



Köpek Scapula ve Humerus 3D Baskılarının Üretimini ve Eğitimdeki Etkinliğinin Araştırılması*

Meryem AKYÜREK^{1,a}, İmdat ORHAN^{2,b}, Sinem Gül FİDANCI^{1,c}, Ayla AÇIKGÖZ^{3,d}

¹Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Veterinerlik Anatomisi Anabilim Dalı, Kayseri-TÜRKİYE

²Erciyes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Kayseri-TÜRKİYE

³Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İzmir-TÜRKİYE

ORCID: ^a0009-0006-7494-3337; ^b0000-0002-6723-8617; ^c0009-0005-2631-4184; ^d000-0001-7749-705X

Sorumlu yazar: İmdat ORHAN, E-posta: imdatorhan@erciyes.edu.tr

Atıf yapmak için: Akyürek M, Orhan İ, Fidancı SG, Açıkğöz A. Köpek scapula ve humerus 3D baskılarının üretimini ve eğitimdeki etkinliğinin araştırılması. Erciyes Univ Vet Fak Derg 2024; 21(2):78-85

Öz: Bu çalışmanın amacı, 3D lazer tarayıcı ve yazıcı kullanarak köpek iskeletine ait bazı kemiklerin üretilmesi ve 3D kemiklerin eğitimdeki etkinliğinin araştırılmasıdır. Bu amaçla bir köpek iskeletine ait scapula ve humerus 3D lazer tarayıcı ile taranmış, 3D yazıcı kullanılarak 3D kemikler üretilmiştir. Sonrasında 3D kemiklerin eğitimdeki etkinliğinin araştırılması için öğrenci grupları üzerinde pratik eğitim ve ardından sınav yapılmıştır. Sonuç olarak 3D kemiklerin, en az gerçek kemikler kadar eğitimde başarılı olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Anatomi, 3D, 3D modelleme, iskelet, köpek

Investigation of the Production of Dog Scapula and Humerus 3D Prints and Their Effectiveness in Education

Abstract: The aim of this study is to produce some bones of the dog skeleton using a 3D laser scanner and a printer, and to investigate the effectiveness of 3D bones in education. For this purpose, the scapula and humerus of a dog skeleton were scanned with a 3D laser scanner, and 3D bones were produced using a 3D printer. Afterwards, practical training and then an examination were conducted on student groups to investigate the effectiveness of 3D bones in education. As a result, it has been shown that 3D bones are at least as successful in training as real bones.

Keywords: Anatomy, 3D, 3D modeling, dog, skeleton

Giriş

3D tarama teknolojisi; endüstri alanında kullanılmakta olup bilgisayar teknolojilerinin sürekli gelişmesi sayesinde insan vücudunu hızlı bir sürede ve yüksek çözünürlükle tarayabilir ve bilgisayara aktarabilir hale gelmiştir (Yüksel ve Bulut, 2019). Taranmak istenen objenin 3D modelini elde edebilmek için farklı açılarda birden fazla tarama gerekebilmektedir (Karasaka ve Beg, 2021). Lazer tarayıcıların çalışma prensibi, optik aynalar sayesinde, lazer ışınının yatay ve düşey yönlerde yönlendirilmesi ile modelin taramasına dayanır.

3D yazdırma teknolojisi ve 3D yazıcılar, mimarlık, tıp ve daha birçok alanda sıklıkla kullanılmakta ve eğitim alanında da giderek popülerliği artmaktadır. 3D yazıcıların en büyük avantajları ise maliyet ve zamandan tasarruf sağlamasının yanında çevre dostu olmasıdır (Kuzu Demir ve ark., 2016). 3D baskı teknolojisi, biyoteknoloji (insan dokusunun yenilenmesi), medikal sektör (protez), gıda (pasta), mimarlık (ev), endüstriyel tasarım (araba) gibi birçok farklı dalda kullanım alanı bulmaktadır (Aydın ve Küçük, 2014). Teknoloji,

birçok alanda olduğu gibi, eğitimde de öğrencilerin derse olan ilgisini artırmak için önemli bir role sahiptir (Güler ve Erdem, 2014). Eğitim başlığı altında 3D yazıcılar stratejik bir öneme sahiptir. Yaratıcılığı artırmasından dolayı teknik ve mekanik derslerde kullanımı yaygındır (Kökhan ve Özcan, 2018). 3D teknolojileri ayrıca diş hekimliğinde (Bulut, 2020), sağlık eğitiminde, klinik öncesi eğitim ve uzmanlık eğitiminde kullanılmaktadır (Sezer ve Şahin, 2016).

