



PLASTINATION *Eur. J. Anat.* 19 (S1): 39-45 (2015)

Rafael Latorre y Octavio López Albors
Anatomía y Embriología Veterinaria, Universidad de Murcia.

Introducción

Estas técnicas surgen por iniciativa del Dr. G.von Hagens, quien en 1977, después de varios años de investigación sobre cómo aplicar polímeros en la conservación de material biológico, decidió emplear el término PLASTINATION para denominar este nuevo método de preservación. Tras las primeras publicaciones a finales de la década de los setenta y principios de los ochenta ^{1,2}, se produjo una rápida expansión de estas técnicas, que dio lugar a la creación de numerosos laboratorios de plastinación, situados fundamentalmente en las Facultades de Medicina y de Veterinaria.

En 1982 se organizó el primer congreso sobre plastinación en San Antonio (Texas, USA), denominado: "Preservation of Biological Materials by Plastination", y al que asistieron ochenta personas. En 1986, coincidiendo con el tercer congreso, se creó la **International Society for Plastination** (ISP) nombrando como presidente al Dr. Harmon Bickley, (University of Texas at San Antonio, USA), uno de los pioneros de la plastinación en USA. Desde entonces, los congresos de la ISP se han celebrado bianualmente durante los últimos 32 años. En 2004 se organizó en España (Murcia) y el más reciente, en julio de 2014, la decimoséptima edición en San Petersburgo. En paralelo a estos congresos internacionales la ISP organiza los Interim Meetings cada dos años, orientados principalmente a cursos de entrenamiento.

La ISP cuenta con una página web <http://isp.plastination.org> en la que se reflejan todas las actividades organizadas, así como cualquier otra información de interés relacionada con la plastinación. Por otro lado, la ISP publica desde 1987 el Journal of Plastination (anteriormente Journal of the International Society for Plastination), accesible de forma libre desde la web <http://journal.plastination.org>. Este journal publica las actas de los congresos y artículos originales relacionados con las técnicas de plastinación y sus aplicaciones. En este sentido, hay que destacar que la ISP también dispone del Plastination Index <http://isp.plastination.org/plastinationindex/index.html> que agrupa distintos tipos de publicaciones (artículos, comunicaciones, revisiones, tesis, libros) relacionados con las técnicas de plastinación. Este recurso es de gran utilidad y uso sencillo, ya que permite realizar búsquedas bibliográficas siguiendo diferentes criterios como autor, tema, revista, año, etc.

Protocolos de las técnicas

En general, las técnicas de plastinación consisten en una serie de procesos donde los fluidos propios de los tejidos y parte del tejido adiposo son reemplazados por un polímero, bajo condiciones de vacío y normalmente a bajas temperaturas. En esencia, el protocolo se basa en cuatro fases clásicas que caracterizan el procesado



de tejidos en histología: fijación, deshidratación, impregnación y polimerización o curado. Cada fase puede modificarse en mayor o menor grado según la técnica concreta. El resultado que se obtiene son preparaciones biológicas limpias, secas, resistentes, de duración ilimitada en el tiempo, que pueden ser examinadas sin necesidad de guantes o cualquier otro tipo de medida preventiva, y que no precisan de tratamientos ni condiciones especiales de almacenamiento^{2,3}. La calidad de estas piezas no solo depende del correcto desarrollo de la técnica de plastinación, sino que además, es imprescindible partir de especímenes dignos de ser conservados. No conviene olvidar que la plastinación es solo un método de preservación de material biológico, de tal manera que, solo si se parte de un órgano o una proyección de alta calidad la plastinación permitirá obtener una pieza plastinada de calidad óptima, aunque siempre algo inferior a la del original, debido a la retracción y al daño tisular que sufre el tejido durante su procesado. En concreto, es necesario nombrar la **retracción** y la **rigidez** como las principales limitaciones de la plastinación⁴. Ambos factores negativos son inevitables, aunque dependiendo en gran medida del tipo de tejido se pueden controlar y reducir al mínimo. Por otro lado, el uso de órganos plastinados tiene la ventaja de reducir la exposición diaria de los alumnos y profesores a productos tóxicos, pues carecen de olor y permanecen libres de sustancias tóxicas como formaldehído, fenol, alcoholes, etc.

