

BUGÜN PLASTINASYON 1: YÖNTEMİN GEÇMİŞİ VE UYGULANABİLİRLİĞİ

Buyruk HM (*) • Groen GJ (**) • Kemperman H (**) • Altunçın A (*) • Arı Z (*)

ÖZET: Bu çalışmada plastinasyonun geçmişini ve gelecekteki olanaklarını araştırmaktadır. Plastinasyon on yıl kadar önce, doku suyunun ve lipidlerinin polimerlerle yer değiştirilerek kuru kokusuz ve dayanıklı spesimenler haline gelmesi ile uygulanmaya başlamıştır. Fiksasyon, dehidrasyon, vakum ile zorunlu impregnasyon ve polimerizasyon olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmektedir. Süreç sonunda ortaya çıkan materyalin fiziksel özellikleri kullanılan polimer tarafından belirlenmektedir. Silikon fleksible, transparan olmayan, geniş çalışma olanakları sağlayarak kullanımının yaygın olabildiği az aletle tatmin edici sonuçlar vermektedir. Epoksi silikon kopolimer ile plastinasyonda materyal, cilalanmak için yeterli düzeyde sert fakat kırılabilir özelliktedir. Bu resim kalın ve opak spesimen kesit ve gösteri materyalleri için idealdir. Epoksi resinler ince (2.5 mm) transparan organ ve vücut kesitler plastik folyo veya cam arasına koyularak demonstre edilebilirler veya histolojik araştırmalar için de kullanılabilirler. Polyester resinler opak beyin kesitleri için kullanılmaktadır ve bunlar çok iyi bir şekilde gri ve beyaz maddenin ayrımını sağlamaktadır. Plastinasyonun araştırmada kullanılması ve elde edilen spesimenlerin eğitimde kullanılması yöntemin araç ve gereç ihtiyacı maliyeti ve uygulanabilirliği düşünülerek özellikle tartışılmıştır.

GİRİŞ

Anatomistler uzun süreler yumuşak dokuların korunmasında dayanıklı, kuru ve kolay yöntemler geliştirmek için uğraşmışlardır. 1914'de Deegener ve Berndt, 1924'te ise Hochstetter ve Schmeidel parafinizasyon yöntemi ile bu amaca çok yaklaşmışlardır. Parafinize specimenler kuru yapıları, doğal görüntüleri ve mekanik dış etkilere büyük dirençleri ile tarif edilmişlerdir. Bununla beraber sınırsız dayanıklılıkları biraz abartılarak, parafinize spesimenlerin nazik olarak ısı duyarlı oluşları ve kolayca yanabilmeleri göz önünde tutulmamıştır.

Plastinize edilmiş spesimenlerin üstün fiziksel özellikleri muamele edilebilen plastikler ile daha da artmıştır. Plastinasyon tekniğinde doku suyu ve yağları muamele edilebilir plastikler ile yer değiştirmektedir. Kullanılan polimerin sınıfı plastinize edilen specimenin mekanik (bükülebilir veya sert) ve optik (opak veya transparan olma) özelliklerini belirlemektedir. Plastinize spesimenler kuru, kokusuz ve dayanıklı olmakla birlikte histolojik düzeyde bile yapısal özelliklerini korumaktadırlar.

Bugün kullanımının onuncu yılında bütün dünyada birçok anatomi, patoloji ve diğer biyolojik materyal kullanan kuruluşlarda aktif olarak kullanılmaktadır. Bu zaman boyunca birçok yan yöntemler ve değişik derecelerde deneyimlilik oluşmuştur.

