

Beyin Cerrahisi Ameliyatlarında Antropolojik Farklılıkların Oluşturduğu Problemlerin Çözümünde İnovasyon

Murat Kiraz^{1*+}, Emre Demir²

¹ Nöroşirürji Kliniği, Sancaktepe Şehit Prof Dr İlhan Varank Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul, Türkiye

² Biyoistatistik Anabilim Dalı, Tıp Fakültesi, Hitit Üniversitesi, Çorum, Türkiye

*Corresponding author: kirazmurat@gmail.com

+Speaker: kirazmurat@gmail.com

Presentation/Paper Type: Oral / Full Paper

Özet – Bu çalışmada baş iskeletinde bulunan kemikler ve kraniometrik noktalar tanımlanarak beyin cerrahisi ameliyatlarında antropolojik farklılıkların oluşturduğu problemlerin çözümündeki son gelişmeler incelenmiştir.

Anahtar kelimeler – Beyin cerrahi, antropometrik ölçümler, kraniometrik noktalar, inovasyon

I. GİRİŞ

Baş iskeletinin tümüne cranium kemiklerine ise ossea cranii adı verilir. Bu kemikler çevrelediği yapılara göre iki alt kısma ayrılır. İçinde beyin bulunan kemiklere kafa kemikleri (neurocranium), yüz, ağız ve burun gibi baştaki diğer kemiklere yüz kemikleri (viscerocranium) adı verilir. Kafanın üst kubbesini oluşturan neurocraniumun üst kısmına ‘calvaria’, alt kısmına da chondrocranium (Basis cranii) adı verilir. Baş kemiğinin 8’i neurocraniumu, 14’ü ise viscerocraniumu oluşturmaktadır. Baş kemiklerinin bazıları çift bazıları da tek bulunmaktadır. Bazı kafa kemikleri içinde önemli organları bulundurur. Örneğin os temporale içinde, dış kulak yolunun önemli bir kısmı ile orta kulağın tamamı bulunmaktadır. Birden fazla kemik bir araya gelip özel bir şekil alarak gözün bulunduğu ve ‘orbita’ adı verilen yapıyı oluştururlar (1). Neurocranium ve viscerocranium kemikleri tablo 1’de belirtilmiştir.(2)

Tablo 1. Cranium kemikleri

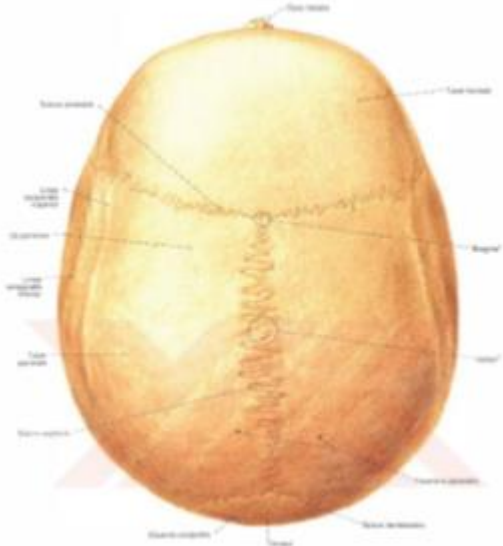
Neurocranium	Viscerocranium
<ul style="list-style-type: none"> • Os frontale • Os sphenoidale (proc. pterygoideus hariç) • Os temporale (pars squamosa, pars petrosa) • Os parietale • Os occipitale • Os ethmoidale (lamina cribrosa) 	<ul style="list-style-type: none"> • Os nasale • Os lacrimale • Os ethmoidale (lamina cribrosa hariç) • Os sphenoidale (proc. Pterygoideus) • Maxilla • Os zygomaticum • Os temporale (pars tympania, proc. styloideus) • Mandibula • Vomer • Concha nasalis inferior • Os palatinum • Os hyoideum

Kafa iskeletinin bütünü, yukarıdan (norma superior), yandan (norma lateralis), önden (norma facialis), arkadan

(norma occipitalis) ve aşağıdan (norma basilaris) bakılarak incelenir (3).

