

Omurganın Sagittal Plan Analizinde Üç Boyutlu (3-D) Değerlendirme: EOS Sistemi

Three Dimensional (3D) Evaluation on Spine Sagittal Plan Analysis: EOS System

Birnur YILMAZ^a

^aRadyoloji AD,
Okan Üniversitesi Tıp Fakültesi,
İstanbul

Geliş Tarihi/Received: 20.05.2017
Kabul Tarihi/Accepted: 28.07.2017

Yazışma Adresi/Correspondence:
Birnur YILMAZ
Okan Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Radyoloji AD,
İstanbul, TÜRKİYE
birmurtavasli@yahoo.com

ÖZET 1992 yılında Georges Charpak, orantısız multikablo odacık sistemi ve gazlı dedektörü bulmuştur. Bu yeni teknoloji ile, daha geniş dinamik aralıkta daha yüksek kalitede görüntüler elde edilmekte olup, geleneksel x-ray görüntüleri, sadece birkaç yüz gri tonlamaya sahipken, bu yöntem sayesinde 30 ile 50.000 gri tonlamalı görüntüler elde edilebilmektedir. Elde edilen görüntüler daha yüksek kontrast ve keskinliğe sahiptir. Dijital görüntü işleme sayesinde, Bilgisayarlı Tomografiye (BT) benzer şekilde, farklı pencerelerde görüntüleri değerlendirme olanağı sağlanmıştır. Çeşitli organların tüm vücut EOS 3D yüzey konstrüksiyonu ile aldığı doz, BT 3D konstrüksiyon için aldığı dozdan 800-1000 kat daha azdır. Postür bozukluklarının değerlendirilmesinde; fonksiyonel olarak bir bütün olan vertebral kolon, pelvis ve femurun birbiri ile olan ilişkisi, ayakta ve oturur pozisyonda EOS ile kesintisiz şekilde değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: EOS; skolyoz; postür bozuklukları; radyasyon dozu

ABSTRACT In 1992, Georges Charpak found a proportional multichamber chamber system and gas detector. With this new technology, higher quality images are obtained in a wider dynamic range, and traditional x-ray images have only a few hundred gray tones, which can result in 30 to 50,000 grayscale images. The resulting images have higher contrast and sharpness. The challenges in digital image processing, the Computerized Tomography (CT) provides an ability to evaluate images in different windows in a similar manner. The dose the various organs take with their entire body EOS 3D surface construction is 800-1000 times less than the dose they receive for the CT 3D construction. In the evaluation of postural disorders; The relationships between the vertebral column, the pelvis, and the femur, which are functionally integral, can be assessed in an uninterrupted fashion with the EOS in the standing and sitting position.

Keywords: EOS; scoliosis; postural disorders; radiation dose

1992 yılında Georges Charpak, orantısız multikablo odacık sistemi ve gazlı dedektörü bularak, x-ray dedektör partikül saptama alanındaki bu buluşu sebebiyle, Nobel Fizik ödülünü almıştır. Çoğunlukla kullanılan modern partikül saptama methodu elementer partiküllerdeki çarpışma sonrası, atomlardan saçılan elektron sayısını ölçme şeklindedir (iyonizasyon ölçümü). Eğer iyonizasyon özel bir gazlı karışım içerisinde gerçekleşirse, x-ray fotonları, gaz atomlarından elektronlar şeklinde ayrılır. Bu elektronların sayısı, fotonların kinetik enerjisi ile orantılıdır. Serbestleşen elektronlar, elektronik bir alanda hızlandırılarak, başka gaz atomlarına çarptırılır ve böylece saptanabilen ek elektronların ayrışması sağlanır. Bu da saptanabilir elektron sayısını artırır. Bu çığ etkisi ile oluşan elektron demeti, çok sayıda ince birbiri ardına geçirilmiş kablo sisteminde elektrik akımına sebep olur. Bu komplike grid sistemi, elek-

