

# DÜŞÜK MALİYETLİ, ÜÇ BOYUTLU BİR YAZICI KULLANILARAK OLUŞTURULAN DIŞ MODELLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

*Evaluation of Dental Models Created by Using A Low-Cost, Three-Dimensional Printer*

Ali Can BULUT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Bölümü, KIRIKKALE, TÜRKİYE

## ÖZ

## ABSTRACT

**Amaç:** Günümüzde teknolojinin hızlı ilerlemesi ile yeniliklerin eğitime hızlı bir entegrasyonu olmaktadır. Bu yeniliklerden bir tanesi de üç boyutlu (3B) yazıcılarıdır. Diş hekimliği prelinik eğitiminde gerçekçi anatomik diş modellerine ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat diş modellerinin maliyetli olması sebebi ile yeterli sayıda diş modelleri diş hekimliği eğitiminde yerini alamamaktadır. Bu çalışmanın amacı ucuz 3B yazıcı ile üretilen dişlerin prelinik eğitimi için uygun olup olmadığını değerlendirmektir.

**Gereç ve Yöntemler:** Prelinik eğitiminde kullanılmak üzere diş anatomisine uygun maksillar, premolar ve molar dişlerin pembe mumdan modelleri hazırlandı. Bu modeller dijital olarak taranarak bilgisayar sisteminde 3B görüntüleri (StereoLithography [STL] dosyaları) elde edildi. Bu görüntüler 3B yazıcılar yardımı ile plastik yapıda diş modellerine dönüştürüldü. Pembe mum modeller ile 3B yazıcıdan elde edilen modeller üzerinde bazı anatomik noktaları ölçülerek modeller arasında fark olup olmadığı SPSS 22.0 de Bağımlı Örneklem Testi ile incelendi.

**Bulgular:** Diş modellerinin kron, kök boyutları, meiso-distal ve bukko-palatinal çaplarının ölçümleri arasındaki benzerliklerine bakıldığında modeller arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir ( $p \geq 0.05$ ).

**Sonuç:** Bu çalışmada 3B yazıcıdan elde edilen modeller, pembe mumdan hazırlanan ana modellerle karşılaştırıldığında anatomik ölçümlerinin benzer olduğu görülmüştür.

**AnahtarKelimeler:** Diş modelleri, üç boyutlu yazıcılar, diş hekimliği eğitimi

**Objective:** Nowadays, with the rapid advancement of technology, the rapid integration of innovations into education is provided. One of these innovations is three-dimensional (3D) printers. Realistic anatomical tooth models are needed in preclinical dental training. However, due to the cost of dental models, the models provided for dental education are usually insufficient in number. The aim of this study is to evaluate whether the teeth produced with inexpensive 3D printers are suitable for preclinical education.

**Material and Methods:** Pink wax models of maxillary premolar and molar teeth suitable for dental anatomy were prepared to be used in pre-clinical training. These models were digitally scanned and 3D images (StereoLithography (STL files) were obtained in the computer system. These images were transformed into plastic dental models with the help of 3D printers. The difference between the pink wax models and the models obtained from the 3D printer was examined by measuring some anatomical points and evaluated with the Dependent Sampling Test in SPSS 22.0.

**Results:** Considering the similarities in the measurements of the crown, root dimensions, mesio-distal, and buccal-palatal diameters of the tooth models, there was no statistically significant difference between the models ( $p \geq 0.05$ ).

**Conclusion:** In this study, it was seen that the models obtained from the 3D printer reflect the models prepared from pink wax.

**Keywords:** Dental models, three-dimensional printing, dental education



Yazışma Adresi / Correspondence:

