

ANTROPOLOJİK ÇALIŞMALARDA MANDİBULA MATERYALİNİN 3D OPTİK TARAMA YÖNTEMİ İLE İKİ BOYUTLU FOTOĞRAFLAMA TEKNİĞİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Comparison of Mandibula Material with 3D Optical Scanning Method in Two-Dimensional Photographing Technique in Anthropological Studies

Seda KARAÖZ ARIHAN*

ÖZET

Amaç: İskelet kalıntıları antropolojik çalışmalar için önemli bir araştırma materyalidir. Gelişen teknolojik imkanlar iskelet materyalinin sadece makroskopik incelemesinin ötesinde 3 boyutlu taramalar ile materyalin 3D incelenmesini mümkün kılmaktadır. Tarama sonrasında çok çeşitli açılardan kaydedilen görüntü bilgisayar ortamında görüntü işleme programlarıyla yeniden oluşturulmaktadır. Bu çalışmanın amacı bir iskelet örneğinin taranması ve makroskopik incelemeyle karşılaştırılmasıdır.

Gereç ve Yöntem: Mevcut çalışmada Beybağ Bizans (Muğla) toplumuna ait bir erkek bireyin alt çene kemiği 3 boyutlu olarak Artec SPACE SPİDER cihazı ile spektrumdaki görünür ışık tayfında taranmıştır. 0,05 milimetre çözünürlükte tarama yapılmıştır. Bu görüntüler taranan malzemeyi döndürülebilir şekilde her açıdan inceleme imkanı veren 3D olarak kayda alınmış hem de istenilen alanlardan 2 boyutlu görseller sağlanmıştır. Bununla birlikte çene kemiğinin 2 boyutlu görüntüleme ile toplam 8 farklı açıdan fotoğraflanmıştır.

Bulgular: Taranmış görüntüler bilgisayar ortamında Artec Studio 12 programı ile birleştirilerek dijital görüntüler oluşturulmuştur. Bunun sonrasında görüntü işleme ile kemiğin doğal rengi verilmiş ve karşılaştırma materyali olacak son görüntüler elde edilmiştir. Çalışmada son olarak taranan verilerin 3D baskısı da alınarak çene kemiğinin kopyası çıkarılmıştır. Paleopatolojik incelemede gözlenen diş kayıpları, aşınmalar ve kültürel olduğu düşünülen bir aşınma ve diş taşı gibi patolojik durumlar 3D taramada başarılı şekilde gösterilebilmiştir.

Sonuç: Mevcut çalışma 3D görüntüleme tekniklerinin paleopatolojik çalışmalarda kullanılmasına dair bir örnek teşkil etmektedir. 3D tarama teknikleri ile dijital hale getirilen araştırma materyalleri sanal müze ve sanal patoloji arşivleri oluşturulmasında kullanılabilir. İlgili materyallerin tarama görüntülerinden elde edilecek 3D baskı ile ana malzemenin yıpranmadan eğitim materyali olarak kopyalanması ve kullanılması antropolojinin yanı sıra tıp ve veterinerlik gibi alanlarda da kullanıma açılabilir.

Anahtar kelimeler: Antropoloji, iskelet, 3D, patoloji, tarama

* Dr. Öğretim Üyesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Antropoloji Bölümü Fiziki Antropoloji Anabilim Dalı

ABSTRACT

Objective: Skeletal remains are an important research material for anthropological studies. The developing technology enables 3D analysis of the material with 3D scans beyond macroscopic examination of the skeletal material. The image recorded from various angles after scanning is reconstructed with image processing programs in computer. The aim of this study is to scan a skeleton sample and compare it with macroscopic examination.

Materials and Method: In the current study, the lower jaw bone of a male individual belonging to the Beybağ Byzantine (Muğla) community was scanned in 3-dimensional with the Artec SPACE SPIDER device in visible light spectrum. It was scanned at a resolution of 0.05 millimeters. These images were recorded in 3D, which allows the material to be scanned from any angle while rotated, and 2-dimensional images were provided from the desired areas. In addition, the jaw bone was photographed in 8 different angles with 2-dimensional imaging.

Results: Scanned images were combined with Artec Studio 12 program in computer and digital images were formed. Afterwards, with the image processing, the natural color of the bone was given and the final images were obtained as the comparison material. In the study, scanned data was also printed in 3 D and a copy of the jaw bone was made. Tooth loss, abrasions and pathological conditions such as abrasion, which were thought to be cultural, and dental stone were successfully demonstrated in 3D scanning.

Conclusion: The present study is an example of using 3D imaging techniques in paleopathological studies. Research materials digitized with 3D scanning techniques can be used to create virtual museums and virtual pathology archives. With the 3D printing from the scan images of materials, copying and use it as a training material without wearing out, they can be opened for use in fields such as medicine and veterinary medicine as well as anthropology.