Kompleks anatomik detaylar bilgisayar ekranındaki 3D görsellerden tam olarak anlaşılabilir. Çoğunlukla zorlu patolojik ve anatomik koşullarda, 3D baskı materyalleri öğrenmeyi kolaylaştırdığı ve geliştirdiği için cerrahi uzmanlık eğitiminde tercih edilmektedir (Sezer ve Şahin, 2016). 3D baskı materyalleri, klinik öncesi sağlık eğitiminde, özellikle anatominin daha kolay anlaşılmasında tercih edilir (Rengier ve ark., 2010). 3D dijital objelerin elde edilmesi için iki ana yöntem bulunmaktadır. Birincisi, istenilen objenin 3D çizim ve animasyon programları ile sıfırdan oluşturulması, ikincisi ise, tarama yöntemleri kullanılarak cismin kopyalanması tekniğidir. Tarama işlemi için üç farklı cihaz ve teknik kullanılır: Bilgisayarlı Tomografi (BT), Magnetik Resonans (MR) ve Lazer tarayıcı.

3D baskı, nadir örneklerin çoğaltılması ve büyük sınıflara anatomik modellerin sağlanması için de bir çözüm olabilir. Bu nedenle 3 boyutlu tarama ve yaz-

Geliş Tarihi/Submission Date : 01.04.2023

Kabul Tarihi/Accepted Date : 23.02.2024

*Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen TYL-2022-11937 kodlu Yüksek Lisans tez projesinden özetlenmiştir.

dırma, kullanıcıları içerik oluşturmaya teşvik ettiğinden dolayı anatomi eğitiminde önemli bir ilerlemedir (Thomas ve ark., 2016).

3D baskı kemik modellerinin öğrenciler tarafından kabul edilebilirliğinin yüksek olduğu ve bu nedenle veteriner anatomi eğitiminde 3D baskı modellerinin güvenilir bir alternatif olduğu bildirilmektedir (Li ve ark., 2018).

Bu çalışmanın amacı; 3D lazer tarayıcı ve yazıcı kullanılarak köpek scapula ve humerus kemiklerinin elde edilmesi, sonrasında ise bu ürünlerin eğitimdeki etkinliğinin araştırılmasıdır. Bu çalışmanın hipotezi; 3D yazdırma teknolojilerini kullanarak Veteriner Hekimlikte daha hızlı, modern ve etik osteolojik eğitim materyalleri ile yapılan uygulama eğitiminin en az gerçek materyaller ile yapılan uygulama eğitimi kadar başarılı olduğu şeklindedir.

Gereç ve Yöntem

Hayvan materyali

Bu çalışmanın yapılabilmesi için öncelikli olarak, ERÜ Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulundan onay alındı (Etik Kurul Tarih - Karar No: 03.03.2022-22/051). Bu çalışmada kullanılan hayvan materyali, Erciyes Üniversitesi Veteriner Hekimliği Fakültesi Anatomi Laboratuvarında, uygulama derslerinde kullanılan köpek iskeletidir.

Birleştirilmiş köpek iskeletindeki sağ ve sol tarafa ait scapula ve humerus kemikleri özenli bir şekilde iskeletten ayrıldı ve temizlenerek taramaya hazır hale getirildi.

Tarama

Bu çalışmada, Creality 3D scanner ve Shining EinScan SP 3D tarayıcı modeli kullanıldı. Uygun ortam koşulları sağlandı (ışık vb.). Köpek iskeletinde bulunan iki scapula ve iki humerus olmak üzere toplam dört kemik tarandı. Her kemik doğrudan tarayıcı tablasına yerleştirilmedi. Tarayıcının okunmasını kolaylaştırmak amacıyla, kemiğe uygun konum ve doğru açı bulunabilmesi için, kemikler özel aparatlar ile desteklendi. Her bir yüz taranıp, farklı bir yüze geçildiğinde mesh yapıldı. Böylece bir bütün kemik modeli elde edildi. Bütün anatomik yapı ve ayrıntıların tarandığından emin olunana kadar aynı kemikler birkaç kez tarandı (Şekil 1). Elde edilen model ile orijinal kemikte bulunan anatomik ayrıntılar var/yok şeklinde kıyaslandı. Her bir ayrıntının tarandığından emin olduğunda STL (Standard Triangle Language) dosyasına kemiklerin isimleri belirtilerek kaydedildi.



Şekil 1. Tarama işlemi.