A pesar de que todas las técnicas de plastinación tienen un fundamento similar, dependiendo del tipo de polímero que se utilice y de tipo de preparación anatómica que se obtenga, se habla de técnicas de silicona, para órganos tridimensionales; técnicas de poliéster, para secciones de encéfalo; y técnicas epoxy, para secciones corporales transparentes.

I.- Las **técnicas de silicona** se emplean principalmente para conservar órganos o regiones anatómicas completas, en definitiva, piezas tridimensionales de diferente tamaño, al igual que secciones anatómicas con un grosor superior a 0.5 cm. Son las técnicas de plastinación más conocidas, en concreto la técnica S10 (Biodur[®]) es la más común en los laboratorios de plastinación de Europa y USA. Tiene como principal ventaja el tratarse de un protocolo desarrollado y estandarizado por G.von Hagens y que ha sido ampliamente revisado por otros autores⁵; y como principal inconveniente, la necesidad de usar temperaturas de congelación (-15°C/-25°C). Se han descrito otras técnicas de silicona en frío⁶, así como aquellas que permiten la impregnación a temperatura ambiente y que, por lo tanto, simplifican el equipamiento necesario⁷. Sin embargo, el protocolo para estas últimas no está estandarizado como en la técnica S10 por lo que los resultados son menos estables.

Aplicaciones de la técnica S10:

Docencia:

La principal aplicación de los órganos procesados con la técnica S10 o cualquier otra técnica de plastinación con silicona es la docencia^{3,8,9}. Gran número de



universidades emplean estos recursos en su docencia de anatomía en Medicina¹⁰, Fisioterapia, Odontología¹¹, Veterinaria⁹. En ocasiones, aunque en menor medida, se ha extendido su empleo en la docencia de Anatomía Patológica^{12,13}, Parasitología, etc. De igual forma, existen referencias de la aplicación en docencia de postgrado y cursos de especialización, concretamente en el entrenamiento de técnicas quirúrgicas de mínima invasión donde es posible obtener órganos como pulmones y tractos gastrointestinales preparados para su exploración endoscópica¹⁴⁻¹⁶. Secciones corporales seriadas plastinadas o disecciones tridimensionales en neuroanatomía son empleadas como base para la interpretación de técnicas de diagnóstico por imagen¹⁷⁻²⁰. Cadáveres completos plastinados inyectados con sustancias radiopacas son de gran ayuda como herramienta para facilitar el aprendizaje de la anatomía vascular en el entrenamiento de técnicas de radiología intervencionista endovascular.

Los beneficios de la plastinación como herramienta complementaria en el proceso enseñanza-aprendizaje de la anatomía y de otras materias son indudables, y en este sentido, se han tratado de cuantificar en estudios de opinión y resultados con grupos de estudiantes de diferentes materias y universidades^{9,21,22}.

Investigación:

Además de la aplicación docente, se han publicado numerosos trabajos de investigación, principalmente clínica, empleado como base los órganos conservados con estas técnicas de plastinación. Se han diseñado nuevos abordajes quirúrgicos en territorios anatómicos complejos, se han descrito variaciones anatómicas desconocidas, etc²³ etc.

En los últimos años una de las aplicaciones que mayor desarrollo ha tenido ha sido la conservación del patrimonio arqueológico. Existen laboratorios de plastinación vinculados a esta actividad trabajando principalmente con material subacuático. En este sentido, se ha descrito el empleo de estas técnicas para la conservación de restos de madera, cuero, hueso, etc. Actualmente, estamos desarrollando un proyecto en colaboración con el Museo Nacional de Arqueología Subacuática para emplear la técnica de plastinación S15 en la conservación de defensas de elefante de la época fenicia (S. VII a.C.)²⁴.