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Bölümü, KIRIKKALE, TÜRKİYE

Tel / Phone: +9 05375007814

GelişTarihi / Received: 03.11.2020

ORCID NO: <sup>1</sup>0000-0002-1586-7403

Dr. Ali Can BULUT

E-posta / E-mail: alicanbulut@outlook.com

Kabul Tarihi / Accepted: 21.12.2020

## GİRİŞ

Diş hekimliğinin temel hedefi toplum sağlığını korumak ve ağız sağlığını iyileştirmektir. Diş hekimliği öğrencileri eğitim hayatlarında girişimsel ve geri dönüşümü olmayan tedavi ve işlemlerle karşılaşır. Mezun pratisyen diş hekimlerinin kendine güveni olması, bilgi ve becerilerini doğru bir şekilde kullanabilmesi için eğitim sistemlerinin de günümüzde güncellenmesi gerekmektedir (1). Teknolojik gelişmelerin günümüzde hızlı ilerlemesi sonucunda, medikal endüstride de bilişim sistemleri ve dijitalleşme büyük yenilikler getirmiştir. Gelişen teknoloji ile birlikte 3B grafik modeller, çevrimiçi videolar ve mobil elektronik cihazlar diş hekimliği eğitiminde yavaş yavaş yerini bulmaktadır. Son dönemde diş hekimliği öğrencilerinin teknolojik cihazların eğitiminde yer alması gerektiğini ve öğrenme performanslarını olumlu yönde etkilediğine dair çalışmalar mevcuttur (2-4).

Tam ve kalıcı öğrenim için öğrencilerin farklı duyu organlarına hitap eden uygulamalar yararlı olmaktadır. 3B yazıcı ile üretilen materyaller bu konuda görsel ve dokunsal algı sağlayarak faydalı olurlar (5). 3B yazıcılar, diş hekimliği eğitim için kullanışlı bir metottur. 3B baskılar ile diş anatomisi daha iyi anlaşılır ve pratik yapılabilir (6). 3B yazıcı temeli, bilgisayar destekli tasarıma dayanır fakat tasarımın son ürün oluşturma yöntemi yeniden ele alınmıştır ve tasarım öncelikle 2 boyutlu bir StereoLithography (STL) dosya biçimine dönüştürülür. STL dosyaları, modellerin sadece geometrik özelliklerini tanımlamaktadır. Modellerin doku ve yapı özelliklerini içermemektedir. Yüzey yapısını da üçgen yüzeyler olarak tanımlamaktadır. Yani bir modelin yapısı küçük üçgen yapılardan oluşmaktadır. Yüzey yapısına bağlı olarak üçgen alanların sayısı da değişmektedir, örneğin radyuslu alanları oluşturmak için çok sayıda üçgen yüzeyler gereklidir. Bu modeller çeşitli programlarla düzenlenip rötüş yapılır. Rötüş işlemi sırasında, modelin bölgesel olarak netleştirilmesinin yanı sıra yoğunluk ayarları, yüzey ve hacim düzenleme gibi işlemler de

uygulanır. Daha sonramodeller 3B yazıcılara gönderilerek, ürün tabakalı bir şekilde birbiri üzerinde ilaveler ile fiziksel modele dönüştürülür (5-8).

En yaygın kullanılan 3B yazıcı tipleri: Eriyik yığıma modelleme (FDM), Seçici lazer sinterleme (SLS), Stereolitografi (SLA), Polyjet yazıcı ve Biyobaskı'dır (5,9,10).

Eriyik yığıma modelleme (FDM) yazıcıları, geniş kullanılabilirliği, orta derecede güvenilir baskı kalitesi, kurulum kolaylığı ve ekonomik uygunluğu nedeniyle tıbbi veya dental kurulumda başlangıç için en yaygın olanlardır (5,7,11). FDM yazıcılarda filament yapıda plastik malzemeler kullanılmaktadır. Çalışma prensibi olarak: filamentler sıcak bir nozüle aktarılır ve X-Y koordinatlarında nozülün yükselmesi ya da yazıcının tablasının alçalması ile tek tabaka şeklinde yığıma yapılarak model elde edilir. Özellikle ev tipi yazıcılardan olan bu sistemde en büyük avantajı ucuz olması ve karmaşık olmayan anatomik modellerin basımının kolay olmasıdır. Fakat uzun süren yazdırma zamanı, orta baskı çözünürlüğü ve renk seçiminin kısıtlı olması gibi dezavantajları da vardır (9,11).

FDM sistemi ile yapılan çalışmalara baktığımızda 2016 yılında FDM ile üretilen obtüratörün hassasiyetinin yeterli olduğunu bildiren çalışmanın yanı sıra geleneksel yöntem (elle) ve FDM ile hazırlanan kişisel kaşıkların hassasiyetini karşılaştırıldığı başka bir çalışmada da FDM yöntemi ile hazırlanan kaşıkların daha iyi detay verdiğini gösteren çalışmalar da mevcuttur (12,13). 3B yazıcıların gelişimi göz önüne alındığında özellikle sağlık alanında yaygın bir kullanımı söz konusudur (5,6,12,13). Ancak bu gelişim diş hekimliği preklirik eğitimi açısından maalesef yarı yolda kalmaktadır.