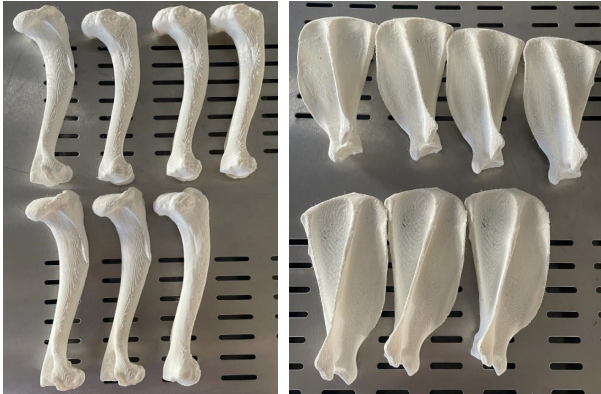
Yazdırma

Çalışmada, Creality CR- 6 SE (Ender CR-6 Second Edition, Type: FDM) yazıcı modeli kullanıldı. Dilimleme ve g-code oluşturma işlemleri için Ultimaker Cura (V 5.1.1) programı kullanıldı. Modellerin orijinal boyutlarında herhangi bir değişiklik ve ölçeklendirme yapılmadan 1:1 oranında modelleme yapılmıştır. STL dosyası şeklinde kayıtlı olan kemik modelleri yazıcı modelleyicisinde yeterli hız ve yeterli detayda model verecek şekilde, kemiklerin anatomik özelliklerine göre modellendi. Birçok farklı deneme yaparak yazıcının bu boyutlarda en ideal kemikleri yazabilmesi için, optimum parametreler aşağıdaki tabloda (Tablo 1) belirtildiği şekilde tespit edildi.

Tablo 1. Yazıcı parametreleri

Katman Yüksekliği	0.2
Dolgu Yoğunluğu	20.0
Yazdırma Hızı	50
Destek Yapısı	Normal
Destek Ara Yüzü Şekli	Izgara
Yazdırma Sıcaklığı	200.0

Bu çalışmanın ikinci bölümü olan ölçme ve değerlendirme aşamasında yapılacak sınavda, cartilago scapula yapısı mevcut olmayan scapula ve humerus kemiği kullanılacağı için, laboratuvar ortamında bulunan masa ve öğrenci sayısına uygun olacak şekilde 3D yapay humerus ve cartilago'su olmayan scapula yazdırıldı (sağ/sol) (Şekil 2).



Şekil 2. Sınav materyaline uygun scapula (sol/sağ) ve humerus (sağ) modeli. (lateral görünüm).

Sınav

Sınava tabii tutulan öğrenciler, Erciyes Üniversitesi Veteriner Hekimliği Fakültesini yeni kazanmış ve Anatomi dersini ilk kez alan öğrencilerdir. Öğrencilere çalışmaya başlamadan önce bilgilendirme yapıldı ve onam formları imzalatıldı. Toplam birinci sınıfa kayıtlı 102 öğrenci bu çalışmaya katıldı. Sınav materyali olarak kullanılacak scapula ve humerus kemikleri teorik derste, her iki şubeye de gruplara ayrılmadan anlatıldı. Bu öğrenciler üniversiteye giriş başarı puanlarına göre dengeli olarak iki gruba ayrıldı. Bu gruplardan birisi kontrol grubu, diğeri deney grubu olarak isimlendirildi. Birbirinden bağımsız girişlere sahip laboratuvarında deney ve kontrol grubu öğrencilerin birbirlerini ve çalışma materyallerini görmemesi özellikle sağlandı. Kontrol grubunda bulunan öğrenciler, gerçek kemik olan scapula ve humerus ile çalıştı. Deney grubu olan öğrenciler, 3D scapula ve humerus ile çalıştı. Bu sırada kemikler üzerindeki çıkıntılar kontrollü bir şekilde yardımcı eğitimci tarafından, bir saatlik pratik ders süresi boyunca her iki gruptaki öğrencilere de anlatıldı.

Bu sürenin sonunda, zilli sınava geçildi (Şekil 3). Sınav için kedi, köpek ve tavşan kemiklerinden oluşan sadece gerçek kemikler kullanıldı. Gerçek kemikler

ile çalışan (kontrol grubu) ve 3D kemikler ile çalışan öğrencilere (deney grubu), iki farklı kemikten toplamda 10 soru soruldu. Scapula ve humerus kemikleri için sorular şu şekilde dizayn edilmiştir.

Soru no	Humerus için sorular	Scapula için sorular
1	Bu kemiğin adı nedir?	Bu kemiğin adı nedir?
2	Bu kemik hangi hayvana aittir?	Bu kemik hangi hayvana aittir?
3	Bu kemiğin yönü nedir (sağ/sol)?	Bu kemiğin yönü nedir (sağ/sol)?
5	Kemik üzerinde kırmızı renk ile çevrelenmiş deliğin adı nedir?	Kemik üzerinde kırmızı renk ile boyanmış yapının adı nedir?
5	Kemik üzerinde mavi renk ile boyanmış yapının adı nedir?	Kemik üzerinde mavi renk ile boyanmış yapının adı nedir?



