

Anatomía humana y plastinación

María Eugenia Reyes-Aguilar*

RESUMEN

El anhelo de la inmortalidad es tan antiguo como la especie humana. Preservar el cuerpo después de la muerte es parte de ese anhelo, pero también ha sido importante para la ciencia. Con la invención de la plastinación, por primera vez, se ha vuelto posible conservar muestras anatómicas de una forma duradera, realista y estética, para servir a propósitos de investigación o de educación médica en general.

ABSTRACT

Men's need to be immortalized is as old as the human race. With the invention of Plastination, it has become possible for the first time to preserve natural anatomical. Specimens in a durable, realistic and esthetic manner for research purposes as well as for general medical education.

* Sociedad Médica
Hispano-Mexicana.

Palabras clave: Anatomía,
plastinación, conservación.

Key words: Anatomy,
plastination, conservation.

La necesidad de conservar los cadáveres

El anhelo de trascender en el tiempo y en cierto modo de inmortalidad, es tan antiguo como la misma especie humana. Muestra de ello son, por ejemplo: las pinturas rupestres, las pirámides de Egipto, colecciones enteras de arte o incluso los seguros de vida. Así pues, no es de sorprender que a lo largo de la civilización haya existido el deseo de impedir la descomposición del propio cuerpo y de los seres queridos, o por lo menos, retrasar el proceso, evitando que el cuerpo se vuelva un mero objeto transitorio.

En el pasado, la conservación permanente era algo que estaba reservado para unos pocos individuos. No fueron sólo los rituales mágicos o religiosos en torno a la muerte los que condujeron al desarrollo de los métodos de conservación de cadáveres, también jugó un papel importante el miedo a la muerte *aparente*. Todavía hasta fecha muy reciente, la muerte y el proceso de muerte no eran bien conocidos y existía una gran incertidumbre sobre cuándo y cómo ocurre ese momento tan temido pero inevitable. Se creía que el cuerpo permanecía en un estado mínimo de vida que podría prolongarse mientras éste conservara la piel. Comentarios tales como, "los cadáveres son feroces y devoran su propia vestimenta" o "los cadáveres pueden oír", no son inusuales incluso en nuestros días. Si la tierra sobre una tumba se hundía y si los gases que emanaban de los cadáveres en descomposición

hacían que ésta se elevara (a menudo se enterraban las personas en fosas comunes y en consecuencia se producían cantidades considerables de gases), parecía que la tumba se movía y se pensaba que eso era un mensaje codificado de los muertos.

No fue sino hasta que, entre otros aspectos, se entendió bien la circulación sanguínea y ciertas funciones cerebrales, que se pudo definir el momento de la muerte como un acontecimiento preciso en el tiempo. Sin embargo, en nuestros días todavía hay desacuerdos cuyas consecuencias son incluso de carácter legal. De cualquier manera, el desarrollo de métodos de conservación apropiados fue importantísimo para la medicina, ya que permitió el estudio de la anatomía humana que había estado obstaculizado por la descomposición, sin mencionar los preceptos religiosos.

Los métodos de conservación artificial llevados a cabo por el hombre no son la única manera de conservar cuerpos. También existe la conservación natural, que requiere que el cadáver se seque paulatinamente y en una atmósfera relativamente libre de bacterias. Tal es el caso de los cuerpos depositados en sarcófagos y sellados al vacío o en criptas ventiladas con aire seco. Lo mismo ocurre con los cuerpos enterrados en páramos, donde el ácido húmico ayuda a conservarlos. Muchas momias naturales incluyendo a Ötzi (la momia europea más célebre y antigua) son prueba de que la conservación natural es tan buena como la de los faraones, que costó tanto trabajo.