Norma superior (verticalis)

Kafa iskeletine yukarıdan bakıldığında görülen bölüme calvaria da denilir. Burada dikiş şeklinde 3 eklem görülür. Bunlardan birincisi frontal ve parietal kemikler arasında transvers olarak uzanan sutura coronalis’tir. ikincisi iki parietal kemik arasında bulunan ve sagittal yönde uzanan, sutura sagittalis’tir. Üçüncüsü de oksipital ve parietal kemikler arasında oluşan sutura lambdoidea’nın üst bölümüdür. Sutura sagittalis’in sutura coronalis ile birleştiği noktaya bregma, sutura lambdoidea ile birleştiği noktaya da lambda denilir. Sutura sagittalis’in yan taraflarındaki çıkıntılı kısma tuber parietale denilir. Sutura sagittalis’in hemen yanlarında ve arka yarısında for. parietale’ler bulunur. Her iki tarafın for. parietale’sini birleştiren çizginin sutura sagittalis’i kestiği noktaya da, obelion denilir, ön tarafta görülen tuber frontale’nin (eminentia frontalis) hemen altında arcus superciliaris’ler ve aralarındaki düz saha (glabella) görülebilir. Bazı kemiklerde iki frontal kemik taslağının birleşme yeri, testere ağız gibi düzgün ve ince dişli bir dikiş şeklinde olabilir. Sutura frontalis persistens (metopica) denilen bu eklem, glabella’dan bregma’ya doğru uzanır. Bazı kafa iskeletlerinde yan taraflarda, arcus zygomaticus da görülebilir (3).



Resim 1: Norma superior. Sobotta (2006)'dan alınmıştır

Norma lateralis

Kafa iskeletine yan taraftan bakışta hem neurocranium hem de viscerocranium'a ait kemikleri görebiliriz. Os frontale, os parietale, os occipitale, os temporale, os sphenoidale'nin ala major'u ve os zygomaticum, birbirleriyle eklem yaparlar. Genellikle bu eklemleri hangi kemikler oluşturuyorsa, o kemiklerin adlarıyla isimlendirilir. Örneğin sutura temporozygomatica, sutura frontozygomatica, sutura sphenozygomatica, sutura sphenofrontalis, sutura sphenoparietalis, sutura sphenosquamosa, sutura parietomastoidea, sutura occipitomastoidea gibi. Sutura sphenoparietalis'in arka ucuna pterion denilir. Burası os frontale'nin proc. zygomaticusunun 3 cm arkasında ve biraz da üst kısmında bulunur. Os parietale ile os temporale'nin pars squamosa'sı arasında oluşan eklem sutura squamosa denilir. Bu eklem arka tarafta sutura parietomastoidea olarak uzanır ve sutura lambdoidea ile sutura occipitomastoidea'nın birleşme yerinde sonlanır. Bu üç eklem birleşme yerine asterion denilir. Yan taraftan bakışta en üst noktaya vertex, en arka noktaya da occiput denilir. Angulus mandibulae'nin arka-alt köşesine ise gonion denilir (3).

Fossa temporalis linea temporalis ve arcus zygomaticus tarafından sınırlanır. Os frontale'nin proc. zygomaticus'undan başlayan linea temporalis, önce yukarı-arkaya doğru os frontale ile os parietale üzerinde uzanır. Daha sonra arkada aşağı ve öne doğru yön değiştirerek os temporale'de crista supramastoidea ile devam eder. Daha önde de proc. zygomaticus'un üst kenarı ile birleşir. Linea temporalis'in sutura coronalis'i kestiği yere stephanion denilir. Linea temporalis yukarıda linea temporalis superior ve inferior denilen birbirine paralel iki çizgi şeklinde bulunur. Fossa temporalis, önden os zygomaticum ve os frontale ile sınırlanır. Fossa temporalis'i, aşağısında bulunan fossa infratemporalis'den ayıran kenara, crista infratemporalis denilir. Bu krista önde os sphenoidale'nin ala major'unda, arkada ise os temporale'nin pars squamosa'sında uzanır. Çukuru alt-dış taraftan ise, arcus zygomaticus sınırlar. Dışta arcus zygomaticus, içte crista infratemporalis'in çevrelediği geçit fossa temporalisi, fossa infratemporalis'e bağlar (buradan musculus temporalis geçer). Fossa temporalis'i orbita'ya, fissura orbitalis inferior bağlar. Arcus zygomaticus