Şekil 3. Sınav ortamı.

Anket

Anket sürecinde; her iki gruptaki öğrenciler de karışık olarak laboratuvara alındı ve çalışma masalarında hem gerçek kemikler, hem de 3D kemikler konularak uygulama yapmaları sağlandı. Sonrasında öğrencilere anketler dağıtılarak, yanıtlamaları için süre tanındı. Anketlerde çalışma konusu ile ilgili soruların yanısıra, araştırma hakkında bilgi içeren kısa bir bölüm, uygulama sonrası kazanımlarla ilgili görüşler ve bilgilendirilmiş gönüllü onam formları da yer almaktadır.

Veriler SPSS for Windows 22.0 istatistik paket programı aracılığıyla çözümlendi. Kategorik değişkenler sayı ve yüzde dağılımlarıyla sunuldu. Sürekli değişkenlerin ortalama ve standart sapması hesaplandı. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile yapılmış ve verilerin normal dağılım göstermediği belirlenmiştir ($P < 0.05$). İstatistiksel çözümleme; Pearson Ki-kare Testi, Fisher'in Kesin Testi, Mann-Whitney U Testi ve Spearman korelasyon analizi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $P < 0.05$ olarak kabul edildi.

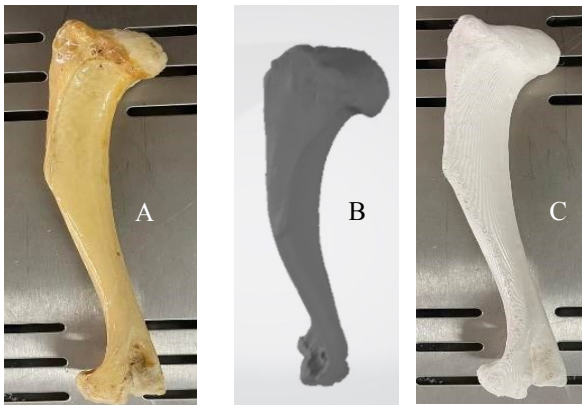
Bulgular

Köpek iskeletine ait sağ ve sol scapula ve humerus olmak üzere toplam dört kemik başarıyla tarandı. Köpek iskeletine ait sağ ve sol scapula ve humerus olmak üzere toplan dört kemik başarıyla yazdırıldı. Kemikler üzerinde, yazıcının filament izlerinin olduğu gözlemlendi. Bu izlerin, kemiklerin normal anatomik yapılarını etkilemediği, bu tip yüzey tırtıkları oluşan kemikler için, törpüleme işlemlerinin olumlu sonuçlar verdiği gözlemlendi.

Köpek iskeletine ait gerçek kemikler, 3D dijital kemikler ve 3D kemikler kendi içlerinde birbirleriyle kıyaslandığında, anatomik yapılar bakımından birbirlerine benzerlik oranlarının çok yüksek olduğu görüldü



Şekil 4. Scapula iskeleti, dijital görünüm ve 3D yazıcı modeli.: A. Gerçek kemik, B. 3D dijital kemik, C. 3D kemik.



Şekil 5. Humerus iskeleti, dijital görünüm ve 3D yazıcı modeli. A. Gerçek kemik, B. 3D dijital kemik, C. 3D kemik.

(Şekil 4, 5). Bu benzerliğin kıyaslaması için Nomina Anatomica'da bulunan yapıların tek tek incelenerek her üç materyalde de bu yapıların varlığı belirlendi. Bu yöntemle inceleme yapıldığında birbirlerine benzerlik oranlarının %100 olduğu belirlendi. Öğrencilere uygulanan sınavların sonuçlarına göre ve yapılan anketlerin de sonuçları değerlendirildiğinde, bu benzerlik oranının eğitim kalitesini etkilemeyecek kadar başarılı olduğu tespit edildi.

Öğrencilerin sınav kağıtları tek bir eğitmen tarafından değerlendirildi ve sınavdan alınan notların (Tablo 2, Şekil 6) ortalaması deney ve kontrol grubunda ayrı ayrı hesaplandığında şu sonuç elde edildi:

$$\bar{D} : 61.96078 \text{ (Deney grubu)}$$

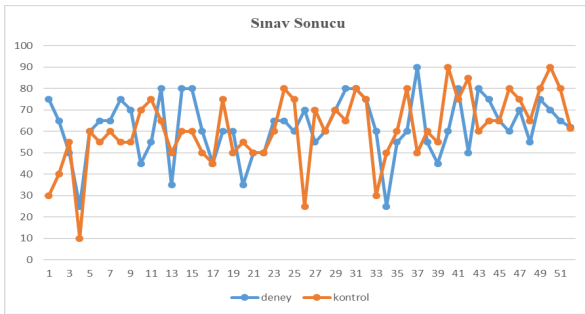
$$\bar{K} : 61.37255 \text{ (Kontrol grubu)}$$

Buradan edinilen sonuca göre, deney grubunun elde ettiği başarı, kontrol grubunun elde ettiği başarıdan daha fazladır. İki grup arasında sayısal olarak çok büyük fark olmaması, 3D materyalleri ile yapılan uygulama eğitiminin en az gerçek materyaller ile yapılan uygulama eğitimi kadar başarılı olduğu hipotezimizin doğruluğunu kanıtlamaktadır.