Çalışmamızın amacı: Diş hekimliği preklirik eğitiminde kullanılmak amacı ile 3B yazıcıdan üretilen anatomik diş modellerinin; pembe mumdan yapılan ana diş modelleri ile benzerliklerinin karşılaştırılmasıdır.

## GEREÇ VE YÖNTEM

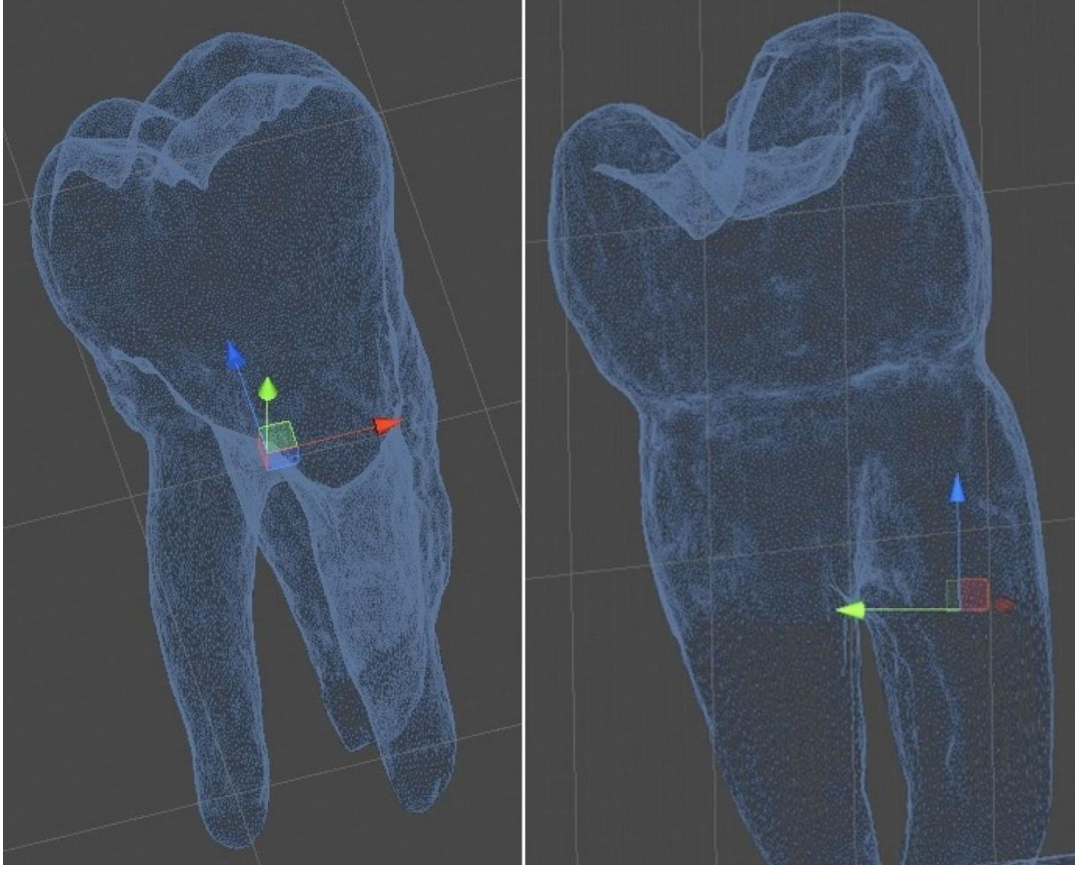
Çalışmamızda kullanılan diş modelleri pembe mumdan oluşturulmakta olup; insan ve hayvanların hiçbir materyal ve verileri çalışmamızda kullanılmadığı için çalışmamızın etik kurul onayına ihtiyacı olmamaktadır. Son beş yıldır bir diş hekimliği fakültesinde prelinik öğrencilerine manipulasyon dersi veren bir protez uzmanı tarafından 3 adet maksillerpremolar ve 3 adet maksillermolar dişlerin pembe mumdan (ModellingWax, Dentsply Detrey, İngiltere) anatomik modelleri gerçek boyutlarının 3 katı büyüklüğünde hazırlandı (Tablo 1).