II.- Técnicas de poliéster

Estas técnicas de plastinación se diseñaron para la conservación de secciones encefálicas con un grosor entre 3 y 5mm, pues se trata de técnicas que potencian la diferenciación entre las sustancias gris y blanca. Las técnicas más conocidas son la P40 y la P35 (Biodur®)^{25,26}, la primera es técnicamente más sencilla, y por ello, la más conocida y empleada. Del **protocolo P40**²⁵ se pueden destacar algunos aspectos importantes.

Aplicaciones técnica P40:

La mayoría de los artículos publicados en relación a esta técnica destacan la docencia en neuroanatomía como principal aplicación de este tipo de cortes plastinados^{3,18}. Sin embargo, en los últimos años se han publicado varios trabajos



sobre la posibilidad de emplear esta técnica para conservar secciones corporales manteniendo transparencia a lo largo del tiempo y sin virar a tonos naranjas, como ocurre con los cortes conservados con las técnicas de epoxy ^{27,28}. A pesar de ello, el empleo del P40 en investigación con secciones corporales transparentes tiene como principal limitación su elevado porcentaje de retracción durante la polimerización.

III.- Técnicas de epoxy

Las técnicas de plastinación con epoxy están diseñadas para conservar secciones corporales transparentes. Aunque se han descrito varias técnicas, la más conocida y extendida es la E12 (Biodur ®)². Conviene destacar algunos aspectos técnicos respecto al protocolo de la **técnica E12** ²⁹

Aplicaciones técnica E12:

Aunque esta técnica se ha posicionado como la mejor opción para el aprendizaje de la anatomía seccional como base para el diagnóstico por imagen ¹⁰, la principal aplicación es en la investigación anatómica. El bajo índice de refracción de la resina epoxy E12 junto a su mínima retracción durante la polimerización la convierte en la técnica de elección para estudiar diferentes tejidos, en diferentes planos del corte, desde un nivel macroscópico hasta microscópico. La ausencia de manipulación y descalcificación hace que la topografía de las estructuras anatómicas no se vea afectada. La eliminación del tejido graso permite que el tejido conectivo, vasos sanguíneos y nervios se identifiquen con toda claridad sin sufrir manipulación.

Empleando esta técnica se han identificado estructuras anatómicas o relaciones topográficas no descritas previamente como: la membrana atlanto-occipital posterior y su unión a la duramadre espinal en vez de al atlas, lo que puede traducirse una potencial etiología de dolores de cabeza de origen cervical³⁰; la pared medial del seno cavernoso ³¹; el ligamento de la nuca y su relación con los ligamentos supraespinosos del cuello ^{32,33}; la relación de la raíz del nervio trigémino con las estructuras vecinas como base de la neuralgia trigeminal ³⁴, etc. De igual forma, estas técnicas han permitido corregir descripciones anatómicas erróneas como al demostrar la ausencia del ligamento de la nuca en el espacio de la región atlanto-occipital posterior o desmentir que la fascia cervical sea una barrera en el bloqueo del plexo cervical en la región anterior del cuello ³⁵.

En el área del diagnóstico por imagen esta técnica ha sido ampliamente usada para la interpretación macro y microscópica de estructuras anatómicas en cortes obtenidos en los mismos planos que las técnicas de imagen, como por ejemplo en la articulaciones temporomandibular ³⁶⁻³⁹, tarso⁴⁰ o codo ^{41,42}, al igual que para la identificación de paquetes neuromusculares en la planificación de abordajes artroscópicos en el tarso ^{43,44} o en el carpo⁴⁵, o para la evaluación patologías clínicas en modelos animales ⁴⁶.



Con el objetivo de lograr secciones plastinadas de un grosor inferior a 1mm se ha desarrollado la técnica E12 ultra-thin^{47 48}, que permite la obtención de secciones de 400-500µm en sierra de diamante, sin necesidad de descalcificación. Incluso se pueden obtener cortes que incorporen implantes metálicos o cerámicos para estudiar la interfase de estos biomateriales. Estos cortes, de un tamaño de hasta 10X10 cm, se pueden llevar por debajo de 100µm de grosor tras un desbastado adecuado, lo que permite aplicar tinciones histológicas que permiten una transición del estudio macro al micro en la misma preparación. De esta forma, se han abordado estudios microscópicos de laringes completas⁴⁹, o más específicos, mediante microCT y RM de la articulación cricotiroidea y su relación con la capsula fibrosa articular⁵⁰. Muchos de estos trabajos, además de utilizar tinciones histológicas de las secciones obtenidas, emplean como base del estudio histológico el microscopio confocal y la autofluorescencia del propio tejido plastinado^{31,51}.