Keywords: Anthropology, pathology, scan, skeleton, 3D

GİRİŞ

Kazılarda elde edilen iskeletler, geçmiş toplumların sağlık durumlarının, demografik yapılarının, beslenme biçimlerinin, iş kolları nedeniyle maruz kaldıkları fiziksel streslerin ya da bazı hastalıklarının aydınlatılmasında temel materyal niteliğindedir. Bu alanda araştırmacıların kullanabilecekleri çok sayıda temel eser mevcuttur. Paleoantropolojik çalışmalarda eser element analizi, histopatolojik incelemeler ve antik DNA analizi gibi güncel metotlar pek çok alanda bilgi sağlamakla birlikte iskelet materyalinin makroskopik incelemesi pek çok zaman başvuru ana veri kaynağıdır. Cinsiyet, yaş gibi en temel bilgiler için bu tür bir inceleme önem arz etmektedir. Doğumsal anomaliler, enfeksiyon hastalıkları nedeniyle oluşan patolojiler, eklem hastalıkları, metabo-

lik hastalıklar travmalar gibi birçok patoloji kemiklerin incelenmesi ile ortaya konulabilen pek çok patolojik duruma sadece birkaç örnektir. Dişlerin incelenmesi ile de hipoplazi, çürük, alveol kaybı, diş taşı oluşumları, kültürel diş aşınmaları gibi pek çok durum hakkında bilgi edinilebilmektedir (1).

İskelet materyali ile ilgili veriler doğrudan gözlemlenilebilir yapılabildiği gibi kemiğin iç yapısının görüntülenmesine ihtiyaç duyulan durumlarda X-ışını kullanan görüntüleme teknikleri ile elde edilen görseller üzerinden de irdelenebilmektedir. X-ışını, bilgisayarlı tomografi (BT) gibi teknikleri kullanan cihazların ışınların dokuya penetrasyon gücünün yüksek olması nedeniyle iç yapıyı ortaya koymakta tercih edilmektedir. Eski Mısır mumyaları üzerinde ve buz adam Ötzi üzerinde bu

tip görüntüleme tekniklerinin kullanılması literatürde yer almaktadır. İskelet materyalinin yüzeyinin incelenmesi istendiğinde elektromanyetik spektrumun görünen ışık tayfında yer alan ışığın ya da belirli bir dalga boyundaki ışın amplifikasyonu prensibine dayanan Lazer ışınlarının kullanılması söz konusu olabilmektedir çünkü kemiğin trabeküler içyapısını gösterme imkanı vermeyen bu teknik kemiğin dış yüzeyinin gösterimi için uygundur (2). Seçilmiş bazı eklem yüzeylerinin lazer taramasıyla ve sonrasında yapılan geometrik morfometrik analizi bu tekniğin kullanılmasına örnektir. Bu çalışmada insan, şempaze, goril örneklerinde paleontolojik ya da arkeolojik alanlardan elde edilen diğer kemiklerin incelenmesinde oldukça verimli sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır (3). Slizewski ve arkadaşları tarafından yapılan yüzey tarama sistemlerinde farklı lazer tarama sistemleri karşılaştırılmış, bu amaçla diş ve kemik örneklerinin 3 boyutlu modelleri çıkartılmıştır ve önerilerde bulunulmuştur (4). Yapılan bir diğer çalışmada antropolojik örneklerin yanı sıra buluntuların elde edildiği arkeolojik alanlardan gelen örneklerin farklı yüzey parlaklığı ya da farklı yüzey dokusuna sahip olmalarına rağmen 3 boyutlu yüzey tarayıcıları tarafından taranabilir olduğu gösterilmiştir (5). Lazer ve görünür ışık optik tarayıcıları, ışık kaynağı hariç benzer prensipleri kullanmaktadırlar. Kullanılan ışının cismin üzerine düşürülmesi ve akabinde toplanan veriler bu amaçla geliştirilmiş yazılımlar aracılığıyla birleştirilmekte ve objenin dijital bir görüntüsü bilgisayar ortamında uygun algoritmaların kullanıldığı bu yazılımlarla yeniden oluşturulmaktadır. Görüntülerin elde edilmesinde ve işlenmesinde farklı landmark noktaları arasındaki mesafelerin ölçülmesi, yüzeyin morfolojisinden örneklemelerin alınması, piksellerin parlaklık ve renk gibi pa-

rametrelerinin değerlendirilmesi ve dijital kaliperlerin kullanılması elde edilecek modelleme sonucu açısından önem arz etmektedir (6). Bir cismin dışarıdan optik yöntem taraması ile elde edilen 3D verisi sadece gerçek yüzeyin bir benzetmesi değil cisimlerin kendilerinin ve yüzeylerinin 3 boyutlu bir dijital arşivini de sağlar. Böyle bir veri artık cismin yeni ölçümlerinin alınmasına ihtiyaç kalmadan kullanma imkânı verir (2). 3D modelleme tekniklerinin adli antropolojide de kullanılabilmesi ve yaş, cinsiyet, etnik köken ve travma bilgilerinin yanı sıra sanal antropoloji gibi bir imkanı da sunabileceği yayınlarda belirtilmiştir (7). Adli antropolojide kullanım ile ilgili olarak bir başka araştırma çalışmasında Carew vd (8) 3 örnek iskelet parçasını (cranium, klavikula ve metatarsal kemik) 3D olarak taramış, elde ettikleri 3D print örneklerinin mahkemelerde görsel kanıt olarak kullanılabilmesini tartışmaya açmışlardır.