Diş modellerinin taranması amacıyla önce pembe mumdan hazırlanan diş modellerinin yüzeyleri tarayıcı spreyi (LaborO-SprayS&SScheftner, Almanya) ile kaplandı. Pembe mumdan yapılan diş modelleri, model tarayıcısı (3Shape D700, Copenhagen, Danimarka) ile dijitalleştirildi. Bilgisayar ortamına kaydedilen veriler

daha sonra bilgisayar yazılımı (3Shape DentalSystem, Copenhagen, Danimarka) sayesinde noktacıklardan oluşan, üç boyutlu olarak her yöne çevrilebilen ve üzerinde düzeltme işlemlerinin yapılabildiği sanal bir modele dönüştürüldü. Modeller üzerinde programın düzeltme işlemleri sayesinde eksik kısımları giderilerek modellerin yüzü düzgün bir şekilde STL formatında kaydedildi (Şekil 1). Daha sonra STL formatındaki modeller Ultimaker Cura 4.2.1. (Almanya) programına aktarıldı (Şekil 2) ve 3B yazıcı (Ender 3 D- Creality-Çin) ile fiziksel modelleri oluşturuldu (Şekil 3). 3B yazıcı ile çıktıları alınan diş modelleri tekrar pembe mumdan yapılan ilk diş modelleri karşılaştırıldı. Karşılaştırılma işleminde belirli anatomik mesafeler ölçülerek yapılmıştır (Tablo 2). Pembe modeller ile 3B ile basılan modeller arasında fark olup olmadığı SPSS 22.0 (SPSS Inc, Chicago, ABD) de Bağımlı Örneklem Testi ile incelendi. Anlamlılık düzeyi  $p < 0.05$  olarak belirlendi.



Şekil 1: Pembe mumdan yapılan modellerin bilgisayar ortamında STL dosyasına dönüşmüş halleri.



Şekil 2: Sanal gerçeklikle oluşturulan modeller Ultimaker Cura 4.2.1. (Almanya) programında 3B yazıcı için hazırlanması.



Şekil 3:3B yazılardan elde edilen diş modelleri.

**Tablo 1:** Hazırlanan diş modellerinin boyutları

Diş numarası	Gerçek boyutları	Hazırlanan model boyutları
Maksiller premolar dişi	8.5 mm	25.5 mm
Maksiller premolar dişi	8.5 mm	25.5 mm
Maksiller premolar dişi	8.5 mm	25.5 mm
Maksiller molar dişi	8.0 mm	24 mm
Maksiller molar dişi	8.0 mm	24 mm
Maksiller molar dişi	8.0 mm	24 mm

**Tablo 2:** Pembe model ve 3D yazıcı ile elde edilen modellerde yapılan ölçümler (mm)

Diş Modelleri	Maksillar premolar	Maksillar premolar	Maksillar premolar	Maksillar molar	Maksillar molar	Maksillar molar
Pembe mum model kron boyutları	25.5	25.5	25.5	24	24	24
Pembe mum model kök boyutu	39	39	39	36	36	35
Pembe mum model mediodistal çap	21.5	22.5	21	30	30	31
Pembe mum model bukku palatinal çap	28	28	27	33	33	34
3D model kron boyut	25.5	25.5	25	24	24	23.5
3D model kök boyut	38.6	39	38.5	36	36	34.7
3D model mesiodistal çap	22	22.5	21	30	29	29.8
3D model bukku palatinal	27.2	27.5	27	32.9	33	32.8

## BULGULAR

*MaksillerPremolar Dişlerde:* Pembe mum kron boyutu ortalamaları (25.50 mm) ve 3B yazıcı ile elde edilen modellerin kron boyutu ortalamaları (25.33 mm) olarak bulunmuş olup iki model arasında anlamlı bir fark görülmemiştir (p=0.423). Pembe mum model kök boyutu (39 mm) ve 3B yazıcı model kök boyutu (38.70 mm) ve iki kök arasında anlamlı bir fark görülmemiştir (p=0.188). Pembe mum model mesio-distal çapı ortalaması (21.66 mm) ve 3 B yazıcı model mesio-distal çapı ortalaması (21.83 mm) olarak hesaplanmış ve iki model arasında anlamlı bir fark görülmemiştir (p=0.423).Pembe mum model bukko-palatinal çapı ortalaması (27.66 mm) ve 3B yazıcı model bukko-palatinal çap ortalaması (27.23 mm) olarak hesaplanmış

olup iki çap arasında anlamlı bir fark görülmemiştir (p=0.204).