Bu tekrar plastinasyon tekniğinin olanaklarını sunmak ve tekniğin kendisini anlatmaktır. Uygulamanın üç ana alanı vardır, araştırma, eğitim ve gösteridir. Tekniğin daha önceden bilinmeyen çeşit ve kalitesi dayanıklı spesimenlerle sağlanmıştır. Tabaka plastinasyonu ile yapılan araştırmalarda yapıların doğallığının korunması yöntemin önemli özelliklerindendir. Bu ise gros anatomi ve histoloji arasındaki sınırda yer alan kas yapısı ve bağ dokusu şekillerine göre olan bölgenin ana ilgi alanına girmektedir. Burada tanımlanan tekniğin laboratuvarındaki esas prosedürünün tarifi tam olarak yapılmalıdır ki uygulanabilirliği konusunda hiçbir soru kalmamalıdır. Bununla beraber, bu tekrar bir laboratuvar rehbe-

(*) I.Ü. İstanbul Tıp Fakültesi. Anatomi Bilim Dalı

(**) Utrecht Üniversitesi.. Fonksiyonel Anatomi Departmant

ri olarak düşünülmemelidir. Bu tekniğin her aşamasının ayrıntılı olarak yer aldığı el kitabından da faydalanmak olasıdır (V. Hagens 1985/86)

Uygulamalar

Esas olarak plastinasyon tekniğinin dört değişik çeşitte spesimen oluşturan varyasyonu vardır. Silikon impregnasyonlu spesimenler bulanık, elastik olup ve özellikle eğitim amacı için kullanılmaktadır. *Polimerize emulsiyonlarla elde edilmiş spesimenler* en az silikon spesimenler kadar opak ve sert, hatta kırılabilir özelliklerdedir. Bu tekniğin kalın vücut kesitlerinde kullanılması beyaza varan derecelerde yağ dokusu ile koyu bir şekilde boyanmış diğer parankim dokusu arasında fazlaca kontrast ortaya koymaktadır. *Transparan vücut veya organ kesitleri* epoksi resinlerle elde edilmektedir. Araştırma amacı için bu kesitler kollabe ve disloke olmamaış vücut yapılarının topografi çalışmalarına izin vermektedir. Buna ilave olarak bu kesitler, ileri kesitsel eğitim programları içinde uygundur (CT ve NMR için asistan eğitiminde). Opak beyin kesitleri polyester resinlerle impregne edilmektedir; bu kesitlerde beyaz ve gri madde ayrımları çok iyi olarak yapılmaktadır.

Eğitimde her türlü plastinize materyaldan yararlanmak mümkündür. Epoksi silikon ve polyesterle impregne edilmiş spesimenler anatomi, patoloji, zooloji ve adli tıp dallarında ilgi görmektedir. Böyle kesitler eğitimi önemli bir derecede çeşitlendirmektedir. Formol ve alkol ile fikse edilmiş spesimenlerle yer değiştirildiğinde, disseke edilen materyal öğrencinin ellerini ve eşyalarını ıslatmadan kullanılabilir. Viyanadaki Anatomi Kürsüsü Heidelberg dışındaki plastinasyonu ilk kullanıcı olarak disseksiyon laboratuvarını dikkatlice disseke edilerek plastinize edilmiş eklemler ve vücut kesitleri ile zenginleştirmiştir (Lischka et al. 1981). Teksas'da, sağlık ve Bilim Merkezi kolay kullanışlı ve eğitsel değerinden dolayı, patoloji kurslarında plastinize spesimenler kullanmaya başlamıştır (Bickley et al. 1981; Bickley 1984). Bir Uluslararası Plastinasyon Birliği oluşturulmuştur (Bickley 1986). Bu birliğin esas fonksiyonların plastinasyon ile ilgilenen laboratuvarların bir listesini yapmak ve takip etmek, periyodik olarak < The Journal of the International Society for Plastination > u yayınlamak ve toplantılar ve pratik kurslar düzenlemek ve yönetmektir.

Plastinize spesimenler kolayca taşınabilirler ve insan organlarının bunun haricinde kullanılmayacağı sınıflarda gösterilebilirler. Heidelbergteki Anatomi Kürsüsü'nde böyle plastinize spesimenler histoloji derslerinde gros anatomi disseksiyon bölümünde kullanılmaktadır. Bunlar özellikle eğer öğrenci kolaylıkla plastinize spesimenlerle çalışma imkanı bulabiliyorsa sınavlarda kullanmak için idealdir.