Antropolojik materyallerin dijitalleştirilmesinde 3D ve BT arasındaki performans açısından farkları inceleyen bir çalışmada her iki teknik arasındaki çözünürlük bakımından sapsmanın yaklaşık 0,27 mm olduğu ve elde edilen modellerin %90'dan daha fazla benzerlik taşıdığı ortaya konulmuştur. Bu durum her iki tekniğin de yüzey tarama açısından birbirine yakın olarak kullanılabilmesini göstermektedir (9). Ancak ışık içeren 3D yüzey tarayıcılarının çevredeki insanlara hasar vermeme özelliği (X-ışını içermedikleri için), yüksek hareket kabiliyeti ile objenin dijitalleştirilmesindeki kolaylığı, ücret olarak çok yüksek maliyetli olmaması ve yüksek çözünürlük sağlaması, bu tarama teknolojilerinin avantajlı yönleri olarak ortaya çıkmaktadır (10).

Kullanılan tarayıcının çözünürlüğü ve saniye başına taranan görüntü karesi (fps-frame per second) gibi pa-

rametreler elde edilen imajın çözünürlüğünü ve tarama sırasında geçen zamanı büyük ölçüde etkilemektedir. İskelet üzerinde görülen osteofitik oluşumlar, cribra orbitalia, periostitis gibi yaygın görülebilen patolojik oluşumlar, diş üzerindeki hipoplazi ya da diş taşı gibi oluşumlar olukça küçük ebatlarda olabileceği için çözünürlüğü yeterince olmayan taramalarda bu tür yapılar algoritmanın genelleyici bir şekilde noktaları birleştirmesi nedeniyle oluşan son imaja doğru şekilde yansımayaabilmektedir. Bu durum incelenen materyaldeki patolojik durumları ortaya koyabilecek değerli verilerin kaybı ile sonuçlanabilmektedir. Taramaların sonucuna bilgisayar modellerinin doğurabileceği bu tür sorunlar pek çok makalede tartışılmıştır (11, 12). Ancak gelişen teknolojik imkanlar 0,04-0,05 mm (40-50 mikron) düzeyine çözünürlük sağlayan tarayıcıları araştırmacıların kullanımına sunmuştur. Buna ek olarak, daha büyük veri setlerini işleyebilecek işlem gücüne sahip bilgisayarlar ve programlar antropolojik çalışmalarda yeni bir alanı kullanıma açmaktadır. 3D taramanın güncel gelişimi, ortaya çıkan sorunlar, çözüm önerileri ve gelecek ile ilgili öngörüler ile ilgili yayınlar bu konudaki araştırmacılar için değerli güncel verileri sunmaktadır (13).

Yapılan bu çalışmanın amacı da Beybağ (Muğla) Bizans toplumuna ait bir bireyin alt çenesinin 3D tarama yöntemi ile dijitalleştirilmesi, bu görüntülerin konvansiyonel görüntüleme tekniği ile fotoğraflanması ve tarama verileri kullanılarak elde edilen 3D baskının karşılaştırılması ve bu örnek bağlamında dijital arşiv çalışmalarında örnek olması hedeflenmiştir.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Beybağ Mevkii Kazıları (Muğla) 2007-2008 kazı sezonu içerisinde Konya

Selçuk Üniversitesi Arkeoloji Bölümü Öğretim Görevlisi Prof. Dr. Ahmet Tırpan başkanlığında yapılmıştır (14). Kazı çalışmaları sonucunda Beybağ'ın M.S.10-13 yılları arasında yerleşim gördüğü ve yerleşimin küçük bir kırsal yerleşim alanı olduğu ortaya çıkarılmıştır. 2008 yılı çalışmalar sırasında açılan mezarlardan biri olan O8 BBM 24 nolu mezar Bizans Dönemine tarihlendirilmiştir. Söz konusu mezar plaka tekne mezar tipinde yapılmıştır. Mezar içerisinde bir adet gömü yapılmış, gömü doğu-batı doğrultusunda sırt üstü yatırılmış ve kollar karın üzerinde birleştirilmiştir.

Antropolojik yaş (diş aşınması dereceleri, claviculanın kesitinin değerlendirilmesi, sutural yaşlandırma, aearicular yüzey ve symphysis pubis yüzeylerinin değerlendirilmesi vb.) ve cinsiyet (pelvis ve kafatası morfolojileri epifizlerin kaynaşma dereceleri vb.) belirleme kriterlerine göre yapılan değerlendirmede bireyin erkek ve 33-45 yaş aralığında olduğu belirlenmiştir (15).