os zygomaticum'un proc. temporalis'i ile os temporale'nin proc. zygomaticus'u arasında oluşan bir kemerdir. Proc. zygomaticus ön ve arka olmak üzere iki kök şeklinde başlar, ikisi arasında caput mandibulae'nin girdiği fossa mandibularis bulunur. Arka kökün üst kenarı arkada crista supramastoidea ve daha arkada da lineatemporalis ile uzanır. Arka kök ile proc. mastoideus arasında bulunan deliğe foramen acusticum externus denilir. Bu deliğin arka ve alt tarafındaki çıkıntıya processus mastoideus, ön tarafındaki sivri-uzun çıkıntıya ise processus styloideus denilir. Meatus acusticus externus'un üst noktasına porion adı verilir. Fossa infratemporalis, arcus zygomaticus'un iç tarafında ve aşağısında bulunan düzensiz bir çukurdur. Maxilla'nın facies infratemporalis'i ve processus zygomaticus'unun arka kısmı, tuberculum articulare, spina ossis sphenoidalis, ala majoris ossis sphenoidalis'in alt kısmı, squama temporalis'in alt kısmı, maxilla'nın alveolar çıkıntısı ve processus pterygoideus'un lamina lateralis'i tarafından sınırlanmıştır. Foramen ovale, foramen spinosum ve canalis alveolaris'lerin arka açıklıkları buraya açılır. Bu çukurun üst-iç kısmında fissura orbitalis inferior ile fissura pterygomaxillaris, dik açı oluşturacak şekilde birleşir. Horizontal olarak uzanan bu yarık, dışta vertikal olarak uzanan fissura pterygomaxillaris ile dik açı oluşturacak şekilde devam eder. Orbita, fissura orbitalis inferior aracılığı ile fossa temporalis, fossa infratemporalis ve fossa pterygopalatina ile bağlantı kurar. Fissura pterygomaxillaris, maxilla ile processus pterygoideus arasında oluşan üçgen şeklindeki bir aralık olup üst ucu fissura orbitalis inferior ile devam eder. Bu geçit fossa infratemporalis'i fossa pterygopalatina'ya bağlar (buradan arteria ve vena maxillaris'in uç dalları geçer). Fossa pterygopalatina, orbita'nın tepesinin hemen arkasında fissura orbitalis inferior ile fissura pterygomaxillaris'in birleşme yerinde bulunur. Bu çukur os sphenoidale'nin gövdesi, processus pterygoideus'un tabanı, ala majorun ön yüzü, maxilla'nın facies infratemporalis'i, os palatinum'un lamina perpendicularis'i ve processus orbitalis'i ile processus sphenoidalis'i tarafından sınırlanır. Fossa pterygopalatina, fissura orbitalis inferior vasıtasıyla orbita ile, foramen sphenopalatinum aracılığıyla burun boşluğu ile, fissura pterygomaxillaris vasıtasıyla da, fossa infratemporalis ile bağlantı kurar. Fossa pterygopalatina'da nervus maxillaris, ganglion pterygopalatinum ve arteria maxillaris'in uç dalları bulunur (3).



Resim 2: Norma lateralis, sol yan. Sobotta (2006)'dan alınmıştır.

Kafa iskeletinde, çoğu suturaların birleşim yerlerinde olmak üzere her kafada görülebilen nasion, glabella, bregma, vertex, lambda, occiput (opistocranium), inion (protuberentia occipitalis externa), basion, opisthion, stephanion, asterion, pterion (Sylvian noktası), gnathion, gonion gibi topografik noktalara, kraniyometrik (antropometrik) noktalar denir (4)

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Kraniyometrik Noktalar

Pterion: Frontal, parietal ve temporal kemikler ile sfenoid kemiğin büyük kanadının yakınlaştığı (kesiştigi) kranyum bölgesidir. Yaklaşık olarak zigomatik kemiğin arkusunun 2 parmak üstünde ve zigomatik kemiğin frontal parçasının bir parmak kadar arkasında bulunur.