*MaksillerMolar Dişlerde:* Pembe mum kron boyutu ortalamaları (24 mm) ve 3B yazıcı ile elde edilen modellerin kron boyutu ortalamaları (23.83mm) olarak bulunmuş olup iki model arasında anlamlı bir fark görülmemiştir (p=0.423). Pembe mum model kök boyutu (35.66 mm) ve 3B yazıcı model kök boyutu (35.56 mm) ve iki kök arasında anlamlı bir fark görülmemiştir (p=0.423). Pembe mum model mesio-distal çapı ortalaması (30.33 mm) ve 3B yazıcı model mesio-distal çapı ortalaması (29.60 mm) olarak hesaplanmış ve iki model arasında anlamlı bir fark görülmemiştir (p=0.187). Pembe mum model bukko-palatinal çapı ortalaması (33.33 mm) ve 3B yazıcı model

bukko-palatinal çap ortalaması (32.90 mm) olarak hesaplanmış olup iki çap arasında anlamlı bir fark görülmemiştir (p=0.377).

3B üç boyutlu yazıcı ile çıktıları alınan modellerde ölçüm yapılarak; pembe mumdan yapılan modellerdeki

değerlerle Bağımlı Örneklem Testi ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark çıkmamış olup modellerin benzerliği görülmüştür (Tablo 3).

**Tablo 3:** Pembe mum model ve 3 D model arası bağımlı örneklem T testi

Diş Model Grupları	Ölçüm yerleri	Ortalama (mm)	Standart Sapma	p
Premolar dişler için	Pembe mum model kron boyut-	25.50	.28	0.423
	3D model kron boyut	25.33		
	Pembe mum model kök boyutu-	39	.26	0.188
	3D model kök boyut	38.70		
	Pembe mum mesiodistal çapı-	21.66	.76	0.423
	3D model mesiodistal çapı	21.83		
Molar dişler için	Pembe mum bukko-palatinal boyut-	27.66	.25	0.204
	3D model bukko-palatinal boyut	27.23		
	Pembe mum model kron boyut –	24	.28	0.423
	3D model kron boyut	23.83		
	Pembe mum model kök boyutu-	35.66	.57	0.423
	3D model kök boyut	35.56		
	Pembe mum mesiodistal çapı	30.33	.57	0.187
	3D model mesiodistal çapı	29.60		
	Pembe mum bukko-palatinal boyut-	33.33	.57	0.377
	3D model bukko-palatinal boyut	32.90		

p>0.05 olduğu için modeller arasında fark yoktur.

## TARTIŞMA

Klinik öncesi diş hekimliği eğitimde öğrencilerin tedavi protokollerini uygulayabilmeleri için dişlerin yapı ve anatomilerini iyi bir şekilde öğrenmeleri gerekmektedir (14).

İki boyutlu anlatılan konuların somut hale getirilmesi ve anatomik yapıları karışık olan yapıların detaylarını anlamak için 3B yazıcılar etkili ve bilimsel bir yol sunmaktadır (15). 3B yazıcılar ile birlikte sanal

ortamındaki dijital modeller somut nesnelere halinde üretilebilmektedir. 3B yazdırma teknolojisinin mühendislik, eğitim, tıp ve sanayi gibi birçok farklı alanda yaygın olarak kullanılması kullanıcılarına büyük olanaklar sağlamaktadır. Bu olanaklar, üretim maliyeti ve zamanının düşürülmesinin yanında dijital modellerin yedeklenmesinin kolaylaştırması, geometrik özgürlük ve çevre dostu gibi olanakları sağlamaktadır (16). Akademiye, geçmişte diş hekimliği öğrencileri,

çalışmaları sırasında vakaların simülasyonu için çekilmiş dişlere, insan kadvralarına, rezin bloklara veya ticari olarak hazırlanmış diş kopyalarına güvenmek zorunda kaldılar (17,18). Kliniklerde, optimum erişim, enstrümantasyon ve obturasyon simüle etmek için karmaşık vakaların tedavisine hazırlık için basılı diş reproduksiyonları kullanıldı (17).