Örnek olarak seçilen alt çene (mandibula) gerekli temizleme işlemleri yapıldıktan sonra 3D tarama için hazır hale getirilmiştir. 3D tarama yöntemi olarak Artec SPACE SPİDER cihazı ile optik tarama gerçekleştirilmiştir. 0,05 mm (50 mikron) çözünürlükte tarama yapılmıştır. Anılan cihaz 7.5 fps hızında tarama gerçekleştirdiği için tarama sürecinde geçen zaman yaklaşık 30 dakika içinde tamamlanmıştır. Söz konusu sistem saniyede bir milyon noktaya kadar işlem hızında, 1.3 Mpx renkli doku çözünürlüğü elde etmeyi mümkün kılmaktadır. Çene kemiğinin toplam 8 farklı açıdan 3D taraması ile geometrik data ve texture datası elde edilmiştir. Bu modül ile çene kemiği farklı açılardan taranmış ve görüntüler bilgisayar ortamında Artec Studio 14 programı ile birleştirilerek dijital görüntüler oluş-

turulmuştur. Bunun sonrasında görüntü işleme ile kemiğin doğal rengi verilmiş ve karşılaştırma materyali olacak son görüntüler elde edilmiştir. Yöntem için kullanılmış olan tarayıcı modül resim 1'de verilmiştir. 3D tarama ile karşılaştırma için çene kemiğinin fotoğraflanması Nikon D90 ile gerçekleştirilmiştir.



Resim 1. 3D optik tarama için kullanılan el modülü Artec SPACE SPİDER

Taranan cismin 3D baskısı için bireysel yapım baskı cihazı kullanılmıştır. 3D baskı, PLA hammadde ile 0,01 mm kalınlıkta olacak şekilde incelenen çene örneğinin aslına uygun boyutta (1:1) imal edilmiştir.

3. BULGULAR



Tarama 4



Fotoğraf 4

Dişleri açısından değerlendirme yapıldığında mandibulada sol molar 3'ün antemortem olarak kaybedildiği tespit edilmiştir. Sağ ve sol caninlerin açısız şekilde aşınmaları, sağ premolar 1 ve 2 dişlerinin köke kadar aşınması, sol premolar 1 ve 2'nin de orta dereceli aşınmaları, mandibuladaki canin ve premolarların kültürel bir aşınmaya maruz kaldığını düşündürmüştür. Neredeyse tüm mandibulada alveol kaybı orta düzeyde görülmüştür. Diş taşı açısından değerlendirdiğimizde ise mandibuladaki kesicilerin buccal yönünde az/orta düzeyde, mandibulada sağ molar 2 üzerinde orta düzeyde diş taşı tespit edilmiştir. Yoğun aşınmaya rağmen çürük izi gösteren bir belirtece rastlanılmamıştır.

Antropolojik verilerin alınmasından sonra alt çene kemiğine ait örneğin fotoğraf ve 3D tarama yöntemi ile görüntüleri elde edilmiştir. Benzer büyüme içeren görüntüler aşağıdaki şekillerde (tarama ve fotoğraf olarak) yan yana verilmiştir. Bulgular Tarama 1-8 ve Fotoğraf 1-8 arasında belgelenmiştir.

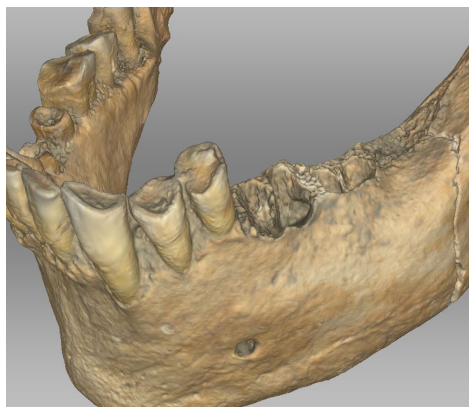
Çene kemiğinin 3 D baskı ile elde edilmiş örneği ve çene kemiğinin kendisinin karşılaştırmaları Fotoğraf 9-11 arasında verilmiştir. Bu fotoğraflardaki 3D baskı materyali daha açık renkte olmaktadır.