Öğrencilere uygulanan anketlerin sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir. Çalışmaya katılan öğrencilerden, 3D kemiklerin en az gerçek kemikler kadar öğretici olduğu konusunda, "Tamamen Katılıyorum" ve "Katılıyorum" seçimini yapan öğrenciler %57'lik bir çoğunluk oluşturmaktadır. Ayrıca bu soruya "Tamamen Katılıyorum" diyen öğrencilerin sayısı deney grubunda kontrol grubuna göre, anlamlı olarak daha fazla bulunmuştur ($P < 0.05$).

Tablo 2. Deney ve kontrol grubunda elde edilen sınav sonucu

Alınan Not	10	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Toplam
Kişi Sayısı	1	3	2	2	1	4	11	11	19	12	8	11	13	1	3	102

**Şekil 6.** Deney ve kontrol grubunun başarı grafiği.

Bu çalışmaya katılan öğrencilerin yaklaşık olarak % 60'ı 3D kemiklerin hijyen konusunda kendilerini rahat hissettirdiğini bildirmişlerdir. Ankette yer alan diğer tanımlayıcı sorulara verilen cevaplarda, iki grup arasında anlamlı bir fark görülmemiştir ($P>0.05$, Tablo 3).

Tablo 3. Anket soruları ve sonuçları.

		Deney grubu	Kontrol grubu	P*
		(n=51)	(n=51)	
		n (%)	n (%)	
Köpek 3D kemikler, uygulama eğitiminde en az gerçek kemikler kadar öğreticiydi.	Tamamen Katılıyorum	8 (15.7)	1 (2.0)	<0.001
	Katılıyorum	25 (49.0)	24 (47.1)	
	Kararsızım	4 (7.8)	12 (23.5)	
	Katılmıyorum	12 (23.5)	4 (7.8)	
	Kesinlikle Katılmıyorum	2 (3.9)	10 (19.6)	
Gerçek kemikler olmasa da aynı konuyu sadece köpek 3D kemikleriyle de öğrenebilirim.	Tamamen Katılıyorum	7 (13.7)	4 (7.8)	0.217
	Katılıyorum	14 (27.5)	12 (23.5)	
	Kararsızım	16 (31.4)	15 (29.4)	
	Katılmıyorum	11 (21.6)	9 (17.6)	
	Kesinlikle Katılmıyorum	3 (5.9)	11 (21.6)	
Köpek 3D kemiklerin üzerindeki detaylar gayet başarılıydı.	Tamamen Katılıyorum	5 (9.8)	3 (5.9)	0.236
	Katılıyorum	17 (33.3)	19 (37.3)	
	Kararsızım	14 (27.5)	11 (21.6)	
	Katılmıyorum	12 (23.5)	8 (15.7)	
	Kesinlikle Katılmıyorum	3 (5.9)	10 (19.6)	
Köpek 3D kemiklerin plastikten yapılmış olması hijyen konusunda beni rahatlatmıştı.	Tamamen Katılıyorum	11 (21.6)	11 (21.6)	0.990
	Katılıyorum	20 (39.2)	20 (37.3)	
	Kararsızım	8 (15.7)	7 (13.7)	
	Katılmıyorum	9 (17.6)	11 (21.6)	
	Kesinlikle Katılmıyorum	3 (5.9)	3 (5.9)	
Köpek 3D kemik uygulama materyallerinin bir canlıya ait olmadığını bilmek psikolojik olarak rahat hissettirdi.	Tamamen Katılıyorum	7 (13.7)	5 (9.8)	0.584
	Katılıyorum	11 (21.6)	9 (17.6)	
	Kararsızım	13 (25.5)	12 (23.5)	
	Katılmıyorum	11 (21.6)	18 (35.3)	
	Kesinlikle Katılmıyorum	9 (17.6)	7 (13.7)	

Tartışma ve Sonuç

Literatürde birçok kaynakta belirtildiği gibi MR ve BT tarama yöntemleri sağlık alanında, özellikle de canlıların iç yapılarının görüntülenmesi amacıyla kullanılan fakat ulaşılabilirlik ve maliyet açısından uygun olmayan tekniklerdir (Aydoğdu ve ark., 2017; Bahar ve ark., 2019; Yüksel, 2019). Bu çalışmada, lazer tarama metodunun seçilmesi, kemiklerin sadece dış yapılarının kemik kopyalama açısından yeterli olması nedeniyle. Sadece köpek kemiklerinin üretilmesi, iç yapılarının bu çalışma için gerekli olmaması, yüzey tarama işlemini yeterli kılmıştır.