Asterion: lambdoid, oksipitomastoid ve parietomastoid sütürlerin kesişme noktasıdır. Transvers sinüs ile sigmoid sinüs bileşiminin üzerinde bulunur.

Verteks: kafatasının en tepe noktasıdır.

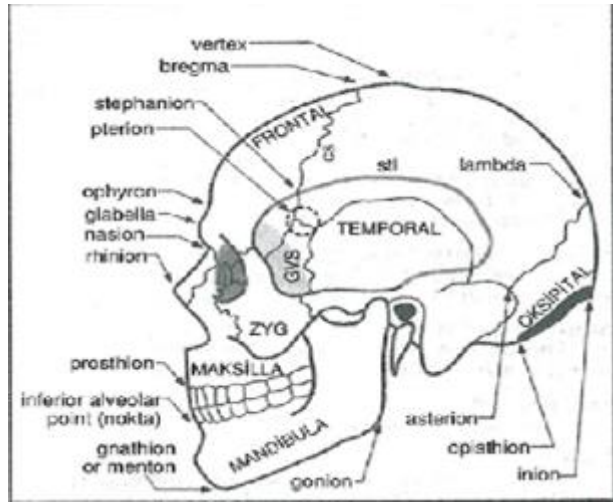
Lambda: lambdoid ve sagittal sütürlerin birleşme noktasıdır.

Scephanion: koronal sürür ve süperior temporal çizginin kesişme noktasıdır.

Glabella: orta hatta, supraorbital çıkıntı seviyesinde alnın en ön noktasıdır.

Opisthion: orta hatta foramen magnum'un posterior kenarıdır.

Bregma: koronal ve sagittal sütürlerin kesişme noktasıdır (5)



Resim 3: Kraniyometrik noktalar & kranial sütürler (Greenberg 6. Baskıdan alınmıştır.) Kısaltmalar: GWS=SBK: sfenoid kemiğin büyük kanadı; cs=ks: koronal sütür; stl:stç: süperior temporal çizgi; ZYG: zigoma

Görüldüğü gibi kafa kemiklerinin anatomisi ve birbirleriyle olan ilişkisi oldukça kompleks ve detaylıdır. Bu anatomik yapının içinde patolojik bir süreç geliştiğinde, bu patolojik yapıya müdahale etmeden önce görüntüleme yöntemlerinden maksimum faydalanılır ve gerekli ölçümler yapılarak patolojik sürece müdahale edilir. Kafatasında yapılan antropolojik ölçümlerde bu sütürler ve sütürlerin kesişim yerlerinde oluşan kraniyometrik noktalar kullanılır. Beyin cerrahisinde de ameliyat öncesi yapılan

hesaplamalarda yine bu sütürlerden ve kraniyometrik noktalardan faydalanılır.

Cerrahlar, tıp eğitimi alırken kadavra üzerinde uygulama yaparak anatomi hakkında temel pratik bilgiye sahip olmaktadır. Bu yüzden cerrahlar, radyologların sunmuş olduğu iki boyutlu görüntü raporlarına bakarak gerçek zamanlı operasyonel sorunlardan birisi olan hastanın anatomisine dair biçimsel iç yapı anormalliklerini veya patolojik bulguları teorik bilgi ve tecrübe birikimleri nispetinde değerlendirmeye çalışır (6). Fakat, karmaşık patolojiler için hastaya özgü operasyon yöntemi belirlenmesinde iki boyutlu görüntü verileri yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple, operasyon prosedürleri esnasında karşılaşılan problemlerin ön görülebilmesi ve buna göre hazırlık yapılması için gerçeğine en yakın üç boyutlu görüntüleme üzerinde çalışma ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