Conservación de cuerpos con fines de culto

La idea de que la muerte no significa el fin de nuestra existencia es casi infinita y común a diversas culturas y religiones. Si el proceso se concibe como una mera transición del alma hacia otra realidad espiritual (tal es el caso del judaísmo, cristianismo, y el budismo), el cuerpo adquiere una importancia secundaria y los rituales mortuorios son relativamente sencillos. No ocurre lo mismo en las civilizaciones tempranas que estaban convencidas de una vida material después de la muerte. En estos casos, los fallecidos eran enterrados con una rica variedad de objetos cuyo significado y valor eran congruentes con su estatus social,¹ surgiendo la necesidad de impedir la descomposición.

Particularmente los egipcios desarrollaron el arte de embalsamar y momificar a sus muertos. Todavía hoy se pueden admirar los resultados de sus técnicas milenarias en diversos museos alrededor del mundo.² Su experiencia no fue fortuita, debido a las inundaciones anuales en el valle del Nilo, debían enterrar a sus muertos lejos del alcance de las aguas, es decir, en la arena seca o entre las piedras de la región desértica circundante. Ahí, las condiciones para la momificación natural eran ideales: sequía perenne y arena cálida favorecían la deshidratación y conservación.³

El arte egipcio de embalsamar alcanzó su cenit en el periodo comprendido entre los años 1700 a 1100 a.C. Se limitaba, empero, al “caparazón mortal” de los cuerpos. Los órganos, como los pulmones, hígado, riñones, o el cerebro, no podían ser conservados suficientemente bien, por lo que el cerebro era removido por la nariz con la ayuda de un gancho. La cavidad abdominal se abría por el costado izquierdo y se removían las vísceras con excepción del corazón.⁴ Se lavaban con aceite de palma y se colocaban en un frasco con alcohol. Sin embargo, se descomponían relativamente rápido porque las esencias utilizadas (resinas y natrón) sólo tenían un efecto superficial. La cavidad torácica también se lavaba y se rellenaba con polvo de mirra, resinas y perfumes. Después se sumergía el cuerpo en una solución de nitrato de potasio o de salitre durante 70 días. Finalmente, se volvía a lavar, le untaban aceites o resinas olorosas y se envolvía con repetidas y complicadas capas de vendas de lino. La piel y los huesos se conservaban con relativa facilidad, pues de por sí no se descomponían fácilmente, por tan áridas condiciones.

Métodos similares a los egipcios los comparten los nativos de las Islas Canarias, en África (Guinea, Congo, Sudán, y Costa de Marfil), en Asia (India, Sri Lanka, y Tibet), en Oceanía (Melanesia y Polinesia), en América (en muchas tribus indígenas del norte y sur de América) y en Europa. De hecho, el principio sigue vigente en Assam, Birmania, Malasia, Nueva Guinea y en la región amazónica donde encogen cabezas y las tienen como trofeos.⁵

Los complejos procesos de preservación de cadáveres se desarrollaron a partir de los métodos para conservar comida; por ejemplo, el uso de humo, sales, ácidos o soluciones (vinagre, miel, azúcar o alcohol) y la deshidratación en semillas, frutas, carnes, etc.

A pesar de lo tétrico que parezca, el cuerpo de Alejandro Magno fue conservado en miel hasta su regreso a Macedonia luego de su muerte inesperada, y el cuerpo de Horacio Nelson retornó a casa sumergido en brandy, tras la victoriosa batalla de Trafalgar, de conclusión fatal para el Almirante.⁶



Cuerpo plastinado.