Şu anda birçok departmanda normal disseksiyon sırasında zor görülen yapılar daha önce hazırlanmış plastinize spesimenler olarak anatomi disseksiyon dersleri sırasında kullanılmaktadır (örneğin derin ligamanlar, dilate olmuş kalpler, renkli plastiklerle enjekte edilmiş böbrekler ve plasentalar, mesane ve rektumu içine alacak şekilde erkek ve kadın pelvis organları). Eğitimde en fazla kullanılan kalın vücut ve organ kesitleri PEM veya silikon ile plastinize edilmişlerdir. Transparan vücut kesitleri öğrenciler arasında en fazla topografik soruları tartışmaya yönelttiği ortaya çıkmıştır. Bu kesitler CT ve NMR kesitleri ile doğrudan ilişkileri olduklarından dolayı klinik açıdan büyük değer taşımaktadır.

Plastinize beyin kesitleri yaş materyallere göre daha elverişlidir. Bölümler halinde disseke edilmiş bütün beyin ve beyin dokusu ve 1 cm'lik kesitler silikonla plastinize edildiğinde formol gözyaşları olmadan yapılabilen nöroanatomi derslerine imkan sağlamaktadır. Bu ise şu andaki formolün karsinogenik olduğu yolundaki tartışmalardan dolayı umut verici bir alternatif olarak belirlemektedir (Acheson 1981; Daschner 1983; Pabst 1986).

Birçok araştırma uygulamalarında tabaka plastinasyonu uygulanmaktadır. Her boyda transparan kesitler elde etmek mümkündür fakat kesitlerin boyları bant testerenin genişliğiyle sınırlı kalarak, kalınlığıda en optimum sonucu 2.5 mm de vermektedir. Areolar ve adipoz (lipid ekstraksiyon) dokulara kontrast olarak, kas dokusu (iskelet, kardiyak ve düz kas), bütün epitelyal parankimler (bezler, böbrek ve vb.) ve kan koyu olarak ortaya çıkmaktadır. Konnektif doku lifleri ve fasiaların gidişleri ve dağılımları kolayca tanınmaktadır. Kemiklerin dekalsifikasyonları gerekmemektedir. Konnektif doku lifleri ve kemik yapıları

arasındaki ilişkiler korunmuştur. Kontrast veren bir polimerle doldurulduktan sonra, arterioller düzeye kadar damarların dallanan paternleri takip edilebilir. Bundan daha fazla olarak damarlar yeterli miktarlarda doldurulduğunda dokular invivo duruma kadar genişlemektedir, sonuç olarak, belirli yapıların topografisi kollabe ve disloke olmadan elde edilmektedir. Seri haldeki kesitler kompleks yapıların üç boyutlu komputerize rekonstrüksiyonunu sağlamaktadır. Plastinize kesitler, parafin ile yapılan seri kesitlemeler için çok büyük olan fetusların embriyolojik araştırmaları için değerli bir araç olduğunu ispatlamıştır.

Araştırmaların birçok alanında transparan spesimenlerden faydalanılmaktadır. Diagnostik görüntüleme yöntemi olan CT ve NMR topografik ilişkilerle dayanan bilgiye gittikçe artan bir biçimde ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin, yüzey bobini kullanılarak yapılan orbita ve iç kulak manyetik rezonans görüntülemeleri histolojik düzeye kadar bile olan topografik detayları göstermektedir (V. Hagens, 1987). Tabaka plastinasyonu harika detaylar vererek, yetersiz kaldığında iyi bir kıyaslama imkanı vermektedir. Buna ek olarak, hareket ile oluşan topografik ilişkilerin farklılıkları (örneğin fleksiyonda ve ekstansiyonda oluşan bacaktaki topografik farklılıklar) araştırılabilir. Bir başka alan ise histoloji ve gross anatomi arasındaki geçiştir. Kas lifleri, kas lif demetleri, kollajen iplikleri ve fascia kolayca tanımlanabilir ve transparan spesimenlerde takip edilebilirler, kas ve konnektif doku lif paternleri ve bunların çeşitli durumlardaki varyasyonları hakkındaki bilinmeyenler cevaplanabilir. Plastinasyon teknikleri ile gösterilmiştir ki uterus kas liflerinin yapısal düzenlenişi genelde bilinene hiç uymamaktadır (Brokelmann ve Müller 1985) ve juvenil, hamile ve hamilelik sonrası durumlarda bu düzenleniş farklı olabilir. Bundan başka kesin lif paternleri belirlenememiş birçok musküler sistemler vardır örneğin utero-vezikal kesişmesinden ve mesane trigonu ve boynundaki gibi (Tanagho et al. 1968). Patolojik şartlar altında yapısal değişiklikler (ör. kalp hipertrofisi) ve mikroanjyopatik paternlerdeki değişiklikler aynı tür spesimenlerde çalışılabilirler.