III. BULGULAR

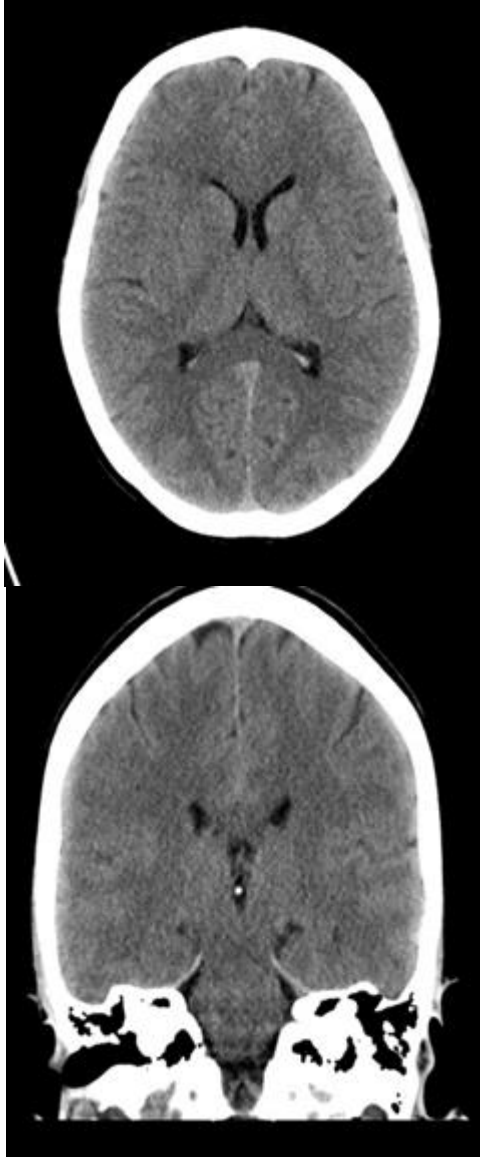
Kranial Görüntüleme

1895 yılında Willhelm C. Röntgen'in ilk fizik Nobel ödülünü (1901) almasını sağlayan X-ışınlarını buluşu tıpta yeni bir dönemin başlamasına neden olmuştur. Kadavra üzerinde ilk radyolojik çalışma 1898 yılında yapılmıştır (7). Bu gelişmeler ışığında radyolojik gelişmeler devam etmiştir ve farklı yöntemler ortaya çıkmıştır. 1970'lerde bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans (MR), ultrason (USG) ve nükleer görüntüleme yöntemleri bulunarak kullanılmaya başlanmıştır (8). Bilgisayarlı tomografinin matematik prensiplerinin 20.yy başlarında Radon tarafından ortaya konmuş olmasına rağmen, teknolojik uygulamalarına daha geç başlanmıştır. 1960'ların sonlarına ve 1970'lerin başlarına doğru G. Hounsfield ve Cormack, İngiltere'de ilk ticari X-ışınlı BT sistemini (Bilgisayar Destekli Tomografi) tarayıcısını geliştirmiştir (9). Üç boyutlu görüntüleme yöntemlerinin geliştirilmesi yine aynı tarihlerde başlamıştır. İlk 3D görüntülerini içeren bilgisayar grafikleri 1960 yıllarında vektör animasyonları ile bulunmuştur. 1969 yılında insanların 3D animasyon şekilleri kalem ile çizilen seri kesitleri fotoğraflanarak oluşturulmuştur (10). Grafik destekli bilgisayar sistemlerinin gelişmesiyle bilgisayarlı tomografi görüntülerinden oluşturulan 3D rekonstrüksiyonlar tümör boyut ölçümleri, cerrahi-dental implantlar, kraniyofasiyal deformitelerde ve antropometrik ölçümler gibi farklı klinik uygulamalarda kullanılmaya başlamıştır (11). Biyomedikal alandaki gelişmeler, bilişim teknolojilerinin gelişimi ile paralellik göstermektedir. Sağlık sektöründe kullanılan ölçüm ve görüntüleme yöntemleri, test, analiz ve izleme cihazları hızla gelişmekte, bunun sonucunda tıp literatürü gün geçtikçe zenginleşmektedir. Yeni tanı ve tedavi yöntemlerinin çoğunun kullanımı bilgisayarlara bağlıdır.

