ziele_copy.html

20-Von Hagens, G.; Tiedemann, K.; Kriz, W. *The current potential of plastination*. Anat. Embryol. 1987; 175:411-421.

21-El proceso de Plastinación; (serie de Internet); disponible en: <http://www.vonhagens-plastination.com/es/el-proceso-de-plastinaci%C3%B3n>

22-von Hagens, G. *High-tech conservation of corpses: the basis for a modern anatomical theatre*. The Lancet 2015; 9(357): 1891-1892.

23-Bravo, H. *Plastinación, una herramienta adicional para la enseñanza de la Anatomía*. Int. J. Morphol. 2014; 24(3):475-480.

24-Jones, D.G.; Whitaker, M.I. *Engaging with plastination and the body worlds phenomenon: A cultural and intellectual challenge for anatomists*. Clin. Anat. 2013; 22:770-776.

25-Lozanoff, S. *Letter to the editor: Re-inventing anatomy: the impact of plastination on how we see the human body*. Clin. Anat. 2016;15:441-442.

26-Martinez-Galindo, J.R.; Aja Guardiola, S. *Plastinación: la técnica moderna para la obtención de macroespecímenes de mayor utilidad en el proceso enseñanza-aprendizaje*. Departamento de Anatomía, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Ciudad Universitaria. México. I Congreso de Anatomía. México, 2015.

27-Ottone, N.E.; Blasi, E.D.; Medan, C.D.; Algieri, R.D.; Cirigliano, V.; Oloriz, L.; Frojan, D.; Bertone, V.H.; Aja Guardiola, S. *Plastinación a temperatura ambiente: cámara de vacío e impregnación forzada*. I Jornada Virtual Nacional e Internacional de Educación e



Primer Congreso Virtual de
Ciencias Básicas Biomédicas en Granma.
Manzanillo.



Investigación en Ciencias Morfológica, Asociación de Anatomistas de Córdoba (ADAC) - Córdoba, Argentina – 10 al 30 de Noviembre de 2016.

28-Ottone, N.E.; Blasi, E.D.; Medan, C.D.; Algieri, R.D.; Cirigliano, V.; Oloriz, L.; Frojan, D.; Bertone, V.H.; Aja Guardiola, S. *Avances en la construcción de la cámara de vacío para un laboratorio de plastinación a temperatura ambiente*. XXIV Congreso Nacional de Anatomía – Sociedad Mexicana de Anatomía – Zacatecas, México – 2 al 5 de Octubre de 2014.

29-Ottone, N.E.; Blasi, E.D.; Medan, C.D.; Cirigliano, V.; Oloriz, L.; Frojan, D.; Bertone, V.H.; Bianchi, H.F.; Aja Guardiola, S. *Evolución de la técnica de plastinación a temperatura ambiente*. XLIX Congreso Argentino de Anatomía Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 5 al 8 de Septiembre de 2012.

30-Preuß, D. *Body worlds: looking back and looking ahead*. Ann. Anat. 2012; 190: 23–32.

31-Steinke, H.; Thomas, M. *Plastination: Korrelation von anatomischem Präparat und Magnetresonanz-Tomografie*. KCS 2012, 3(3): 41-46.

32-Jones, D.G. *Anatomical investigations and their ethical dilemmas*. Clin. Anat. 2014;20:338–343.