Konnektif doku paternlerine bağlı olarak bir çok bilinmeyen cevapsız kalabilir, örneğin kadın pelvisinde, birçok konnektif doku ligaman, fascia ve septalarının genelde uterusu pozisyonunda tutmaktan sorumlu oldukları düşünülür. Bunlar arasında "bir ligamentum kardinale uteri" (transvers servikal ligament) bilinmektedir. Kadın pelvisinden hazırlanan plastine seri kesitlerin çarşılarında bu ligamanlara uyan pozisyonlarda bu kollajenöz lifleri göstermek imkanı olmamıştır (V. Hagens 1987). Bu bilinmeyenlere disseksiyon veya histolojik kesitlerde rekontrüksiyon yöntemleri ile yaklaşılmıştır. Ufak filamentlerin disseksiyonu zordur ve disseksiyon sırasında dokuya verilen zarar yanlış sonuçlara yönleltebilir. Ayrıca halen histolojik dokuların rekontrüksiyonu relatif olarak küçük alanlarla sınırlı kalmaktadır. Transparan vücut kesitlerinin en önemli faydalarından biriside, doku komponentlerinin dizilişi kendilerinin değiştirilmemiş durumları ile çalışılabilmesidir.

Fetuslarda 10 ve 20. haftalarda epoksi resinle (E12) plastinize edilmiş spesimenlerde elmas test testere ile 300-700 ym kalınlıklardan yapılmış kesitler arktektürel çalışmalar için en iyi olanakları sağlamaktadır (V. Hagens, 1987). Böyle spesimenler parafin seri kesitler (küçük embriyolar için uygundur) ile büyük fetus kesitleri arasındaki boşluğu doldurmaktadır. Bu yaş grubundaki (10-20 hafta) dekalsifiye spesimenlerin parafin ile yapılan kesitlerinde kemik veya kartilaj ve komşu konnektif doku büzümme ve kesim problemlerine bağlı olarak ayrışmalar göstermektedir. Bu bölümlenmenin daha iyi anlaşılması, klinik olarak infeksiyon ve tümörlerin yayılımı, ve cerrahi erişilebilirlik açılarından önemlidir.

Konnektif doku arktektürünün patolojik değişimleri bir başka ilgi alanıdır (Örneğin, poliartrit gibi konnektif doku hastalıkları). Dupuytren Kontratüründeki kollajen demetler ve fascianın bozulmuş paternlerinin araştırılması (V. Hagens, 1987) plastinasyonun bu alandaki uygulanabilirliğini kanıtlamıştır. Daha önceden var olan kollajen demetlerinde hiçbir kısalma olmadığı görülmüş ve bunun daha çok bir proliferasyon veya fibramatöz bir doku olduğu düşünülmüştür.

Biomekanik problemler açısından tabaka plastinasyonu belirli fonksiyonel birimler (kaslar, kollajen dokular, kartilaj, ve dekalsifiye olmamış kemik) bütün komponentlerinin hepsinin bir arada çalışılmasına olanak tanımaktadır. Geniş spesimenlerde (vertebral kolon boyunca yapılan longitudinal kesitler), kemikler, diskler ve ligamentler herhangi bir