Daha önce Saritaş ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada, nesnenin her açıdan görünüşünü elde edebilmek için, birçok açıdan birden fazla tarama yapılmasına ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir (Saritaş ve ark., 2019). Bu durum bu çalışmada da ortaya

çıkıştır. Tarayıcının sahip olduğu "auto align" özelliği sayesinde, nesnenin döner tabla üzerine farklı pozisyonlarda konulduğunda, kendisine referans olarak belirlendiği noktalardan eşleştirme yaparak taranmış yüzeylerin tamamlanmasını sağlamaktadır.

FDM tipi yazıcılarda kullanılan PLA filamentleri ile üretilen materyaller sert olabilmektedir (Yavuz ve Yılmaz, 2021). Bu sertlik aslında kemik üretimi için olmasını istediğimiz bir özelliktir. Sertlik aynı zamanda kemiklere sağlamlık da katmıştır. Sert olmasına rağmen bir kemik kadar kırılğan olmadığı düşünülmektedir.

3D yazıcıların ofis ortamında, rahatlıkla kullanılabilir olduğu bilinmektedir (Çelik ve ark., 2013). Çalışmamızda da, ofis ortamında tarama ve yazdırma işlemleri kolaylıkla yapılmıştır. Anatomi laboratuvarlarının çalışma ortamları düşünüldüğünde, 3D kemiklerin üretim süreçleri ve ürünler açısından hem sağlık hem de canlı materyal kullanımındaki etik problemler nedeniyle tercih edilebilir olduğu düşünülmektedir.

Literatürde, kadavra ve deney hayvanları üzerindeki uygulamalar yerine 3D plastik modeller ve bilgisayar teknolojileri gibi araçların kullanımının, etik açıdan daha tercih edilebilir olmasından bahsedilmektedir (Balcombe, 2001). Bu çalışmada ise, öğrencilere yapılan ankette, "Köpek 3D kemik uygulama materyallerinin bir canlıya ait olmadığını bilmek psikolojik olarak rahat hissettirdi" ifadesine verilen olumlu görüş, yaklaşık %32 olmuştur. Bu oranın düşük olmasının sebebinin, öğrencilerin hekimlik eğitimine yeni başlamış olması ve bu konunun önemini henüz bilmiyor olduklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Thomas ve ark. (2016) yaptığı çalışmada kullandığı kurbağa ve köpek balığı iskeletinin 3D dijital ve plastik olarak elde etmiş ve bunların birbirleri arasındaki benzerlik oranlarını, bir tablo şeklinde bazı anatomik yapıların varlığı ve yokluğu üzerine değerlendirmeler yaparak belirlemiştir. Yüzdeler olarak bir benzerlik değeri verilmeyen bu çalışmada kurbağa iskeleti için 48 yapıdan 44'ünün dijital iskelette var olduğunu bildirmektedir. Bu çalışmada kullanılan kurbağa kemikleri, mevcut çalışmada kullandığımız scapula ve humerus kemiklerine göre daha küçük ve daha fazla anatomik detaya sahiptir. Bu nedenle Thomas ve ark. (2016)'nın kullandığı benzerlik değerlendirme yöntemi mevcut çalışmada kullanılmamıştır.

Li ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada yetişkin bir sığira ait femur, costae ve altıncı cervical vertebra kemikleri lazer tarayıcı ile taranmış ve 3D yazıcıdan plastik kemikler de üretilmiştir. Sonrasında hem dijital model hem de plastik kemik, gerçek kemikler ile kıyaslanmıştır. Uygulamada bu plastik kemikleri kullanan öğrencilere de anket yapılmıştır. Eğitimdeki başarısının ölçülmediği bu çalışmada yapılan anketlerin sonuçlarının mevcut çalışmadaki ile benzer

olduğu görülmüştür. Mevcut çalışmada farklı olarak öğrencilere sınav yapılmış ve eğitimdeki başarıları ölçülmeye çalışılmıştır.