La aplicación museística de especímenes plastinados con cualquiera de las técnicas nombradas anteriormente es, sin lugar a duda, la aplicación más polémica por la repercusión social, especialmente cuando se trata de tejido biológico humano. Se han publicado numerosas editoriales en revistas científicas de Anatomía opinando sobre el aspecto ético de exhibir cuerpos humanos plastinados al público general⁵²⁻⁵⁵. Quizás, como principal idea y para finalizar esta revisión cabría resaltar la cita de Gareth Jones & Whitaker (2009) “*There is an urgent need for anatomists to utilize what is being presented to the general public in these exhibitions and build upon this in their own teaching and research*”⁵⁴

1. von Hagens G. Impregnation of soft biological specimens with thermosetting resins and elastomers. *The Anatomical Record*. 1979;194(2):247-255.
2. von Hagens G, Tiedemann K, Kriz W. The current potential of plastination. *Anatomy and Embryology*. 1987;175(4):411-421.
3. Riederer BM. Plastination and its importance in teaching anatomy. Critical points for long-term preservation of human tissue. *J Anat*. 2014;224(3):309-315.
4. Pereira-Sampaio MA, Marques-Sampaio BP, Sampaio FJ, Henry RW. Shrinkage of renal tissue after impregnation via the cold Biodur plastination technique. *Anat Rec (Hoboken)*. 2011;294(8):1418-1422.
5. DeJong K, Henry RW. Silicone Plastination of Biological Tissue: Cold-Temperature Technique Biodur S10/S15 Technique and Products. *Journal of the International Society for Plastination*. 2007;22:2-14.
6. Henry R. Silicone Plastination of Biological Tissue: Cold-temperature Technique. North Caroline Technique and Products. *Journal of the International Society for Plastination*. 2007;22:15-19.
7. Raoof A, Henry R, Reed R. Silicone Plastination of Biological Tissue: Room-temperature Technique. Dow™/ Corcoran Technique and Products. *Journal of the International Society for Plastination*. 2007;22:21-26.
8. O'Sullivan E, Mitchell BS. Plastination for gross anatomy teaching using low cost equipment. *Surg Radiol Anat*. 1995;17(3):277-281.
9. Latorre RM, Garcia-Sanz MP, Moreno M, et al. How useful is plastination in learning anatomy? *Journal of Veterinary Medical Education*. 2007;34(2):172-176.
10. Cook P. Sheet plastination as a clinically based teaching aid at the University of Auckland. *Acta Anat (Basel)*. 1997;158(1):33-36.