Tarama 2



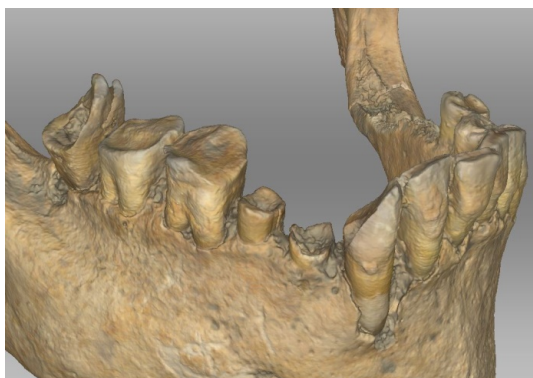
Fotoğraf 2



Tarama 3



Fotoğraf 3



Tarama 4



Fotoğraf 4



Tarama 5



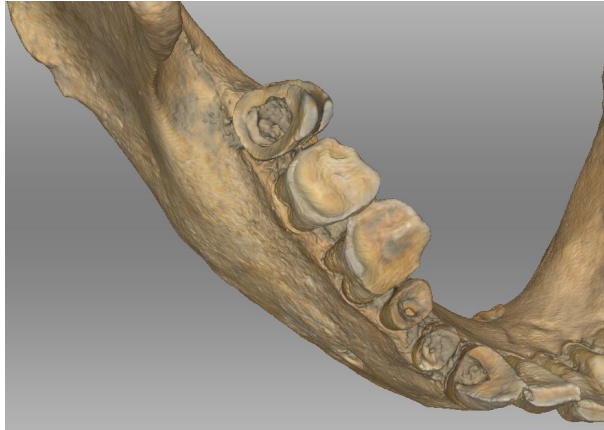
Fotoğraf 5



Tarama 6



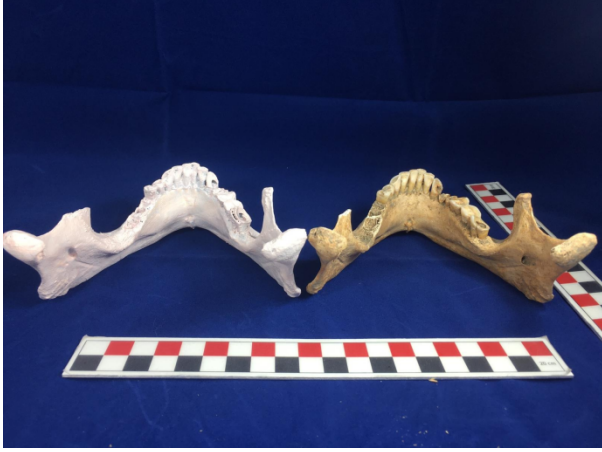
Fotoğraf 6



Tarama 7



Fotoğraf 7

**Tarama 8****Fotoğraf 8****Fotoğraf 9****Fotoğraf 10****Tarama 11**

4. TARTIŞMA

Geçmiş toplumların iskelet materyallerinde enfeksiyon, travma ya da metabolik hastalıklar gibi patolojik bulgularının incelenmesi önemli veri-

ler sağlamaktadır. Araştırmacılar materyallerin, referans paleopatoloji kitapları ve literatürdeki makalelerin karşılaştırılması ile gözlenen patolojinin tanımlanması için fikir yürütebil-

mektedirler (16). Patolojik örneklerin yanı sıra geometrik morfometri ve adli antropoloji alanında da bu tarama tekniklerinden yararlanılmaktadır. Güncel tarama tekniklerinin gelişmesi iskelet materyallerinin incelenmesinde ve kayıt altına alınabilmesinde yeni yaklaşımlar getirmektedir. 3D görüntüleme tekniklerinin paleoantropolojik araştırmalarda kullanıldığına dair pek çok makale bulunmaktadır. Şili'den elde edilen insan iskelet kalıntılarının 3D morfometrik yaklaşım ile incelendiği çalışmada Batı Güney Amerika'ya ait bir topluluğun diğer topluluklarla yakınlığı değerlendirilmiştir (17). And Dağlarındaki kafatası modifikasyonlarının 3D geometrik morfometri ile incelendiği bir çalışmada ise söz konusu tekniklerin kraniyel modifikasyonları incelemeye oldukça etkili olduğu ortaya konulmuştur (18).

3D lazer taramanın kullanıldığı bir çalışmada insan yüz özelliklerinin varyasyonu morfometrik teknik ile incelenmiş ve 0,25 ila 0,5 mm aralığında hassasiyeti olan 3D lazer tarayıcı kullanılmıştır. Elde edilen tarama verileriyle yüz morfolojisinin iklimsel adaptasyonu arasındaki ilişki irdelenmiştir (19). Sterkfontein'den elde edilen *Australopithecus* iskelet materyalleri üzerinde yapılan tarama çalışmasında 0,2 ila 0,5 mm arasında değişen çözünürlükten bahsedilmektedir (20). Söz konusu çalışmaların üzerinden geçen zaman diliminde tarayıcıların çözünürlüğü ilerlemiş ve 0,05mm çözünürlükte ölçüm yapabilen cihazlar kullanılmaya başlanmıştır. Beybağ (Muğla) Bizans toplumuna ait bir bireyin mandibula örneğinin incelendiği bu çalışmada da kullanılan cihazın çözünürlüğü 0,05 mm'dir. Mevcut iskelet materyalinin makroskopik incelenmesi sırasında elde edilen bulgular, 3D tarama ile incelemelerde de aynı şekilde görülebilmektedir. Dijitalleştirilen taramaların detay açısından fotoğraf çekimleri ile birebir örtüştüğü gözlem-

lenmiştir. Antemortem diş kaybı, sağ ve sol caninlerin açısız aşınmaları, sağ premolar 1ve 2 dişlerinin köke kadar aşınması, sol premolar 1 ve 2'nin de orta dereceli aşınmaları, mandibuladaki canin ve premolarların kültürel olduğu düşünülen aşınması ve bazı dişlerde görülen diş taşları dijital taramalarda da tespit edilmiştir. Bu anlamda söz konusu optik tarama yönteminin tarama sırasında veri kaybını en aza indirecek bir uygulama olduğu söylenebilir.