Beyin Tomografisi

Bilgisayarlı tomografide kullanılan enerji x-ışınlarıdır. Vücudu kesitler şeklinde görüntüler. Röntgenogramlardaki üst üste düşme ortadan kaldırılmıştır. BT, x-ışınının bilgisayar teknolojisi ile birleşmesinin ürünüdür. Bir BT kesiti oluşturabilmek için, kesit düzlemindeki her noktanın x-ışınını zayıflatma değerini bilmek gerekir. Bu değerler, kesit düzleminin çevre her yönünden x-ışını geçirilerek yapılan çok sayıda ölçümün güçlü bilgisayarlarla işlenmesi

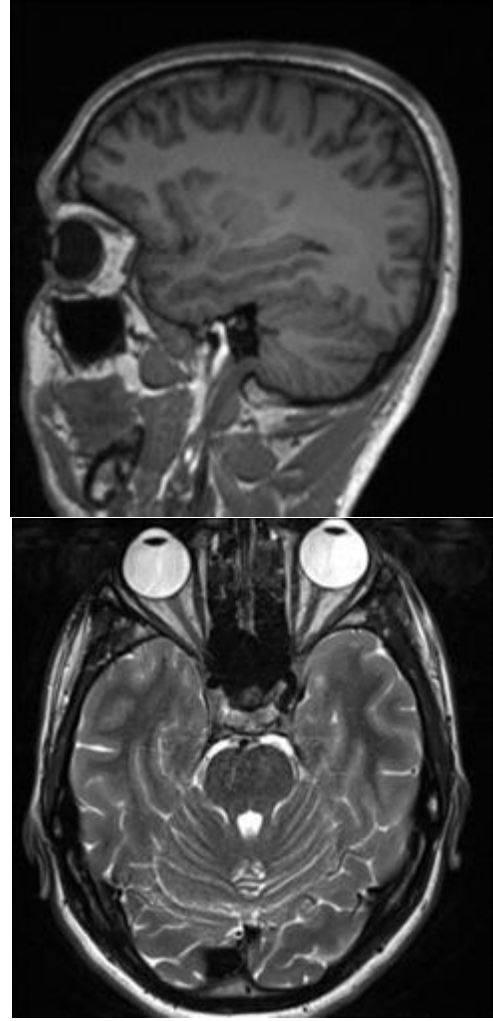
ile bulunur. Bulunan bu sayısal değerler, karşılığı olan gri tonlarla boyanarak kesit görüntüleri elde edilir (12).



Resim 4: Beyin bilgisayarlı tomografi aksiyal ve coronal kesit

Beyin MR Grafisi

MR'ın kullandığı enerji radyo dalgalarıdır. MR, BT gibi bir kesitsel görüntüleme yöntemidir. Dijital olan bu görüntüler, bilgisayar teknolojisinden yararlanılarak işlenir ve üç boyutlu görüntüler yapılabilir. MR yönteminin önemli bir avantajı hastanın pozisyonunu değiştirmeden her düzlemde görüntü alabilmesidir. Çeşitli yazılım paketleri ile MR görüntüleri yeniden biçimlendirilerek üç boyutlu görüntülerin elde edilmesiyle çeşitli alanlarda çalışma imkânı sunmaktadır. Örneğin; yazılım paketleri vücudun veya bireysel yapıların ilgilenilen belirli bölmesinin daha basit ve daha gelişmiş ölçüm yapma ve inceleme olanağı sunmaktadır (13).



Resim 5: Beyin MRG sagittal ve aksiyal kesit

Radyolojide bundan yaklaşık 50 yıl öncesine kadar yalnızca direkt grafiler çekilebiliyordu. Önce 70'li ve 80'li yıllarda bilgisayarlı tomografi (BT) yöntemi gelişti, daha sonra 90'lı yıllardan itibaren manyetik rezonans görüntüleme (MR) radyoloji alanında yeniliklerin önünü açtı.

MR radyoloji açısından çok önemli bir gelişmeydi, çünkü bilgisayarlı tomografi kemik gibi sert dokuları görüntülemekte oldukça başarılı olmasına rağmen bilgisayarlı tomografi yöntemiyle yumuşak dokuları görüntülemek çok zor ve zahmetliydi, görüntü kalitesi de kötüydü. MR teknolojisi sayesinde beyin başta olmak üzere kalp, sindirim sistemi organları ve böbrekler gibi yumuşak dokular çok daha iyi görüntülenebilir bir hale geldi. Grafik destekli bilgisayar sistemlerinin gelişmesiyle üç boyutlu BT ve MRG görüntüleri oluşturuldu.