Embalsamamiento moderno

Hasta el siglo XVII, los cadáveres eran conservados utilizando las mismas técnicas de embalsamamiento de los antiguos egipcios. Los métodos modernos difieren de los antiguos, tanto en las sustancias como en las tecnologías utilizadas. Primordialmente hay que mencionar la introducción de nuevos químicos como el formaldehído y las inyecciones arteriales. Respecto al último procedimiento, William Harvey había inyectado las venas de sus cadáveres con colorantes;⁷ el nuevo principio de la inyección arterial había sido utilizado con éxito por primera vez por Frederyck Ruysche, maestro de anatomía en Ámsterdam. Desafortunadamente, Ruysche no registró la información exacta sobre los químicos que utilizó. Las primeras descripciones detalladas del embalsamamiento arterial fueron escritas por el anatomista escocés William Hunter, quien utilizó una solución a base de aguarrás y aceites resinosos combinada con colorantes, que inyectó en la arteria femoral. En 1868, el químico August Wilhelm von Hofmann descubrió el formaldehído, que luego se integró a las técnicas de conservación. Unos años antes, Laskowski (1886) ya había utilizado su bálsamo genovés, la glicerina (descubierta por Scheele en 1779), para proteger a los cuerpos de la deshidratación, con fenol (introducido por Lister en 1867 como desinfectante) para conservarlos.

Una encuesta publicada por Grönroos, en 1898, muestra la importancia que tuvieron esos descubrimientos para las técnicas de conservación. De los 44 institutos

anatómicos consultados en Europa, todos dijeron emplear el método de la inyección arterial para el embalsamamiento. Los líquidos generalmente aceptados en toda Europa eran el formaldehído (para embalsamar y endurecer), el fenol (para inhibir la formación de hongos) y la glicerina (para proporcionar y retener la humedad). Casi todas las sustancias que se utilizan hasta hoy en día, fueron introducidas desde principios del siglo XX. Un buen ejemplo es el líquido de conservación utilizado por la Universidad de Heidelberg compuesto de formaldehído 3%, lisoformo (contiene formaldehído, glutaraldehído, y una solución humectante) 1.5%, fenol 6%, glicerina 15%, alcohol 30%, y agua 45%.⁸

Plastinación.

¿Qué son las muestras plastinadas?

Aproximadamente el 70% de nuestro cuerpo está compuesto de fluidos. Éstos son indispensables tanto para mantenernos vivos como para el desarrollo de la descomposición. La plastinación es un proceso especial de aspiración y limpieza, que permite que los fluidos de nuestros tejidos sean remplazados por plásticos tales como el silicón, la resina epóxica o la resina de poliéster. Microscópicamente se puede observar que las células y su superficie natural no cambian en comparación al estado previo a la plastinación. Los cuerpos permanecen secos e inodoros, por lo que resultan manejables, cualidades muy importantes en la educación de los estudiantes de medicina.

La plastinación ha permitido, por primera vez, conservar muestras anatómicas de una forma duradera, rea-



Cuerpos plastinados.

lista y estética, y servir con propósitos de investigación o de educación general. Estas muestras naturales son muy valiosas para la comprensión cabal de las complejas estructuras tridimensionales del sistema locomotor o de los órganos en sus respectivas posiciones e interrelaciones, cosa que es difícil sólo a través de los libros o de las fotografías, por buena que sea su calidad.

Los modelos anatómicos artificiales hacen aportaciones limitadas a la comprensión de la anatomía, su extrema esquematización soslaya los detalles más finos y no revela la individualidad de un cuerpo humano. Un modelo artificial es siempre idéntico al anterior, las variaciones anatómicas de un individuo a otro son muy significativas.⁹

Más allá de sus cualidades didácticas, las muestras plastinadas también irradian cierta fascinación dada su absoluta autenticidad. La plastinación frena la descomposición y la deshidratación de un modo tan tajante, que el cuerpo y sus órganos dejan de ser algo repugnante; los espectadores no pueden siquiera molestarse por algún olor ofensivo.