3 boyutlu olan yapıların fotoğraflanması 3 boyutta görülebilen detayların 2 boyuta indirgenirken orijinal görünüşün kaybı ile sonuçlanmaktadır. Çekilmiş olan fotoğraflarda ancak bir tek açıdan bu inceleme söz konusu olabilmektedir. Ancak iskelet materyallerinin görünür ışık tayfında çalışan optik ya da lazer tarayıcılar ile 3 boyutlu (3D) taraması görselin 2D'ye indirgenirken gerçekleşen perspektif ve veri kayıplarının önüne geçilmekte ve taranan materyalin dijital görüntüsü her açıdan incelenebilecek, taramış ve bütünlüklü bir haliyle dijital ortamlarda saklanabilmesine imkan vermektedir. Her ne kadar yayınlanma aşamasında dijital görüntüler de 2D ortamına dönüştürülmekte ise de dijital verilerin de sunulabileceği yayın ortamlarında ya da sanal müze benzeri uygulamalarda bu engel aşılabılır. Günümüzde pek çok müze bu tür dijital kayıtları oluşturmuş ve barındırdıkları objeleri dijital sergi materyali haline getirmişlerdir. Almanya - Tübingen üniversitesi sanal antropoloji laboratuvarı ile bazı verilerini dijital ortamda kullanıcılarıyla paylaşmaktadır. Benzer şekilde Viyana Üniversitesi Sanal Antropoloji laboratuvarı da bu alanda bir örnektir. Güney Afrika Sterkfontein mağarasında bulunmuş olan bir *Australopithecus* örneğinde 3D lazer yöntemi ile taranan iskelet ve buluntu çevresinin dijital verilerinin toplum erişimine ve "sanal 3D kazı"

adı altında müze sunumuna açılması planlanmaktadır (20). Ünlü İtalyan patolog Giovanni Morgagni'nin iskelet kalıntılarından 3D lazer tarama ve ilgili bir yazılım aracılığıyla gerçekleştirilmiş yüz rekonstrüksiyonunun sonucu Morgagni'nin Pietro Danieletti'nin yaptığı portresi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonucun portre ile benzerliği dijital antropolojik tekniklerin antropolojik çalışmalarda başarı ile kullanılabileceğini ortaya koymaktadır (21).

Dijital hale getirilen antropolojik materyalin biyomekanik açıdan incelenmesi işlevsel anatomi açısından da veriler sunmaktadır. Sanal antropolojinin altı alt başlığı Weber tarafından farklı yayınlarında açıklanmıştır (22, 23, 24) Anılan yayınlarında Weber altı alt başlığı şu şekilde sıralamıştır; Dijitalleştirme, imgenin ortaya çıkartılması, karşılaştırma, rekonstrüksiyon, stereolithografi gibi metotlarla materyalize etme ve paylaşmadır. Ancak bu tür materyallerin dijitalleştirilmesi sonrasında oluşturulacak sanal müzelerde materyalin görüntüsünün kime ait olduğu, araştırma materyalinin kullanım hakkı, fikri mülkiyet hakları ve etik konular gelecekte üzerinde çalışılması ve genel kabul gören bağlamlara oturtulması gereken durumlardır. Benzer yaklaşımlar biyolojik kökenli (mumya) ya da biyolojik kökenli olmayan (tarihi eser) müze materyallerinin dijital ortamda kaydedilmesi ve sergilenmek üzere paylaşma açılmasında da geçerlidir.

3D görüntüleme teknikleri biyolojik antropoloji alanında önemli bir araç haline gelmiştir. Orijinal örneklerin 3 boyutlu görüntülerinin sağlanması bu özel buluntuların korunmasına yardımcı olmaktadır. Geçmiş zamanlarda paleoantropolojik materyaller üzerinde kalıp alma tekniği ile model çıkarılması ve orijinal esere zarar vermeden modeller üzerinde çalışma

yapılabilmesi sağlanmıştır. Ancak bu teknik ile morfometrik değerlendirmeler yapılabilirken, paleopatolojik değerlendirmeler için verimli değildir. Ancak 3D tarama yöntemlerinin kullanımının günümüzde her alanda yaygınlaşması ile antropoloji alanında bugün hali hazırda geniş bir kullanım alanına sahip olmasa da yakın zamanda önemli bir kullanım alanı olacağı yapılan örnek çalışmalar ile gösterilmiştir.