tronların toplanması için gerekli olan uniform elektrik alanını sağlayan tipik orantısal kablo odacığı, sadece partiküllerin sayılmasında değil, partiküllerin hangi yönünde dönüş yaptığında gösterme kapasitesine sahip olur. Bu yeni x-ray saptama methodu, tek foton seviyesi kadar, yüksek sensitivitesine rağmen, saçılan radyasyondan etkilenmez. Bu özellik; düşük x-ray ekspozurunu belirgin azaltırken, elde edilen x-ray görüntülerinin yüksek kalitede olmasını sağlayan, yeni bir radyodiagnostik cihazının geliştirilmesine fırsat tanımıştır.¹⁻³

EOS TEKNOLOJİSİ

Bu yeni teknoloji, daha geniş dinamik aralıkta daha yüksek kalitede görüntü elde edilmesine imkan tanımıştır. Geleneksel x-ray görüntüleri, sadece birkaç yüz gri tonlamaya sahipken, bu yöntem sayesinde 30 ile 50.000 gri tonlamalı görüntüler elde edilebilmektedir. Elde edilen görüntüler daha yüksek kontrast ve keskinliğe sahiptir. Bu teknik ile görüntü piksel çözünürlüğü 254 mikrometreye çıkartılmıştır.

Dijital görüntü işleme sayesinde, Bilgisayarlı Tomografiye (BT) benzer şekilde, farklı pencerelerde görüntüleri değerlendirme olanağı sağlanmıştır. Bu yeni teknolojiyi sağlayan cihaz, iki çift birbiri ile bağlantılı 45 cm. genişliğinde frontal ve lateral pozisyonlarda birbirine dik olacak şekilde konumlandırılmış, lineer radyasyon kaynağı ve dedektör sistemini içermektedir. EOS 2D /3D adı verilen bu x-ray görüntüleme cihazı ile, iki çift x-ray tüpü ve dedektörünün senkronize vertikal hareketi sırasında, biplanar ve devamlı görüntüler elde edilir. Bu vertikal hareket sırasında 170 cm uzunluğunda ve 45 cm genişliğindeki bir alanda 10 ile 25 sn içerisinde yüksek kaliteli ve yüksek kontrastlı anteroposterior (AP) ve lateral x-ray görüntüler elde edilir. Makinadaki bu birbirine dik pozisyonlu iki çift radyasyon kaynağı ve dedektör sistemi, görüntülerin spasiyal olarak kalibrasyonlu şekilde elde edilebilmesine; özellikle vertebra, pelvis ve diğer iskelet sistemi bölgelerinde 3 boyutlu rekonstrüksiyona olanak sağlar. Bu rekonstrüksiyon prosedürü, normal insan iskeletinin sanal ve jenerik rekonstrüksiyonuna dayanır. Sanal 3 boyutlu iskeletteki kemiklerin 3 boyutlu şekilleri, kemik yüzeydeki belli noktalarda, 3 boyutlu koordinatlamaya göre belirlenir. Şeklin kompleksliğine göre ilgilenilen kemiklerin 3 boyutlu izdüşümünün oluşturulması için gereken nokta sayısı 400 ile 9.000 arasında değişir. Kemğin kesin şeklinin belirlenmesi için minimal gereksinim olan referans noktalarının sayısı homotetik transformasyon, paralel benzerlik kuralı ve kompleks istatistiksel yöntemlerle

belirgin azaltılabilir. Bu referans noktaları ile 3 boyutlu BT modelleri ve istatistiksel sınırlamayla, element modellerinden teorik 3 boyutlu modeller yaratılır.