Günümüzde, 3B yazdırılmış nesnelere, öğrencilerin farklı ağız yapılarının karmaşıklığını anlamalarını geliştirmek, işlevleri simüle etmek ve en uygun müdahaleyi eğitmek için bir öğretim yardımcısıdır. Yinelenebilir 3B yazdırılmış modeller, standartlaştırılmış öğrencilerin beceri değerlendirmeleri ve bireysel öğrenci becerilerinin ilerlemesi için kullanılır. Diş hekimliği pratiğinde, 3B yazdırılmış modeller pratisyen ve hasta arasındaki iletişimi geliştirebilir. Önerilen tedavinin daha iyi anlaşılması, uyumlu bir tutuma yol açar ve karşılıklı anlayış ve güveni geliştirir (18). Boer ve ark. 2015 yılındaki çalışmalarında plastik dişlerin insan dişlerine göre çok da gerçekçi olmadığını belirtmişlerdir (19). Bunun yanında Höhne ve ark. 3B yazıcı modelleri ve diş hekimliği öğrencileri ile yaptıkları çalışmaları sonucunda özellikle prelinik eğitim için bu modellerin kullanımının faydalı olduğunu belirtmişlerdir (20). Fakat bu görüşlerinin yanında Kröger ve ark. tarafından belirtildiği gibi, bir diş modelinin imalatı karmaşık bir süreçtir ve çeşitli alanlarda birçok beceri gerektirildiğini belirtmektedirler. Doğal bir dişin basit bir kopyası üretilmeyecekse, dişin tasarımının karmaşık olduğunu ve diş modelinin bir eğitim modeline uyarlanması, modeli oluşturmanın zor ve maliyetli olduğunu bildirmişlerdir (21).

Biz bu çalışmamızda prelinik eğitimde kullanılan diş modellerini dijital ortama aktardık ve daha sonra üç boyutlu yazıcılardan fiziksel modeller de elde ederek bu iki yeni modelin güvenilirliğini kontrol ettik. Bu çalışmanın kapsamında, ürettiğimiz 3B yazıcı ile yazdırılmış modellerin görsel kalitelerinin prelinikte kullanılmakta olan fiziksel modellere yakın bir gerçekçiliğe sahip olduğunu gözlemledik. Üretilen diş

modellerinin maliyet analizine bakacak olursak; çalışmamızda kullanılan cihaz 300-watt elektrikle çalışmakta ve kullanılan filamentler de kilo bazında satılmakta olup üretilen her bir diş modelinin yaklaşık maliyeti 5 TL olarak hesaplanmaktadır. Özellikle masa üstü yazıcıların kullandıkları filamentlerin de ucuz olması nedeni ile üretimleri de ucuzdur. 3B yazıcıların kendisinin ve üretim maliyetinin ileriki dönemlerde daha da düşmesi beklenmektedir (21). Bu sayede ileriki dönemlerde prelinik öğrencilerinin bireysel modellere sahip olma imkânı da bulabilecekleri öngörülmektedir.

Çalışmada ürettiğimiz modellerin anatomik ölçümlerine bakıldığında bire bir aynı oranda olmadığı gözlemlenmiştir. İstatistik tablo incelendiğinde özellikle premolar dişler için kök boyutları ve molar dişler için mesio-distal çaplarda benzerlik oranlarının diğer oranlara göre daha az olduğu görülmektedir. 2020 yılında yapılan sanal gerçeklik ile diş modellerinin oluşturulmasıyla ilgili bir çalışmada da çalışmamızdakine benzer şekilde diş yapılarında oluşan sapmaları, sanal gerçeklik modellerinde de göstermişlerdir (22). Sezer ve ark. çalışmasında da özellikle baskı hatalarının STL dosyalarının düzenlenmesi ve elde edilmesi aşamasındaki problemlerden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir (23). Hataların elimine edilmesinde STL dosyalarının elde edilme şeklinin yanı sıra; baskı malzemelerinin çeşitliliği ve doğru yazıcı seçimi de önemli olduğu belirten çalışmalarda mevcuttur (5,7,17,23).

Prelinik eğitiminde laboratuvar simülasyonunun daha iyi ve daha etkili öğrenme deneyimleri sağlamanın ve diş hekimliği öğretim programında gelişen teknolojilerin kullanılmasının teknolojik yönden bilgili yeni nesil öğrencilerde öğrenme ve psikomotor becerilerinin gelişmesine yardımcı olduğunu göstermektedir (24,25).