Yapılan bir çalışma sonucunda, plastik modellerin diğer eğitim araçlarına seçeneğe olabileceği, fakat kullanılabilirliği hakkında, öğrencilerin "kararsız" oldukları ifade edilmiştir (Gültiken, 2012). Bu çalışmada yapılan ankette, "Gerçek kemikler olmasa da, aynı konuyu sadece köpek 3D kemikleriyle de öğrenebilirim" ifadesine verilen olumlu yanıt %36 iken, kararsızlar %30, olumsuz yanıt verenler ise %34 olmuştur. Bu sonucun da, literatürde yapılan çalışmanın sonucuna benzer şekilde öğrencilerin tek alternatif olarak düşünmelerinin "kararsız" olduğu görülmektedir. Buna rağmen, yapılan sınav sonucunun, iki grup arasında da eşit olması, öğreticilik bakımından alternatif olarak kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Bir başka çalışmada (Özen ve ark., 2009; Özen ve Özen, 2010), öğrencilerin hayvan kullanımının şart olduğunu beyan etmiş olmaları, bu çalışmamızdaki sonuçlar ile karşılaştırıldığında, çalışmamıza katılan öğrencilerin daha ılımlı olduğunu göstermektedir.

Literatürde, kalbin yüzey anatomisinin öğretilmesinde, 3D materyalin etkinliğinin ortaya konulduğu çalışmada, 3D modellerinin öğrencinin başarısında herhangi bir dezavantaj oluşturmadığı sonucuna varılmıştır (Lim ve ark., 2016). Bu çalışmada da, literatür ile paralel olarak iki grup arasındaki başarı durumunun birbirinden farklı olmaması, 3D materyallerin öğreticilik açısından negatif bir durum oluşturmadığını göstermektedir.

Çalışma yapılan iki öğrenci grubunun, sınav başarısı arasında sayısal olarak çok büyük fark olmaması, hipotezimiz olan, 3D kemikler ile yapılan uygulama eğitiminin, en az gerçek kemikler ile yapılan uygulama eğitimi kadar başarılı olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmaya katılan öğrencilerin yaklaşık olarak %60'ının, 3D kemiklerin hijyen konusunda kendilerini rahat hissettirmiş olması, 3D kemiklerin biyogüvenlik açısından kullanıcı tercihi bir materyal olduğunu göstermektedir.

3D kemiklerin eğitimdeki etkinliğinin kanıtlanmış olduğu bu çalışma süresince birbir deneyimlemiş olduğumuz avantajlar şunlardır:

Hayvan materyali olmadığı için, etik açıdan ve psikolojik açıdan hiçbir probleminin olmaması,

Organik olmaması ve bundan dolayı hijyenik ve sağlığa zararsız olması,

Elde edilme yönteminin, geleneksel metotlara göre çok daha kolay olması,

Özel saklama koşulları gerektirmemesi, her ortamda rahatlıkla kullanılabilir olması,

Elde edilmiş olan dijital kemiklerin, arşivlenerek istenilen zamanlarda, istenilen miktarlarda ve istenilen boyutlarda 3D kemikler elde edilebilir olması.

Bu çalışmada üretilen materyallerin sınırlı kaldığı alan kemiklerin içyapılarıdır. Lazer yüzey tarayıcı ile tarama yapıldığı için sadece kemiklerin yüzeyleri taranmış, içyapıları değerlendirilmemiştir. Bu materyaller ile kemiğin içyapısı konusunda bilgi sahibi olmak mümkün değildir.

Sonuç olarak; 3D teknolojiler kullanılarak elde edilmiş olan kemiklerin eğitimdeki etkinliği açıkça ortaya konulmuştur. Ayrıca kullanıcıların kısa süreli ve sınırlı miktarda materyal ile çalışmış olmalarına rağmen, 3D kemiklerin tercih edilebilir olduğunu beyan etmeleri, bu teknolojinin, anatomi laboratuvarlarındaki eksikleri gidermede çok faydalı olacağını göstermektedir.

İlerleyen çalışmalarda, üretilmiş olan 3D kemiklere dayanıklılık-çekme-germe testlerinin de yapılarak, gerçek kemikler ile aralarındaki farklılık ve benzerlikleri ortaya konulabilir. Ayrıca yapılacak yeni çalışmalarda, 3D kemiklerin ağırlıklarının tartılarak, gerçek kemikler ile aralarındaki farklılığın ortaya konulması, 3D kemiklerin hafif olması durumunda, ağırlığın artırılması için dolgu miktarında yapılacak değişiklikler ile bu parametrelerin belirlenmesi sağlanabilir. Sadece kemiklerin dış yüzeylerinin taranarak, dış anatomik yapılarının oluşturulduğu bu teknikte 3D kemiklere uygulanacak intramedullar pin, levha, vida gibi cerrahi girişimlerde, gerçek kemiklere kıyaslandığında mevcut durumlarını ortaya koyacak çalışmalar yapılabilir.