Referans noktaları, 1628 farklı veritabanı ölçümü ve 96 farklı omurganın 3 boyutlu incelenmesiyle oluşturulan omurga modeli, en kompleks modellerden biridir. AP ve lateral x-ray görüntülerinin eş zamanlı kayda alınmasıyla elde olunan görsel bilgi, referans noktalarının belirlenmesine olanak tanır (örneğin femur başının geometrik merkezi). Bazı referans noktaları hem AP, hem lateral x-ray görüntülerde izlenebilir ve spesifik anatomik referanslarla eşleştirilir. Diğer referans noktaları ise tek anatomik referans ile eşleştirilir. Bu durumda sadece bir görüntüleme planında görünen, diğerinde görünmez. Bu nedenle kesin lokalizasyon, objenin spasiyal oryantasyonuna bağlı kalır. Referans noktalarının yanı sıra kemik kontür, jenerik 3D model ile görüntülenebilir ve sanal modelin her iki x-ray görüntülemeye izdüşümü yapılabilir. Radyolojik kontür ve sanal kemik kontürünün birbiri ile 3D'de örtüşmesi gerekli değildir. Sanal model kendi referans noktaları ve kontürlerini; non-lineer deformasyonlar, translasyonlar ve rotasyonlarla, radyolojik veya sanal kemik kontürleri örtüşene kadar ve sanal kemik modellenen kemiğe en uygun hale gelene dek modifiye edilir.^{4,5}

EOS'UN KAS İSKELET SİSTEMİ GÖRÜNTÜLEMESİNDE KULLANIMI

EOS'un sağladığı 3D rekonstrüksiyonun çeşitli kemiklerde kullanımı (vertebra, femur, tibia) öncelikle kurutulmuş anatomik preparatlar ile in vitro, daha sonrada in vivo geçerlilik kazanmıştır.

Ekstremitelerde 1 mm, omurgada 2 mm'lik kesit kalınlığı ile BT imajlarda 3D volümetrik rekonstrüksiyonlar oluşturulmuştur. Ardından 3D yüzey rekonstrüksiyon ile aynı hastalar ve aynı anatomik modeller EOS ile görüntülenerek, iki methodun sonuçları karşılaştırılmıştır. Vakaların %95'inde ortalama fark 2,4 mm, maksimum deviasyon 0,9 mm çıkmıştır. İn vivo ölçümlerde major skolyotik kıvrımlar ve gonartrozdaki tutarsızlık, 1,5 mm'nin altında çıkmıştır.

Sonuçlar; kurutulmuş anatomik örneklerin 3D BT rekonstrüksiyonlarından direkt ölçümlerle, karşılaştırılabilir düzeyde bulunmuştur. EOS 3D ve BT 3D rekonstrüksiyon görüntülerinin karşılaştırıldığı çalışmalar, bulguların ve ölçümlerin eşit doğrulukta olduğunu ve EOS'un bunu düşük radyasyon dozuylla yaptığını göstermiştir.

Çeşitli organların tüm vücut EOS 3D yüzey konstrüksiyonu ile aldığı doz, BT 3D konstrüksiyon için aldığı dozdan 800-1000 kat daha azdır. İyonizan radyasyonun iyi bilinen biyolojik zararlı etkileri göz önüne alındığında EOS kullanımının, özellikle pediatrik ortopedik pratikte kullanım avantajı açıktır.⁶

EOS'un günlük rutin çalışma sırasında en önemli avantajı ise 10-25 sn süren tek bir incelemede, ek işleme gerekmeden, tüm vücudu yüksek diyagnostik kalitede x-ray görüntüleyebilmesidir. Konvansiyonel x-ray radyografi ile, aynı sonuçları elde edebilmek için multipl ekspozur ve görüntü işlenmesi gerekmektedir. Bu uzun inceleme vakti, iş gücü kaybı ve inceleme başına daha yüksek radyasyon dozu ile sonuçlanmaktadır. Belirgin yüksek dedektör sensitivitesi ve diffüz saçılan radyasyondan etkilenmemesi sebebi ile, incelenen vücut bölgesinden bağımsız olarak, görüntü kalitesi dramatik olarak artmıştır.

Bir diğer avantajı ise elde edilen imajların, objeleri birebir gerçek boyutu ile göstermesidir. Böylece konvansiyonel röntgende istenmeyen magnifikasyon ve distorsiyonlar; çift kolimasyonlu x ışını demetinin çizgisel dedeksiyonu ve post-procesingi ile elimine edilmiş olur. İsteğe bağlı gri skala tonlama değişiklikleri ile, görüntülerin optimizasyonu ve işlenmesi, tekrar çekim yapılma-dan sağlanır.