11. Ravi SB, Bhat VM. Plastination: A novel, innovative teaching adjunct in oral pathology. *J Oral Maxillofac Pathol.* 2011;15(2):133-137.
12. Dawson TP, James RS, Williams GT. Silicone plastinated pathology specimens and their teaching potential. *J Pathol.* 1990;162(3):265-272.
13. Rüschoff J, Thomas C. [Plastination in pathology. Methodologic and didactic experiences with the Biodur-S10 standard technique]. *Pathologe.* 1991;12(1):35-39.
14. Perez-Cuadrado E, Latorre R, Carballo F, et al. Training and new indications for double balloon endoscopy (with videos). *Gastrointestinal Endoscopy.* 2007;66(3):S39-S46.
15. Durand M, Pourchez J, Louis B, et al. Plastinated nasal model: a new concept of anatomically realistic cast. *Rhinology.* 2011;49(1):30-36.
16. *Plastination and Minimally Invasive Surgery (Digestive System) DVD.* Spain: Imaging and Communications Service of the Minimally Invasive Surgery Centre; 2004.
17. Ulfig N, Wuttke M. Plastination of stained sections of the human brain. *Anat Anz.* 1990;170(5):309-312.
18. Weiglein AH. Plastination in the neurosciences. Keynote lecture. *Acta Anat (Basel).* 1997;158(1):6-9.
19. Baeres FM, Møller M. Plastination of dissected brain specimens and Mulligan-stained sections of the human brain. *Eur J Morphol.* 2001;39(5):307-311.
20. Arnts H, Kleinnijenhuis M, Kooloos JG, Schepens-Franke AN, van Cappellen van Walsum AM. Combining fiber dissection, plastination, and tractography for neuroanatomical education: Revealing the cerebellar nuclei and their white matter connections. *Anat Sci Educ.* 2014;7(1):47-55.
21. Magiros M, Kekic M, Doran GA. Learning relational anatomy by correlating thin plastinated sections and magnetic resonance images: preparation of specimens. *Acta Anat (Basel).* 1997;158(1):37-43.
22. Fruhstorfer BH, Palmer J, Brydges S, Abrahams PH. The use of plastinated prosections for teaching anatomy--the view of medical students on the value of this learning resource. *Clin Anat.* 2011;24(2):246-252.
23. Latorre R, Rodriguez MJ. In search of clinical truths: equine and comparative studies of anatomy. *Equine Veterinary Journal.* 2007;39(3):263-268.
24. Buendia M, Latorre R, Lopez-Albors O. Waterlogged Archaeological Ivory Conservation: Elephant Tusks from Bajo de la Campana Phoenician Shipwreck Site, at Museo Nacional de Arqueología Subacuática. Paper presented at: 17th International Conference on Plastination2014; St. Petersburg, Russia.
25. Henry R, Latorre R. Polyester Plastination of Biological Tissue: P40 Technique for Brain Slices. *Journal of the International Society for Plastination.* 2007;22:59-69.
26. Weber W, Wieglein A, Latorre R, Henry R. Polyester Plastination of Biological Tissue: P35 Technique. *Journal of the International Society for Plastination.* 2007;22:50-58.
27. Latorre R, Henry R. Polyester Plastination of Biological Tissue: P40 Technique for Body Slices. *Journal of the International Society for Plastination.* 2007;27:69-78.
28. Genser-Strobl B, Sora MC. Potential of P40 plastination for morphometric hip measurements. *Surgical and radiologic anatomy : SRA.* 2005;27(2):147-151.
29. Sora M, Cook P. Epoxy Plastination of Biological Tissue: E12 Technique. *Journal of the International Society for Plastination.* 2007;22:9.
30. Nash L, Nicholson H, Lee AS, Johnson GM, Zhang M. Configuration of the connective tissue in the posterior atlanto-occipital interspace: a sheet plastination and confocal microscopy study. *Spine.* 2005;30(12):1359-1366.
31. Diao Y, Liang L, Yu C, Zhang M. Is there an identifiable intact medial wall of the cavernous sinus? Macro- and microscopic anatomical study using sheet plastination. *Neurosurgery.* 2013;73(1 Suppl Operative):ons106-109; discussion ons110.
32. Johnson GM, Zhang M, Jones DG. The fine connective tissue architecture of the human ligamentum nuchae. *Spine (Phila Pa 1976).* 2000;25(1):5-9.