Bu çalışmada 3D taraması gerçekleştirilmiş olan mandibula örneğinin 3D baskısı orijinal iskelet materyalindeki detayları büyük ölçüde içermektedir. Bu durum öğrenci eğitimi ya da genel sergi materyali olarak 3D tarama ve akabinde 3D baskı yöntemlerinin önemli bir katkısının olabileceğinin ortaya koymaktadır. Beybağ materyalinin basım kalınlığı 0,01 mm düzeyindedir ve bu çözünürlük, diş hekimliğinde kullanılan kalıplarda 3D replika çıkarmada kullanılan çözünürlük için de yeterli düzeydedir. Fiorenza vd (25) çalışmalarında dental kalıpların 3D taramasını yaptıktan sonra farklı 3D printerler ile replikalar elde etmişlerdir. Anılan çalışmada elde edilen 3D baskıların en yüksek çözünürlüğe sahip olanları 0,014 ila 0,025 mm arasında baskı çözünürlüğüne sahip olarak belirtilmiştir. Beybağ örneğinin basımında elde edilen 0,01 mm düzeyindeki çözünürlük düşünüldüğünde Fiorenza vd'nin makalesinin yayınlanmasından bu yana geçen üç yıl içinde 3D baskı tekniğinin imkânlarının gösterdiği ilerleme kayda değer gözükmemektedir. Mevcut teknolojilerin gelişmesi ve yaygınlaşması ile antropolojik materyallerin 3D tarama ve 3D baskı imkânlarının rutin araştırma ve eğitim materyallerinin bir parçası olabileceği düşünülebilir. Carew vd (8) 3D tarama sonucunda elde edilen görsel materyallerin (cranium, clavicula ve metatarsal) farklı 3D baskı yöntemleri ile karşılaştırmasını yap-

tıkları çalışmalarında tekrarlanabilirlik ve hassasiyet açısından güncel 3D basım tekniklerinin güvenilir sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır.

5. SONUÇ

Gelişen teknolojik olanaklar, paleoantropoloji çalışmalarında elde edilen materyallerine dijitalleştirilmesine imkân vermektedir. Beybağ (Muğla) Bizans toplumuna ait bir bireyin alt çenesinin 3D kullanılarak taranması ve bu elde edilen görüntülerin makroskopik incelemelerle karşılaştırılmasını hedefleyen bu çalışmada elde edilen tarama görüntüleri fotoğraf ile elde edilen görüntülerle karşılaştırılabilir derecede kaliteli görüntüler sunmaktadır. Bu görüntüler paleopatolojik değerlendirmeyi görsel üzerinde yapmayı sağlayabilmektedir. Görüntülerin bilgisayar ortamında tutulabiliyor oluşu materyallerin tekrar tekrar incelenmesi gereken durumlarda inceleyen kişiler için zaman ve iş gücü için avantaj sağlarken materyalin de yıpranmasını azaltma gibi avantajlar sunmaktadır. Yapılacak paleoantropolojik dijital arşiv ise, araştırmacıların daha kolay veriye ulaşabilmesine verileri karşılaştırabilmesine olanak sağlayıp çalışmalarda zaman kazanımına da yol açabilecektir. Bu türden taranmış ve baskı örnekleri alınmış materyallerin öğrenciler tarafından da rahatlıkla kullanılabilmesi orijinal örneklerle herhangi bir zarar vermeden üzerinde çalışmaları mümkün olacaktır. Bu anlamda yeni teknolojik gelişmelerin antropolojik çalışmalarda kullanımının yanı sıra tıp, diş hekimliği, veterinerlik gibi alanlarda da kullanılabilmesi önem taşımaktadır.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın materyallerinin temini için Prof. Dr. Ahmet Tırpan'a ve

Prof.Dr. Bilal Söğüt'e, dijital tarama kısmındaki katkısından dolayı Teknodizayn firmasına, 3D çene basımındaki katkısı nedeniyle Yusuf Can Çalışkan'a ve makaleye bilimsel katkılarından dolayı Okan Arıhan'a teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- 1 Brothwell, DR. Digging up Bones. The Excavation, Treatment, and Study of Human Skeletal Remains BAS. Cornell University Press. New York 1981
- 2 Tocheri WM. Advanced Imaging in Biology and Medicine. Technology, Software Environments, Applications Chapter 4: Laser Scanning: 3D Analysis of Biological Surfaces, Ed. Sensen CW. Hallgrímsson B. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009
- 3 Tocheri M.W. (2009) Laser Scanning: 3D Analysis of Biological Surfaces. In: Sensen C.W., Hallgrímsson B. (eds) Advanced Imaging in Biology and Medicine. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68993-5_4 2009
- 4 Harcourt-Smith WEH, Tallman M, Frost S, Wiley D., Rohlf FR, Delson E. "Analysis of Selected Hominoid Joint Surfaces Using Laser Scanning and Geometric Morphometrics: A Preliminary Report" E.J. Sargis and M. Dagosto (eds.), Mammalian Evolutionary Morphology: A Tribute to Frederick S. Szalay, Springer Science. 2008; 373–383
- 5 Slizewski A, Friess M, Semal P, (2010) "Surface scanning of anthropological specimens: nominal-actual comparison with low cost laser scanner and high end fringe light projection surface scanning systems" Quartär 2010; 57: 179-187
- 6 Slizewski A, Semal P. "Experiences with low and high cost 3D surface Scanner" Quartar 2009; 56: 131-138
- 7 MacLeod N. Imaging and analysis of skeletal morphology: New tools and techniques. Palaeopathology in Egypt and Nubia. A century in review. Edited by Ryan Metcalfe, Jenefer Cockitt and Rosalie David. Archaeopress 2014.
- 8 Brough A., Guy R, Chiara V, Kerri C, Fabrice D, Summer DJ. The benefits of medical imaging and 3D modelling to the field of forensic anthropology positional statement of the members of the forensic anthropology working group of the International Society of Forensic Radiology and Imaging. J of Foren Radiol Imag 2019; 18: 18–19.