fleksiyon ve ekstansiyon pozisyonlarında iken analiz etme imkanı vardır (V. Hagens, 1987). Aynı spesimende (kontrast veren resinle dolduruktan sonra) mikroanjiopatik patern çalışma olasılığı ile birlikte, özellikle biomekanik ve deneysel orthopedik araştırma olmak üzere deneysel morfoloji için bu tekniğin güçlü bir araç olduğu anlaşılmıştır. Araştırma uygulamaları için bir başka alan ise tümör büyümesi ve patolojik dokuların dağılımıdır. Halen abdomen içi pelvis veya ekstraparitoneel boşlukta veya uzak bölgelerle metastaz gibi belirli alanlarda malinitelerin yayılımları hakkında bildiklerimizin birçok eksikliği vardır. Plastinize edilmiş vücut kesitlerinde, malinitelerin dağılımı hemen göz önüne serilmektedir, bunun yanında gerektiğinde diagnozu histolojik örnekleme ile de kontrol etme imkanı vardır. Cerrahi olarak bu tekniğin kullanımı mümkün olmuştur. Doku amputatlarının (örneğin, göğüs ve akciğer) metastaz açısından tam olarak görüntülenmesi plastinasyon ve histolojinin birleşimi olarak kolay ve tam olarak mümkündür (V. Hagens, 1987). Sonuçlar prognoz ve tedavi açısından önemlidir. Göğüs kanserinde bu zaman ve iş gücünü azaltıcı teknik belkide ileride rutin evreleme aracı olarak kullanılacaktır.

Daha sonra yapılacak histolojik araştırmalar için, PEM ile impregne edilmiş spesimenlerin de önemli bir yeri vardır. İlgili çekici bölgeler, küre edilmiş spesimenlerden alınan kompute tomogramlarla belirlenmektedir (V. Hagens, 1987).

Plastinasyon tekniğinin uygulandığı yerlere bir başka örnek ise az bulunan türlerin biyolojilerinde yapılan anatomik araştırmalardır. Transparan tabakalar halinde tam seri kesitler yapılan organizmanın gros anatomik yapısından elektron mikroskopu düzeyine kadar hakkında önemli bilgilerin elde edildiği açıkça görülmüştür (Klemstein 1982). Böylece az bulunan türdeki hayvanın kadavrası gelecekteki araştırmalar için saklanabilir.

Bunlardan ayrı olarak kendi laboratuvarlarımızda yaptığımız plastinasyon çalışmalarında da bu yöntemin öğretim açısından çok kullanışlı olduğunun yanı sıra tabaka plastinasyonu uygulanan extremité kesitlerinde CT ve MRI ile karşılaştırmalı anatomik araştırmalar yapılmaya başlanarak bu yöntemlerin hem görüntüsel hem de biometrik açıdan ne kadar doğru oldukları tespit edilme imkanı bulacaktır.

Plastinasyon Prosedürünün Prensipleri

- Fiksasyon ve dehidrasyon
- Force impregnasyon
- Küre etme (sertleştirme)

Plastinasyon Teknikleri

- Standart silikon tekniği
- Polimerize emulsiyon tekniği
- Tabaka plastinasyon tekniği 1) Drenaj yöntemi
- 2) Doldurma metodu

- Yan teknikler: 1) Vasküler enjeksiyon (Radyopak madde verilerekte radyolojik tekniklerde denenebilir).
- 2) Boyama

Başka Uygulamalar

Plastinasyon yöntemi sadece morfolojik bilimlere yönelik değildir. Arkeologlar bu yöntemi deri, ip ve tahta gibi kurutulması mümkün olmayan paçacıkların korunmasında kullanmaya başlamışlardır. Hatta etmek ve kepleri bile plastine etme imkanı vardır. Böcekler plastinasyon ile elastikiyetini koruyarak kurutma yönteminden çok daha uzun süreler korunabilmektedirler. Boyanmış transparan parçalar doğal sanat eserleri olarak ilgi görmektedirler.

Uygulanabilirlik

Para, zaman miktarı ve kişi deneyimliliği açısından plastinasyon laboratuvarının pratik olarak ihtiyaçları nelerdir? Temelde bu yöntem parafin histolojisi ve eltron mikroskopisi için gereken prosedürden daha fazla şeyler istememektedir. Silikon S 10 ve Pem tekni-