33. Johnson GM, Zhang M. Regional differences within the human supraspinous and interspinous ligaments: a sheet plastination study. *Eur Spine J.* 2002;11(4):382-388.
34. Liang L, Diao Y, Xu Q, Zhang M. Transcranial segment of the trigeminal nerve: macro-/microscopic anatomical study using sheet plastination. *Acta Neurochir (Wien).* 2014;156(3):605-612.
35. Nash L, Nicholson HD, Zhang M. Does the investing layer of the deep cervical fascia exist? *Anesthesiology.* 2005;103(5):962-968.
36. Arredondo J, Agut A, Rodríguez MJ, Sarriá R, Latorre R. Anatomy of the temporomandibular joint in the cat: a study by microdissection, cryosection and vascular injection. *J Feline Med Surg.* 2013;15(2):111-116.
37. Rodríguez MJ, Agut A, Gil F, Latorre R. Anatomy of the equine temporomandibular joint: study by gross dissection, vascular injection and section. *Equine Veterinary Journal.* 2006;38(2):143-147.
38. Rodríguez MJ, Latorre R, Lopez-Albors O, et al. Computed tomographic anatomy of the temporomandibular joint in the young horse. *Equine Veterinary Journal.* 2008;40(6):566-571.
39. Rodríguez MJ, Agut A, Soler M, et al. Magnetic resonance imaging of the equine temporomandibular joint anatomy. *Equine Veterinary Journal.* 2010;42(3):200-207.
40. Latorre R, Arencibia A, Gil F, et al. Correlation of magnetic resonance images with anatomic features of the equine tarsus. *American Journal of Veterinary Research.* 2006;67(5):756-761.
41. Villamonte-Chevalier A, Soler M, Sarria R, Agut A, Latorre R. Anatomical study of fibrous structures of the medial aspect of the canine elbow joint. *Vet Rec.* 2012;171(23):596.
42. Villamonte-Chevalier AA, Soler M, Sarria R, Agut A, Gielen I, Latorre R. Ultrasonographic and Anatomic Study of the Canine Elbow Joint. *Vet Surg.* 2014.
43. Sora M-C, Strobl B, Staykov D, Förster-Streffleur S. Evaluation of the ankle syndesmosis: A plastination slices study. *Clinical Anatomy.* 2004;17(6):513-517.
44. Sora MC, Jilavu R, Grübl A, Genser-Strobl B, Staykov D, Seicean A. The posteromedial neurovascular bundle of the ankle: an anatomic study using plastinated cross sections. *Arthroscopy.* 2008;24(3):258-263.e251.
45. Sora MC, Genser-Strobl B. The sectional anatomy of the carpal tunnel and its related neurovascular structures studied by using plastination. *European journal of neurology : the official journal of the European Federation of Neurological Societies.* 2005;12(5):380-384.
46. Párraga E, López-Albors O, Sánchez-Margallo F, Moyano-Cuevas JL, Latorre R. Effects of pneumoperitoneum and body position on the morphology of the caudal cava vein analyzed by MRI and plastinated sections. *Surg Endosc.* 2013;27(3):880-887.
47. Sora M. Epoxy Plastination of Biological Tissue: E12 Ultra-thin Technique. *Journal of the International Society for Plastination.* 2007;27:6.
48. Soal S, Pollard M, Burland G, Lissaman R, Wafer M, Stringer MD. Rapid ultrathin slice plastination of embalmed specimens with minimal tissue loss. *Clin Anat.* 2010;23(5):539-544.
49. Eckel HE, Sittel C, Walger M, Sprinzl G, Koebke J. Plastination: a new approach to morphological research and instruction with excised larynges. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1993;102(9):660-665.
50. Chen S, Wang H, Fong AH, Zhang M. Micro-CT visualization of the cricothyroid joint cavity in cadavers. *Laryngoscope.* 2012;122(3):614-621.
51. Phillips M, Nash L, Barnet R, Nicholson H, Zhang M. The Use of Confocal Microscopy for the Examination of E12 Sheet Plastinated Human Tissue. *Journal of the International Society for Plastination.* 2002;17:5.
52. Jones DG. Re-inventing anatomy: the impact of plastination on how we see the human body. *Clin Anat.* 2002;15(6):436-440.
53. Jones DG. Anatomical investigations and their ethical dilemmas. *Clin Anat.* 2007;20(3):338-343.
54. Jones DG, Whitaker MI. Engaging with plastination and the Body Worlds phenomenon: a cultural and intellectual challenge for anatomists. *Clin Anat.* 2009;22(6):770-776.
55. Jones DG. Using and respecting the dead human body: an anatomist's perspective. *Clin Anat.* 2014;27(6):839-843.