- 9 Carew Rachael M., Morgan RM, Phil D, Carolyn R. A Preliminary Investigation into the Accuracy of 3D Modeling and 3D Printing in Forensic Anthropology Evidence Reconstruction. *J Foren Sci* 2019; 64(2):342-352.
- 10 Brzobohatá H, Prokop J, Horák M, Jancárek A, Velemínská J. Accuracy and Benefits of 3D Bone Surface Modelling: A Comparison of Two Methods of Surface Data Acquisition Reconstructed by Laser Scanning and Computed Tomography Outputs. *Coll Antropol* 2012; 36(3): 801–806
- 11 Friess M. “Scratching the surface? The use of surface scanning in physical and paleo-anthropology” *J Anthropol Sci* 2012; 90: 1-26
- 12 Özkoçak V. Yüzün anatomik ve antropolojik yapısını incelemeye kullanılan antropometrik teknikler. *Eurasian Academy of Sciences. Euras Art Human J* 2018; 9: 30- 38
- 13 Fahnria Stella, Campana Lorenzo, Dominguez Alejandro, Uldin Tanya, Dedouit Fabrice, Delemont Olivier and Grabherr Silke (2017). CT-scan vs. 3D surface scanning of a skull: first considerations regarding reproducibility issues. *Foren Sci Res* 2017; 2(2): 93–99
- 14 White S, Hirst C, Smith SE. (2018) The Suitability of 3D Data: 3D Digitisation of Human Remains. *Journal of the World Archaeological Congress 2018*; <https://doi.org/10.1007/s11759-018-9347-9>
- 15 Tırpan A, Söğüt B, Büyükozer A. “Lagina, Börükçü, Belentepe ve Mengefe 2008 Yılı Çalışmaları” 31. Kazı Toplantısı 2009; 3.cilt, 25-29 Mayıs sf.505-527
- 16 Karaöz Arıhan S. Beybağ Mevkii (Muğla) Bizans Dönemi Toplumunda Beslenmeye Bağlı Gelişen Paleopatolojik Rahatsızlıklar, T.C. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Antropoloji (Paleoantropoloji) Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi (2013), Ankara
- 17 Aufderheide-C, Rodriquez-Martin C. *The Cambridge Encyclopedia of Human Paleopathology*, Cambridge University Pres, U.K. 1998
- 18 Kuzminsky SC, Susan C, Reyes OB, Arriaza B, Mendez C, Standen V, Vivien G, Roman MS, Munoz I, Duran Herrera A, Hubbe M. “Investigating Cranial Morphological Variation of Early Human Skeletal Remains from Chile: A 3D Geometric Morphometric Approach, *Am J Phys Anthropol* 2017
- 19 Kuzminsky SC, Tiffany A, Tung TA, Hubbe M, Villaseñor-Marchal A. The application of 3D geometric morphometrics and laser surface scanning to investigate the standardization of cranial vault modification in the Andes. *Journal of Archaeological Science*. 2016; Reports 10: 507–513
- 20 Friess M, Marcus LF, Reddy, Delson E. “The Use of 3D Laser Scanning Techniques for the Morphometric Analysis of Human Facial Shape Variation” *Three-Dimensional Imaging in Paleoanthropology and Prehistoric Section 1 theory and Method Symposium - BAR International Series 2002*
- 21 Subsol G, Moreno B, Braga J, Jessel JP, Bruxelles L, Thackeray CR. In Situ 3D Digitization of the “Little Foot” *Australopithecus* Skeleton From Sterkfontein. *Paleo Anthropol* 2015; 44–53. doi:10.4207/PA.2015.ART95
- 22 Gualdi-Russo E, Zaccagni L, Russo V. Giovanni Battista Morgagni: facial reconstruction by virtual anthropology. *Foren Sci Med Pathol* 2015; 11(2): 222–227.
- 23 Weber GW, Bookstein F, Strait DS. “Virtual anthropology meets biomechanics” *J Biomech* 2011; 44: 1429-1432
- 24 Weber GW. “Another link between archaeology and anthropology: Virtual anthropology” *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage* 1, 2014; 3-11
- 25 Weber GW. “Virtual Anthropology” *Yearbook of Physical Anthropology* 2015; 156: 22–42
- 26 Fiorenza L, Yong R, Ranjitkar S, Hughes T, Quayle M, McMennamin PG, Kaidonis J, Townsend G C, Adams JW. Technical note: The use of 3D printing in dental anthropology Collections. *Am J Phys Anthropol* 2018;167(2): 400–406.

Yazışma Adresi:

Dr. Öğretim Üyesi Seda Karaöz ARIHAN
 Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Edebiyat
 Fakültesi Antropoloji Bölümü Fiziki
 Antropoloji Anabilim Dalı
 E-mail: sedaarihan@yahoo.com