3B yazıcıların anatomi eğitiminde kullanımına ve uyumuna bakılan bir araştırmada; bazı üniversitelerin anatomi eğitiminde kullanılan kemiklerin yüzey taraması yapılarak 3B teknolojiyi kullandıkları ve bu sayede kadavra ve kemik elde etmede yaşanan zorluklar

üstesinden geldiklerini göstermişlerdir. Eğitim amacıyla yüksek kalitede kadavra ve kemik ihtiyacı olsa da laboratuvarlardaki materyaller hasta ve sağlıklı bireylerdeki kadar çeşitli değildir (26,27).

Bu çalışmanın kısıtlılığı; daha fazla diş modelleri ve farklı baskı materyalleri ile üretim denenebilirdi. Çalışmanın ileri aşamasında çeşitli nedenlerle çekilmiş olan insan dişlerinden 3B yazıcı ile model üreterek, prelinik öğrenciler için anatomik varyasyonlarını gösterebilmek amaçlanmıştır.

Sonuç olarak; 3B yazıcı ile üretilen modellerin pembe mum ile yapılan modeller ile bazı anatomik benzerliklerinin karşılaştırıldığı bu çalışmada;

1-Premolar diş modeller arası en yüksek benzerlik değerleri: kron boyutları ve mesio-distal çapta görülmektedir (p=0.423).

2-Molar diş modeller arası en yüksek benzerlik değerleri: kron boyu ve kök boyunda görülmektedir (p=0.423).

3-3B yazıcı modeller prelinik eğitiminde kullanılabilir doğrulukta olduğu görülmektedir.

**Çıkar Çatışması:** Tüm yazarlar bu çalışma ile ilgili olarak hiçbir çıkar çatışma ve çakışması olmadığını beyan etmektedir.

**Finansal Destek:** Hiçbir kurum ya da kuruluşun finansal destek alınmamıştır.

**Etik Kurul Onamı:** Çalışmada kullanılan diş modelleri pembe mumdun yapılmış olup ve insan ve hayvanların materyal/verileri kullanılmamıştır. Bu nedenle etik onay ihtiyacı yoktur.

**Teşekkür:** Diş modellerinin 3B yazıcıdan üretimi esnasında yardımlarından dolayı Uzm. Dr. Uğur Can Tanülkü'ye teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

1. Akaltan K. Diş hekimliği eğitiminde güncelleme: eğitim ve öğrenim yöntemleri. Selcuk Dental

Journal.2019;6(5):1-20.

Doi:10.15311/selcukdentj.552022.

2. Abdelkarim A, Benghuzzi H, Hamadain E, Tucci M, Ford T, Sullivan D. US dental students' and faculty members' attitudes about technology, instructional strategies, student diversity, and school duration: a comparative study. J DentEduc. 2014;78(4):614-21.
3. Gadbury CC, Purk JH, Williams BJ, Van Ness CJ. Using tablet technology and instructional videos to enhance preclinical dental laboratory learning. J DentEduc. 2014;78(2):250-58.
4. Khatoon B, Hill KB, Walmsley AD. Instant messaging in dental education. J DentEduc. 2015;79(12):1471-78.
5. Demir EBK, Çaka C, Tuğtekin U, Demir K, İslamoğlu H, Kuzu A. Üç boyutlu yazdırma teknolojilerinin eğitim alanında kullanımı: Türkiye'deki Uygulamalar. Ege Eğitim Dergisi. 2016;2(17):481-7.
6. Javaid M, Haleem A, Kumar L. Current status and applications of 3D scanning in dentistry. Clinical Epidemiology and Global Health. 2019;7(2):228-33. Doi:10.1016/j.jobcr.2019.04.004.
7. Berman B. 3-D printing: The new industrial revolution. Business Horizons. 2012;55(2):155-162. Doi:10.1016/j.bushor.2011.11.003.
8. Yalçın B, Ergene B. Endüstride yeni eğilim olan 3B eklemeli imalat yöntemi ve metalurjisi. SDÜ International Journal of Technological Science. 2017;9(3):65-88.
9. Zhang YS, Yue K, Aleman J, Moghaddam KM, Bakht SM, Yang J ve ark. 3D Bioprinting for tissueand organ fabrication. AnnBiomedEng. 2017;45(1):148-63. Doi:10.1007/s10439-016-1612-8.
10. Oberoi G, Nitsch S, Edelmayer M, Janjić K, Müller AS, Agis H. 3D Printing-encompassing the facets of dentistry. Front Bioeng Biotechnol. 2018;22(6):172-185. Doi:10.3389/fbioe.2018.00172.