Teşekkür

TYL-2022-11937 kodlu proje ile bu çalışmanın yapılmasındaki katkılarından dolayı, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Aydın L, Küçük S. Üç boyutlu yazıcıyla ayak bileği ortezinin tasarımı ve geliştirilmesi. Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi, Ekim, 15-19, 2014; Nevşehir-Türkiye.
- Aydoğdu A, Aydoğdu Y, Yakıncı ZD. Temel radyolojik inceleme yöntemlerini tanıma. İÜ Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi 2017; 5(2): 44-53.
- Bahar S, Karaoğlan İ, Özdemir V, Nayman A, Karaoğlu N, Turgut N, Aydoğdu S. 3 Boyutlu interaktif veteriner osteoloji atlasının hazırlanması; At, Sığır, Koyun ve Köpek. TÜBITAK 2019; 1160385.
- Balcombe J. Dissection: The Scientific Case for Alternatives. J Appl Anim Welf Sci 2001; 4(2): 117-26.
- Bulut AC. Düşük maliyetli, üç boyutlu bir yazıcı kullanılarak oluşturulan diş modellerinin değerlendiril-

mesi. Kırıkkale Üniv Tıp Fak Derg 2020; 22(3): 461-9.

Çelik İ, Karakoç F, Çakır MC, Duysak A. Hızlı protipleme teknolojileri ve uygulama alanları. DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2013; 31: 53-70.

Güler O, Erdem OA. Mesleki eğitimde etkileşimli 3D eğitimin uygulaması ve stereoskopik 3b teknoloji kullanımı. Bil Tek Derg 2014; 7(3): 1-11.

Gültiken ME. Plastik model kullanımı veteriner anatomi eğitiminde alternatif olabilir mi? Animal Health Prod Hyg 2012; 1: 53-8.

Karasaka L, Beg AAR, Yersel lazer tarama yöntemi ile farklı geometrik özelliklerin modellenmesi. J Geomat 2021; 6(1): 54-60.

Kökhan S, Özcan U. 3D yazıcılarının eğitimde kullanımı. BEST Dergi 2018; 2(1): 81-5.

Kuzu Demir EB, Çaka C, Tuğtekin U, Demir K, İslamoğlu H, Kuzu A. Üç boyutlu yazdırma teknolojilerinin eğitim alanında kullanımı: Türkiye'deki uygulamalar. Ege Eğitim Dergisi 2016; (17)2: 481-503.

Li F, Liu C, Song X, Huan Y, Gao S, Jiang Z. Production of accurate skeletal models of domestic animals using three-dimensional scanning and printing technology. Anat Sci Educ 2018; 11(1): 73-80.

Lim KHA, Loo ZY, Goldie SJ, Adams JW, McMennamin PG. Use of 3d printed models in medical education: a randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. Anat Sci Educ 2016; 9: 213-21.

Özen A, Özen R, Yaşar A, Armutak A, Bayrak S, Gezman A, Şeker İ. Türk veteriner hekimliği öğrencilerinin ve eğitimcilerin hayvanların ahlaki konuları ve türlerin derecelendirilmesine ilişkin tutumları. Kafkas Univ Vet Fak Derg 2009; 15(1): 111-8.

Özen R, Özen A. Erciyes Üniversitesi öğrencilerinin araştırmalarda hayvan kullanımına yaklaşımları. Kafkas Univ Vet Fak Derg 2010; 16(3): 477-81.

Rengier F, Mehndiratta A, Tengg-Kobligh H. von, Zechmann CM, Unterhinninghofen R, Kauczor HU, Giesel FL. 3D printing based on imaging data: Review of medical applications. Int J CARS 2010; 5: 335-41.

Sarıtaş S, Kibar MK, Yakar M, Akkuş C, Aydın M. 3B tarayıcı tasarımı ve protip üretimi. Forth International Congress on 3D Printing (Additive Manufacturing) Technologies and Digital Industry, April, 11-14, 2019; Antalya-Türkiye.

Sezer H, Şahin H. 3D baskı materyalinin eğitimde

kullanımı: QUA VADİS? Tıp Eğitim Dünyası 2016; (46): 5-13.

Thomas DB, Hiscox, JD, Dixon BJ, Potgieter J. 3D scanning and printing skeletal tissues for anatomy education. J Anat 2016; 229 (3): 473-81.

Yavuz E, Yılmaz S. Diş hekimliğinde yeni ve hızla ilerleyen üretim teknolojisi: 3 boyutlu yazıcılar. Akd Tıp D 2021; 7(2): 197-205.

Yüksel H, Bulut MO. Üç Boyutlu tarama sistemleri. J Text Eng 2019; 26(116): 406-14.

Yüksel Z. Manyetik rezonans görüntüleme fizik temelleri ve sistem bileşenleri. BSJ Eng Sci 2019; 2 (2): 57-65.