Resim 6: Kafatasının 3 boyutlu BT görüntüsü

IV. TARTIŞMA

Nöronavigasyon

Nöronavigasyon terimi ilk defa 1987 yılında Watanabe tarafından kullanılmıştır (14). Ameliyat sırasında fiziksel uzayda pozisyonun tespit edilerek ameliyat öncesi kaydedilen görüntüler üzerine yerleştirilmesi prensibine dayanmaktadır. İlk frameless navigasyon sistemleri Roberts, Watanabe, Reinhard ve Mösges tarafından tanıtılmıştır(15). Nöronavigasyon sistemleri, temel olarak cerrahin operasyon süresinde kullandığı ameliyat aletlerine monte edilen özel sistemler aracılığı ile, ameliyattaki mevcut pozisyonun, hastaların Manyetik Rezonans Görüntüleme verileri kullanılarak özel yazılımlar aracılığı ile hazırlanan ameliyat bölgesine ait sanal üç-boyutlu modeli üzerindeki pozisyon ile eşleştirilmesine dayalı bir teknolojidir. Bu teknoloji, özellikle kafa tabanı gibi karmaşık anatomik yapılara sahip ve komplikasyon risklerinin yüksek olduğu ameliyat süreçlerinde cerrahlar için önemli birer yardımcı araçtır. Bu sistemler sayesinde cerrah, ameliyatın kritik aşamalarında bulunduğu pozisyonu, hastanın sanal modeli üzerinden takip ederek hasta dokularına en az hasar ile ameliyatın gerçekleştirilmesini sağlayabilir. Böylelikle bu ameliyatlardaki risklerin azalması mümkün olmaktadır.

Nöronavigasyon sistemleri, araba kullanırken yön bulmak amacıyla geliştirilen navigasyon sistemlerinin, beyin cerrahisi ameliyatları için geliştirilmiş olan versiyonları olarak düşünülebilir. Yapılan çalışmalar bu sistemlerin beyin ameliyatları süreçlerini önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir (16,17). Bilgisayar destekli navigasyon sistemlerinden yararlanılarak uygulanan cerrahi girişimler sırasında, 3 boyutlu olarak kitlenin tüm sınırları ve komşu dokularla olan ilişkisi net olarak saptanarak hem kitleye ulaşmak için gerekli cerrahi keski en doğru yerden yapılır, hem de ameliyat sırasında hedeflenen lezyona büyük doğruluk derecesiyle (1 mm hassasiyetle) yaklaşılır ve ameliyatta sağlıklı dokuda oluşabilecek zarar en aza düşürülür. Eğer biopsi amaçlı bir cerrahi girişim yapılacaksa, navigasyon sistemi kitlenin tam içine girilmesi için gerekli hesaplamaları yapar ve kitleye en kısa ve en az hasarla ulaşılmasını sağlar. Bu teknoloji kullanılarak yapılan beyin ameliyatının hastadaki kazanımları; daha az hastanede kalma, daha az kan kullanılması, daha kısa ameliyat süresi, en önemlisi de daha erken gündelik hayata dönebilmesidir. Diğer önemli avantajlar ise, beyindeki tümöre ulaşırken beyin dokusuna zarar verme riskini minimize etmesi ve cerraha tümörün tamamının çıkarılıp çıkarılmayacağı konusunu anlamada yardımcı olmasıdır.