11. Hung KC, Tseng CS, Dai LG, Hsu SH. Water-based polyurethane 3D printed scaffolds with controlled release function focus to mized cartilage tissue engineering. *Biomaterials*. 2016;83(11):156-68. Doi:10.1016/j.biomaterials.2016.01.019.
12. Elbashti M, Hattori M, Sumita Y, Aswehlee A, Yoshi S, Taniguchi H. Creating a digitized database of maxillofacial prostheses (obturators): A pilot study. *J Adv Prosthodont*. 2016;8(3):219-23. Doi:10.4047/jap.2016.8.3.219.
13. Chen H, Yang X, Chen L, Wang Y, Sun Y. Application of FDM three-dimensional printing technology in the digital manufacture of custom edentulous mandible trays. *Sci Rep*. 2016;14(6):1-6. Doi:10.1038/srep19207.
14. Liu L, Zhou R, Yuan S, Sun Z, Lu X, Li J et al. Training for ceramic crown preparation in the dental setting using a virtual educational system. *Eur J Dent Educ*. 2020;24(2):199-206. Doi:10.1111/eje.12485.
15. Akıllı M, Seven S. 3D bilgisayar modellerinin akademik başarıya ve uzamsal canlandırmaya etkisi: Atom modelleri. *Turkish Journal of Education*. 2014;3(1):14-15.
16. Demir EBK, Çaka C, Tuğtekin U, Demir K, İslamoğlu H, Kuzu A. Üç boyutlu yazdırma teknolojilerinin eğitim alanında kullanımı: Türkiye'deki uygulamalar. *Ege Eğitim Dergisi*. 2016;2(17):481-503.
17. Kfir A, Telishevsky Y, Leitner A, Metzger Z. The diagnosis and conservative treatment of a complex type 3 dens invaginatus using cone beam computed tomography (CBCT) and 3D plastic models. *Int Endod J*. 2013;46(3):275-88. Doi:10.1111/iej.12013.
18. Boer IR, Lagerweij MD, Wesselink PR, Vervoorn JM. Evaluation of the appreciation of virtual teeth with and without pathology. *Eur J Dent Educ*. 2015;19(2):87-94. Doi:10.1111/eje.12108.
19. Höhne C, Schmitter M. 3D printed teeth for the preclinical education of dental students. *J Dent Educ*. 2019;83(9):1100-106. Doi:10.21815/JDE.019.103.
20. Kröger E, Dekiff M, Dirksen D. 3D printed simulation models based on real patient situations for hands-on practice. *Eur J Dent Educ*. 2017;21(4):119-125. Doi:10.1111/eje.12229.
21. Melchels FP, Domingos MA, Klein TJ, Malda J, Bartolo PJ, Huttmacher DW. Additive manufacturing of tissues and organs. *Progress in Polymer Science*. 2011;37(8):1079-1104. Doi:10.1016/j.progpolymsci.2011.11.007.
22. Bulut AC, Sonmez O. Diş hekimliği prelinik eğitimi için sanal gerçeklik ortamında diş modellerinin oluşturulması: Pilot çalışma. *Turk J Clin Lab*. 2020;11(2):42-9. Doi.org/10.18663/tjcl.676506.
23. Sezer H, Şahin H. 3D baskı materyalinin eğitimde kullanımı: quavadis? *Tıp Eğitimi Dünyası*. 2016;46(15):5-13. Doi:10.25282/ted.256103
24. Kato A, Ohno N. Construction of three-dimensional tooth model by micro-computed tomography and application for data sharing. *Clin Oral Investig*. 2009;13(1):43-6. Doi:10.1007/s00784-008-0198-4.
25. Buchanan JA. Use of simulation technology in dental education. *J Dent Educ*. 2001;65(11):1225-31.
26. Malik HH, Darwood AR, Shaunak S, Kulatilake P, El-Hilly AA, Mulki O et al. Three-dimensional printing in surgery: a review of current surgical applications. *J Surg Res*. 2015;199(2):512-22. Doi:10.1016/j.jss.2015.06.051.
27. Sugand K, Abrahams P, Khurana A. The anatomy of anatomy: a review for its modernization. *Anat Sci Educ*. 2010;3(2):83-93. Doi:10.1002/ase.139.