EOS'UN ORTOPEDİK CERRAHİDE KULLANIMI

Sistem DICOM uyumludur, elde edilen görüntüler standart radyoloji sistemlerinde kayıt altına alınır ve ileride dijital iş istasyonunda 3D rekonstrüksiyon için kullanılabilir. Ayrıca iskelet sisteminin ayakta pozisyonunda, vizuel ve kantitatif parametrik analizi ile, yüzeyel 3D rekonstrüksiyon yapılabilmektedir. EOS ile spinal geometrinin çeşitli planlarda 3D rekonstrüksiyonu, horizontal planda tepeden görüntülenebilmesi, ortopedik cerrahide, özellikle omurga cerrahisinde devrim yaratmıştır.

EOS günümüzde eklemlerin komşu diğer eklemlerle veya tüm iskelet ile ilişkisini 3D olarak görüntüleyip, analiz edebilen tek radyodiagnostik cihazdır. Bir kapalı kinetik zincirdeki tüm elemanların eş zamanlı incelenmesi mümkündür. Fizyolojik yük altında bir eklemdaki yapıların, ayrı ayrı pozisyonu ve oryantasyonunda analiz edilebilir. EOS 3D; tüm iskeletin veya bir parçasının, horizontal planda tepeden görüntü verme seçeneği ile özgün bir opsiyon sunmaktadır. Ancak bu şekilde iskelet sistemindeki sorun kesin olarak ortaya konabilmektedir.

EOS'taki 2 boyutlu ve 3 boyutlu imajlar birebir boyutta ve volümde rekonstrükte edildiği için, ekstremitelerin uzunluğu ve açıları, spinal vertebral kolonun rotasyonu ve torsiyonu, kifoz ve lordoz gibi omurga deformitelerindeki fizyolojik spinal kıvrılmalar ve bununla ilişkili tüm ortopedik klinik parametreler otomatik olarak hesaplanmış ve kaydedilmiş olur. Tüm iskelet sisteminin horizontal plandaki rotasyonel özellikleri tepeden görüntülenerek, değerlendirilmiş olur.

Tüm vücudun iki boyutlu radyografileri, hastanın ayakta postüründe, çok düşük dozlarla alınabilmektedir. EOS, iskelet sistemi hastalıklarının 3 boyutlu karakteristiklerine tekrar fokuslanılmasına dikkat çekmiş olup, özellikle horizontal plan görüntülemesindeki patolojik değişikliklerin değerlendirmesine olanak sağlamıştır.⁷⁻¹¹

EOS'UN SPİNOPELVİK PARAMETRELERİNİN VE OMURGANIN SAGİTTAL DENGESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE YERİ VE ÖNEMİ

Anormal pelvik pozisyonlara bağlı uzunluk farklılıkları ve benzer şekilde omuz pozisyonel ve rotasyonel asimetriteleride, sebep olan ve altta yatan durumlarla birlikte saptanabilir. Vücut postüründeki yaşam boyu 3 boyutlu denge değişiklikleri, örneğin yaşlılarda ölçülebilir ve monitorize edilebilir. Ayrıca ortopedik cerrahi sonrası ve konservatif tedavi sonrası sonuçların takibi ve 3 boyutlu görüntülenmeside yapılabilir. EOS sistemi erişkinlerde ve çocuklarda, tüm iskelet sistemini veya bir parçasını etkileyen hastalıkların 3 boyutlu değerlendirilmesiyle yeni bir çağ açmıştır.