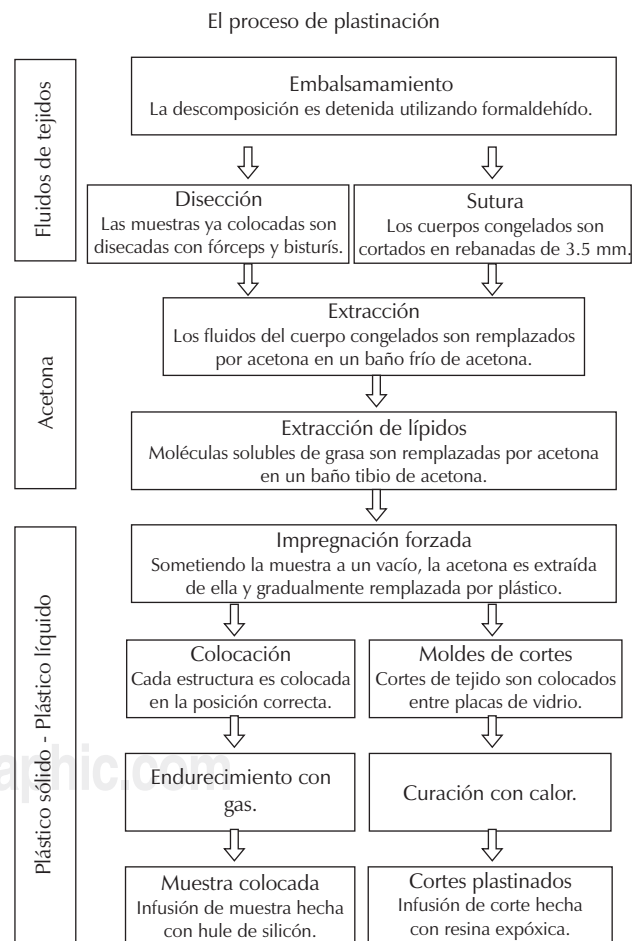
La plastinación permite una experiencia sensorial de muestras bellísimas, congeladas a medio camino entre la muerte y la descomposición. Gracias a su cualidad realista, la plastinación representa la forma más atractiva de exhibir muestras humanas. Esto se hace particularmente evidente en los cortes transparentes –que son verdaderas ventanas hacia estructuras indispensables para la vida–. Sin los cortes posibilitados por la plastinación, estas estructuras necesitarían ser vistas a través de una lupa. Las largas horas de disección se justifican para recrear un cuerpo entero donde se muestren sus más mínimos detalles. Los ejemplares plastinados exceden por mucho la capacidad expresiva de aquellos que no han sido tratados de esta forma. Por ejemplo, gracias a plásticos teñidos, se puede distinguir más nítidamente la materia gris de la materia blanca del cerebro, en una muestra plastinada de otra que no lo está.

La técnica de la plastinación

En principio, la plastinación es relativamente sencilla. Como se observa en el diagrama, existen dos fases esenciales de intercambio. En la primera, los fluidos corporales son reemplazados por acetona en un proceso de difusión. En la segunda, la acetona es sustituida por plásticos reactivos. Finalmente, el cuerpo es retirado del baño de plástico para ser curado y transformado en una muestra anatómica plastinada.¹⁰

El paso decisivo a partir del cual el plástico líquido puede ser introducido a las últimas células, es la impregnación forzada por vacío. Por el mismo principio con el que un bebé succiona la leche del pecho a su madre, generando un vacío parcial, la acetona es aspirada del cuerpo y el vacío generado mantiene un constante suministro de plástico líquido a los tejidos de cuerpo. Gradualmente, el cuerpo se llena de plástico. Visto físicamente, el proceso aprovecha la diferencia de presión entre la acetona volátil y la solución de plástico, que tiene un alto grado de ebullición. Las partes más delgadas sólo necesitan un par de días para plastinarse, pero el cuerpo entero puede tardarse varias semanas en estar listo. Cuando el vacío cae por debajo de una centésima de la presión atmosférica normal (< 5 mm Hg.) y sólo salen unas cuantas burbujas individuales de acetona, el cuerpo se puede remover del baño de plástico y curarse.