V. SONUÇ

Her insanın anatomik yapısı ve kafatasının antropolojik ölçümleri farklılık göstermektedir. Bu ölçümler beyin cerrahisi gibi hassas ameliyatlarda önem arz eder. Beyin cerrahisi ameliyatlarından önce kafatasının ve beyinin farklılıkları incelenir ve antropolojik ölçümler yapılır. Son yirmi yılda gelişen görüntüleme yöntemlerindeki gelişmeler kafatasının ve beyinin 3 boyutlu yapısının hassas ve pratik bir şekilde ölçülmesini sağladı. Ameliyat öncesi yapılan bu ölçümler cerrahin ameliyat esnasındaki kararlarını doğrudan etkilemektedir. Ayrıca son yıllarda ameliyat esnasında kullanılan nöronavigasyon sistemleri, antropolojik ve patolojik farklılıkların yarattığı sorunların çözümünde cerraha kolaylık sağlamaktadır. Nöronavigasyon sistemi ameliyat esnasında beyin ve kafatasının 3 boyutlu haritasını cerraha göstermektedir. Son yıllarda yaygınlaşan bu sistem sayesinde farklı şekil ve boyuttaki patolojilerin ve kafatasının antropolojik ölçümleri ameliyat esnasında yapılabilmektedir. Günümüzde bu inovatif gelişmeler ameliyatlarda cerrahin karar vermesinde ve insan sağlığının korunmasında çok önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] Tunçel N., Aydın S., Zeytinoğlu M., 2006 İnsan Anatomisi ve Fizyolojisi <https://books.google.com.tr/> Sami Aydın (Ed), Kafa Kemikleri (s.48) Eskişehir
- [2] Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M., Wesker, K. Prometheus 2006. Anatomi Atlası Mehmet Yıldırım, Tania Marur (Ed) Baş-Kafatası Kemikleri (s.3) İstanbul:Nobel
- [3] Arıncı K., Elhan A. (2006). Anatomi. 4. baskı, 2. cilt. Güneş Kitapevi: Ankara.
- [4] Ribas G.C., Yasuda A., Ribas E.C., Nishikuni K., Rodrigues A.J. Jr. (2006). Surgical anatomy of microneurosurgical sulcal key points. Neurosurgery. Oct;59(4 Suppl 2):ONS1 n-211
- [5] Greenberg M.S. Nöroşirürji El Kitabı 6. Baskı 2013 H. Hakan Oruçkaptan (Ed) Yüzey anatomisi s.69
- [6] D'Urso PS, Barker TM, Earwaker WJ, Bruce LJ, Atkinson RL, Lanigan MW, Arvier JF, Effney DJ. Stereolithographic biomodelling

- in cranio-maxillofacial surgery: a prospective trial. *Journal of CranioMaxillofacial Surgery*. 1999; 27: 30-37.
- [7] Brogden BG. *Forensic radiology*. Boca Raton: CRC Press; 1995.
- [8] *Jamie J. W. Beck, What is the future of imaging in forensic practice, Radiography 2011; 212-217.*
- [9] A. G. Filler. The history, development and impact of computed imaging in neurological diagnosis and neurosurgery: CT, MRI, and DTI *Nature Precedings*, 2009
- [10] Peddie J, The history of visual magic in computers, 2013: p.6
- [11] Rocha SD, Dalton DLP, Cavalcanti MGP. Applicability of 3D-CT facial reconstruction for forensic individual identification, *Pesqui Odontol Bras*. 2003; 17(1): 24-28.
- [12] Prince JL, Links JM, "Medical imaging signals and systems", Pearson Prentice Hall Bioengineering. New Jersey, USA:(2006):3-13.
- [13] Keller SS, Roberts N. Measurement of brain volume using MRI: software, techniques, choices and prerequisites. *J Anthropol Sci*. 2009; 127-151.
- [14] Watanabe E, Watanabe T, Manaka S: Three-dimensional digitizer (Neuronavigator): new equipment for CT-guided stereotactic surgery. *Surg Neurol* 27:543-547, 1987
- [15] Muacevic A, Uhi E, Steiger HJ, Reulen HJ: Accuracy and clinical applicability of a passive marker based frameless neuronavigation system. *J Clin Neurosci* 7(5): 414-418, 2000
- [16] Wirtz, C. Rainer, et al. "The benefit of neuronavigation for neurosurgery analyzed by its impact on glioblastoma surgery." *Neurological research* 22.4 (2000): 354-360.
- [17] Gumprecht, Hartmut K., Darius C. Widenka, and Christiano B. Lumenta. "BrainLab VectorVision Neuronavigation System: technology and clinical experiences in 131 cases." *Neurosurgery* 44.1 (1999): 97-104.