kleri için gereken aletler ne çok pahalıdır ne de çok ileri teknik gerekmektedir. Gerekli olan maddelerin fiyat tutarları nispeten ucuzdur ve vaküm impregnasyon aynı resin ile sürekli yapıldığında maliyet miktarı daha da azalmaktadır. Bundan dolayı stok olarak sürekli dehidrate materyalin elde bulunması maliyet açısından daha iyidir. Solventlerin değişimi, boyama, vaküm işlemi, küre etme işlemi zaman gerektiren olaylar olup bir kişinin çalışma süresinin yarısını alabilmektedir. Hiç kimse bundan daha az bir zamanı olduğu halde plastinasyon işine başlamamalıdır. Bununla beraber bu prosedür sırasında uzun aralıklar vermek mümkündür. Bu işe taze spesimenlerde % 70 etanol veya metilen klorid veya deep freeze içerisinde saklayarak mümkündür.

Tabaka plastinasyonu drenaj metodu hariç, özellikle bütün vücut kesitleri için yapıldığında daha fazla zaman gerektirmektedir. Her ay bir veya birden fazla spesimen üretmek için çeşitli boylarda camlar veya plastik tabakalar (bir beyin kesitli için dört adet gerekmektedir), yıkama makinesi, çeşitli dehidrasyon sepetleri ve kısıkaçları (dehidrasyon sırasında dokuyu sabit tutmak için), büyük dehidratasyon kapları, fırınlar ve vaküm kapları gereklidir. -70°C'daki deep freezeler testere ile materyalin kesimi sırasındaki sıyrılmaların engellenmesi için idealdir. Bunun gibi gerekli olan detay araç ve gereçler bu işleme başlayacak olan laboratuvarlar için pahalı olmaktadır. Sonuç olarak bu yöntem diğer yöntemlerden biraz daha pahalı olmakla birlikte, elde edilen materyalin dayanaklılığı ve kalitesi bu faktan çok çok daha üstündür.

KAYNAKLAR

1. Acheson ED (1981) Formaldehyde in British Chemical Industry. An Occupational Cohort Study. *Lancet* 1: 611-616.
2. Bickley HC, V. Hagens G, Townsend FM (1981) An Improved Method for the Preservation of Teaching Specimens. *Arch Pathol Lab Med* 105: 674-676.
3. Bickley HC (1984) Plastination: A new Technique for Anatomic Pathology and Forensic Science. *Pathol Update Series* 2(16): 2-8.
4. Brökelmann J, Müller G (1985) Architektur des Mymetriums, untersucht an pastinierten, durchsichtigen Präparaten. *Arch Gynecol* 238: 851-853.
5. Daschner F (1983) Formaldehyd: Unnötige Desinfektionen gefährden den Patienten und Personal. *Klinikerzt* 12(1): 9-10.
6. Klemstein J (1982) Uom Makroskopischen Präparat zur Ultrastruktur der Zelle. *Der Präparator* 28: 305-312.
7. Lischka MF, Mayr R, Mayerhoffer W (1981) Erfahrungen mit "plastinieren" Präparaten im Anatomieunterricht. *Acta Anat* 111: 92.
8. Pabst R (1985) Welche Gefahren bestehen beim Umgang mit Formaldehyd? *Anat Anz (Jena)* 161: 154.
9. Tanagho EA, Smith DR, Meyers FH (1968) The Trigone: Anatomical and Physiological Considerations. 2 In relation to the bladder neck. *J Urol* 100: 633-639.
10. Tiedeman K, V. Hagens G (1982) The Technique of Heart Plastination. *Anat Rec* 204: 295-299.
11. V. Hagens G (1985/1986) Heidelberg Plastination Folder. Anatomisches Institut I. Universität Heidelberg. D-6900 Heidelberg. FRG.
12. V. Hagens G., Tiedemann K., Kriz W. The Current Potential of Plastination. *Anat Embryol* (1987) 175: 411-421.
13. Henry R.W., Dixon J.S., Plastination of Anatomical and Pathological Teaching Specimens. 1990 Joint Meeting of the Anatomical Society of Great Britain and Ireland and the Nederlandse Anatomen Vereniging.
14. V. Hagens (1979a) Impregnation of Soft Biological Specimens with Thermosetting Resins and Elastomers. *Anat Rec* 194: 247-255.
15. V. Hagens (1979b) Emulsifying Resins for Plastination. *Der Präparator* 25: 43-50.