Postür bozukluklarının değerlendirilmesinde; fonksiyonel olarak bir bütün olan vertebral kolon, pelvis ve femurun birbiri ile olan ilişkisi, ayakta ve oturur pozisyonda EOS ile kesintisiz şekilde değerlendirilebilir. EOS, lumbo-pelvik kemik markerlarla yapılan postural varyasyonların değerlendirilmesinde, konvansiyonel radyografiden ve altın standart kabul edilen BT'den, elde edilen parametreleri daha hassas ölçerek, hastalıkların daha iyi anlaşılmasına ve tedavi planının hasta bazlı olarak daha iyi yapılmasına olanak sağlar.

Sagittal planda, ayakta ve oturur pozisyonda anterior pelvik plan açısı, pelvik kayma açısı ve sakral eğim açısı ölçülerek, pelvisin fonksiyonel oryantasyonu görüntülenmektedir. Örneğin, oturur ve ayakta pozisyonda sakral eğim açısının değerlendirilmesi, kalça protezi ameliyatlarında yol gösterici olmaktadır. Ayrıca olgulardaki morfolojik farklılıklar bazı hastalıkların daha

sık gelişimine sebep olmaktadır. EOS görüntüleme; hastalığın prognozunda öngörü sunmakta, tanı ve tedavi yaklaşımına yön vermektedir.¹²

SONUÇ

EOS görüntüleme ile; omurga biyomekaniği hakkında daha doğru bilgiler elde edilmektedir. Anatomik yapıları 3 boyutlu olarak görme olanağımız bulunmaktadır.

EOS otururken, ayakta veya öne eğilirken çekilebilmektedir. Bu fonksiyonel yaklaşım, instabil vertebraları görüntülemek açısından daha doğru bilgi vermektedir. Aynı anda tüm vertebral kolon görüntülenerek, sagittal denge bozukluğu yapan patolojiler daha iyi değerlendirilmektedir. EOS teknolojisi, özellikle çocuk yaş grubunda; doğumsal ve herediter hastalıkların gözden kaçırılmamasında ve çok daha iyi değerlendirilmesinde, bizlere fırsat sunmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Charpak G. La detection des particules. Recherche 1981;128:1384-96.
2. Charpak G. Electronic imaging of ionizing radiation with limited avalanches in gases. Rev Mod Phys 1993;6:591-8.
3. Després P, Beaudoin G, Gravel P. Evaluation of a fullscale gas microstrip detector for low-dose X-ray imaging. Nucl Instr Meth Phys Res A 2005;536:52-60.
4. Dubousset J, Charpak G, Dorion I. Le system EOS nouvelle imagerie osteo-articulaire basse dose en position debout. E-mémoire de l'Académie National de Chirurgie 2005;4:22-7.
5. Dubousset J, Charpak G, Dorion I. A new 2D and 3D imaging approach to musculoskeletal physiology and pathology with low-dose radiation and the standing position: the EOS system. Bull Acad Natl Med 2005;189:287-97.
6. Illes T, Somoskeőy S. The EOS™ imaging system and its uses in daily orthopaedic practice. Int Orthop 2012;36:1325-31.
7. Le Bras A, Laporte S, Mitton D. 3D detailed reconstruction of vertebrae with low dose digital stereoradiography. Stud Health Technol Inform 2002;91:286-90.
8. Le Bras A, Laporte S, Mitton D. A biplanar reconstruction method based on 2D and 3D contours: application to the distal femur. Comput Methods Biomech Biomed Engin 2003;6:1-6.
9. Mitton D, Landry C, Véron S. A 3D reconstruction method from biplanar radiography using non-stereo corresponding points and elastic deformable meshes. Med Biol Eng Comput 2000;38:133-9.
10. Mitulescu A, Semaan I, De Guise JA. Validation of the non-stereo corresponding points stereoradiographic 3D reconstruction technique. Med Biol Eng Comput 2001;39:152-8.
11. Than P, Szuper K, Somoskeőy S. Geometrical values of the normal and arthritic hip and knee detected with the EOS imaging system. Int Orthop 2011;1403-7.
12. Lazenec JY, Brusson A, Rousseau MA. Hip-spine relations and sagittal balance clinical consequences. Eur Spine J 2011;20 Suppl 5:686-98.