Las ventajas de la “impregnación forzada con plástico en el vacío” son las siguientes:



1. La impregnación se hace con una variedad de plásticos líquidos polimerizables.
2. Regulando la aspiración, la velocidad de la impregnación se puede adaptar al tipo de muestra, así como a la densidad y viscosidad de los plásticos utilizados.
3. La impregnación minimiza los posibles encogimientos a temperaturas bajas, por ejemplo, a -25°C .¹¹

Así pues, el proceso de plastinación permite numerosas variaciones. Por un lado esto implica que el proceso se vuelva muy complejo cuando se trata de detalles individuales. Por otro, sus virtudes son resultado de esta misma complejidad. Si se desea alcanzar resultados óptimos, la elección de plásticos y el tipo de tecnología de plastinación pueden ser adaptados a la muestra en cuestión. A continuación se ofrecen algunos ejemplos.

La mayoría de las muestras y en especial los huesos e intestinos, primero tienen que ser despojados de la grasa, utilizando acetona a temperatura ambiente. En cambio, los cerebros se encogerían sustancialmente si se les diera un tratamiento semejante. Lo mismo aplica a las muestras que aún tienen piel, tales como los embriones y el pescado; éstos requieren una cantidad especial de plástico. Congelar las muestras también puede causar su expansión, y cuando esto ocurre muy lentamente, se pueden formar cristales de hielo. Los plásticos emulsificantes provocan hinchazón, por lo que muchos inexpertos encuentran que después del proceso un cerebro plastinado ya no cabe en su cráneo. Las series de cortes transparentes deben tener 5 mm de ancho cuando son del abdomen, y 3.5 mm cuando son de la cabeza. Todo esto depende, a su vez de más factores, tales como la edad, la distribución de grasa y la congestión venosa entre otros.¹²

A pesar del progreso, todavía falta mucho por investigar. Algo importante es mantener el color del tejido y la presentación real de las venas, así como mejorar la plastinación de cortes y el tratamiento de especies difíciles de conservar, como las medusas.

Los plásticos utilizados en la plastinación

El desarrollo de la plastinación y el del uso de plásticos van de la mano, pues las propiedades mecánicas y ópticas de los plásticos empleados, determinan en gran medida el carácter que tendrá la muestra plastinada. Los plásticos más comunes son el hule de si-

licón, las resinas epóxicas y las resinas de poliéster.

Después de ser curado, el hule de silicón se torna elástico y proporciona elasticidad a la muestra que refracta la luz muy levemente y mantiene su naturalidad. Por estas razones, el silicón se utiliza para plastinar órganos enteros (y no cortes de los mismos); la plastinación de muestras de cuerpo entero es un avance más reciente. Un silicón muy delgado ofrece los mejores resultados cuando se trata de órganos enteros. La curación a base de gas se utiliza para endurecer las muestras después de que todas sus estructuras hayan sido colocadas adecuadamente. La plastinación con hule de silicón es la más sencilla de todas las tecnologías, por lo que es la más utilizada.

Las propiedades altamente refractivas de las resinas epóxicas, permiten que los cortes de tejido saturado aparezcan transparentes cuando su superficie es lisa. Dado que la resina epóxica polimerizada es extremadamente dura, las mezclas de resinas epóxicas son el polímero elegido para plastinar muestras de cortes transversales. Aquí, las resinas son curadas a base de calor.

El uso de resinas epóxicas para la plastinación es muy útil para el análisis preciso y tridimensional de aquellos cuerpos que han sido cortados en una serie de secciones, facilitando la investigación de procesos tan complejos como el suministro de sangre a las rótulas o los caminos que toman los diminutos músculos y nervios alrededor de la próstata –cuestión crítica para la potencia sexual–.

En el cerebro se utiliza, exclusivamente, una resina de poliéster altamente refractiva y tratada con luz UV. Para muestras gruesas y realistas se utilizan emulsiones polimerizables que se vuelven blancas en el proceso de curado.

Los científicos recién iniciados a la plastinación trabajan con uno o dos sistemas de polímeros, mientras científicos especialistas usan hasta diez. Los polímeros utilizados en la plastinación deben ser poco viscosos, resistentes a hacerse amarillos y compatibles con los tejidos que se están plastinando. Además, el tiempo disponible para procesar estos polímeros debe ser tan largo como sea posible o, mejor aún, ilimitado. Por estas razones, sólo se utilizan mezclas de polímeros desarrollados específicamente para la plastinación.

La plastinación ha llevado al arte anatómico un paso más adelante, tomando tejidos suaves, como los músculos y la grasa, y fijándolos en una postura determinada. Esto dio lugar a un tipo completamente

distinto de muestras, incluyendo cortes del cuerpo de tan sólo 3 mm de ancho y tan transparentes y coloridos como un vitral.

La habilidad de colocar el tejido suave de manera permanente, también hace posible la fragmentación del cuerpo en formas que son tanto estéticas como instructivas. Todo el proceso ofrece tantas nuevas formas de mirar el cuerpo, como la originalidad y la creatividad lo permitan. Por ejemplo, el conocimiento abordable que busca un público general, que no está interesado en una cátedra de anatomía. Las muestras de cuerpo completo logran esto especialmente bien. La conciencia intelectual del espectador se despierta por componentes de las muestras, tales como los órganos, músculos y huesos.

Lograr esta forma de conciencia, genera más satisfacción que cuando se estudian órganos individuales o partes específicas del cuerpo. Ver un esqueleto completo es más ilustrativo que ver un hueso aislado.

La cara interior. Conclusión

Las plastinación de cuerpo entero se suma a los esqueletos y momias, como formas de determinar nuestra existencia *post-mortem*. Además de una cara exterior que se asocia con nuestra personalidad, todos poseemos una cara interior. Esta cara interna es bastante más variable y única. Hasta los cortes de la cabeza, torso o brazo, de no más de 3 mm de ancho, son representaciones totalmente individuales de sus donadores, y pueden distinguirse de otras formas por su tamaño, forma, color y composición de tejido. La estética del cuerpo humano, tan celebrada en el Renacimiento, se abraza visiblemente en el interior del cuerpo –incluso a nivel microscópico–. Los donadores demuestran su individualidad anatómica, sin importar si el cuerpo fue plastinado en su totalidad o si se muestra una serie de cortes. La forma y calidad de la disección

y la plastinación determinará qué apariencia externa adquirirá la cara interior de cada cuerpo.

La plastinación es el medio más moderno y duradero de conservar un cuerpo humano con propósitos educativos. Así, el proceso está especialmente capacitado para cumplir con los deseos de los donadores de hacer una contribución póstuma a la educación de generaciones futuras. Como estatuas de mármol, las muestras plastinadas sobrevivirán más allá de sus creadores. La vida es corta, pero la plastinación durará (y educará) por mucho tiempo.

Agradecimiento

A Valeria Luiselli por su gran ayuda en la traducción.

Referencias

1. *El hombre, origen y misterios*. México, Uteha, 1983. Vol. 2, p. 1443.
2. *El hombre, origen y misterios*. Vol. 2, p. 193.
3. Goerke H. *300 Años de Historia de la medicina*. Barcelona, Gustavo Gilli, 1986. p. 11.
4. Palencia Oyarzábal C. *La medicina en la historia*. México, Médico Moderno, 1996. Vol. 1, p. 84.
5. Von Hagens G. *Bodyworlds*. 3a. ed. Heidelberg, Institut für Plastination, 2002. p. 19.
6. Barquin CM. *Historias de las ciencias de la salud*. México, UNAM, Facultad de Medicina, 1989. p. 296.
7. Von Hagens G, *Bodyworlds*, p. 20.
8. Von Hagens G, *Bodyworlds*, p. 20.
9. Von Hagens G, *Bodyworlds*, p. 21.
10. Von Hagens G, *Bodyworlds*, p. 22.
11. Von Hagens G, *Bodyworlds*, p. 24.
12. Von Hagens G, *Bodyworlds*, p. 25.

Dirección para correspondencia:

Dra. María Eugenia Reyes-Aguilar
somehimex@prodigy.net.mx

