2026

UZMANLIK TEZİ

Dt. Aydan Öztürk



T.C.

ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

3B YAZICILAR İLE ÜRETİLEN DENTAL ANATOMİ MODELLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

UZMANLIK TEZİ

Dt. Aydan Öztürk

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

Ankara, 2026

T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

3B YAZICILAR İLE ÜRETİLEN DENTAL ANATOMİ MODELLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

UZMANLIK TEZİ

Dt. Aydan ÖZTÜRK

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ali Can BULUT
Doç. Dr. H. Sevilay Bahadır

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

Ankara, 2026

T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

3D Yazıcılar ile Üretilen Dental Anatomi Modellerinin Değerlendirilmesi

Dt. Aydan ÖZTÜRK

Uzmanlık Tezi

…/…/2026

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Ali Can BULUT
Doç. Dr. H. Sevilay Bahadır

Jüri Üyeleri
Prof. Dr. Sadullah ÜÇTAŞLI
Prof. Dr. Filiz AYKENT
Doç. Dr. Ali Can BULUT

Okuduğumuz ve Savunmasını dinlediğimiz bu tezin bir Uzmanlık derecesi için gereken tüm kapsam ve kalite şartlarını sağladığını beyan ederiz.

Prof. Dr. Adnan ÖZTÜRK
Dekan V.

Bu tezin Uzmanlık derecesi için gereken tüm şartları sağladığını tasdik ederim.

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda patent ve telif haklarını ihlal edici etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tezde kullanılmış olan tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

…./…/2026

Aydan ÖZTÜRK

TEŞEKKÜR

Bugün bulunduğum noktaya gelmemde emeği, sevgisi ve fedakarlıklarıyla her zaman yanımda olan babam Ali Öztürk'e sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ali Can Bulut'a ve değerli katkılarıyla çalışmama destek veren eş danışmanım Sayın Doç. Dr. H. Sevilay Bahadır'a içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlanma fırsatı bulduğum, katkı ve desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Filiz Aykent'e ve Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nın değerli öğretim üyelerine teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamın yürütülmesi sürecinde sağladıkları katkı ve desteklerinden dolayı MedeaSoft A.Ş.'ye teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince destekleri, anlayışları ve motivasyonlarıyla her zaman yanımda olan değerli dostlarım Said Toksöz, Sümeyye Türe, Ezgi Yasun, Beyza Koç, Ayşe Tunca, Burak Alemdağ ve Elif Çelik'e içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **viii**
ABSTRACT ..... **ix**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **x**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xi**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **xii**
1.GİRİŞ **1**
2. GENEL BİLGİLER **4**
2.1. Eğitim Nedir? 4
2.2. Eğitim Çeşitleri Nelerdir? 5
2.2.1. Verildiği Ortama Göre Eğitim Türleri 5
2.2.2. Amacına Göre Eğitim Türleri 6
2.2.3. Zamana ve Yönteme Göre Eğitim Türleri 6
2.2.4. Yaşa ve Hedef Kitleye Göre Eğitim Türleri 6
2.2.5. İçeriğine Göre Eğitim Türleri 7
2.3. Diş Hekimliğinde Eğitim Çeşitleri? 7
2.4. Diş Hekimliğinde Preklinik Eğitimi Nedir? 8
2.4.1. Preklinik Eğitiminde Kullanılan Teknolojik Ürünler? 10
2.4.1.1. Sanal Gerçeklik ile Diş Modelleri 10
2.4.1.2. Sanal Gerçeklik ve Haptik Simülasyonlar 10
2.4.1.3. Genişletilmiş Gerçeklik Teknolojileri (XR) 11
2.5. Diş Hekimliğinde Dijital 11
2.6. 3B Baskı 12
2.6.1. 3B Yazıcılar ve Üretim Çeşitleri 13
2.6.1.1. Eksiltmeli Üretim 13
2.6.1.2. Eklemeli Üretim 14
2.6.2. 3B Dijital Modelin Oluşturulması 14
2.6.2.1. 3B Görsel İşleme ve Katmanlama 14
2.6.2.2. 3B Baskı Süreci 15
2.6.2.3. İşlem Sonrası Uygulamalar (Post-Processing) 15
2.6.3. 3B Baskı Yöntemlerinin Sınıflandırılması 15
2.6.2.4. Stereolitografi (SLA) 16
2.6.2.5. Dijital Işık İşleme (DLP) 17
2.6.2.6. Fotopolimer Püskürtme (PolyJet Baskılama) 17
2.6.2.7. Eriyik Yığma Modelleme (FDM) 17

2.6.2.8. Seçici Lazer Sinterleme (SLS) / Seçici Lazer Ergitme (SLM) 17
2.7. Diş Hekimliğinde 3B'nin Yeri? 17
2.7.1. Ağız Diş ve Çene Cerrahi 17
2.7.2. Ortodonti 18
2.7.3. Periodontoloji 20
2.7.4. Endodonti 21
2.7.5. Protetik Diş Tedavisi 22
2.7.5.1. SLA, DLP, SLS Teknolojileri ve Protez Modelleri 23
2.7.5.2. Metal Bazlı Protez Üretimi – SLM/DMLS 23
2.7.5.3. Kişiselleştirilmiş Protezler, Cerrahi Kılavuzlar 23
2.8. 3B Modellerin Diş Hekimliği Eğitimde Kullanım Alanları 24
2.9. Likert Ölçeğinin Temel Amacı ve Kullanımı 24
2.9.1. Maddelerin ve Ölçek Tiplerinin Çeşitliliği 25
2.9.2. Geçerlik ve Güvenilirlik Tartışmaları 25
2.9.3. Veri Türü ve Ölçek Seviyesi Tartışmaları 26
3. MATERYAL VE YÖNTEM 28
3.1. Dişlerin Modellenmesi 28
3.2. Diş Modellerinin Üretilmesi 31
3.3. Anket Uygulaması 36
3.4. istatistiksel Analiz 45
4. BULGULAR 47
5. TARTIŞMA 61
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 72
7. KAYNAKLAR 73
8. EKLER 80
EK-1. Etik Kurul Onayı 80
EK-2. Özgeçmiş 81

ÖZET

3B Yazıcılar ile Üretilen Dental Anatomi Modellerinin Değerlendirilmesi

Bu in vitro çalışmada, sanal ortamda tasarlanan dişlerin 3B baskıda üretilmesi ve modellerinin anatomik doğruluk, boyutsal uygunluk, detay seviyesi ve eğitimsel fayda açısından değerlendirilmesini amaçlanmıştır.

Alt ve üst çene kesici dişler, premolar dişler ve molar dişler olmak üzere 28 adet diş literatürdeki boyutlarında ve literatürdeki boyutların 3 katı olacak şekilde toplamda 56 adet diş modeli ve maksiller, mandibular çene modelleri üretilmiştir. Çalışmaya diş hekimliği alanında görev yapan 35 öğretim üyesi (11 erkek, 24 kadın) katılmıştır. Preklinik dersi veren 35 gönüllü katılımcıya toplam 30 soruluk likert ölçekli anket uygulandı. Elde edilen verilerin Mann–Whitney U testi, Spearman korelasyonu ve çoklu doğrusal regresyon analizleri uygulanmıştır.

Elde edilen sonuçlar, tüm alt boyutlarda ortalama puanların yüksek düzeyde olduğunu (4,49±4,69) göstermiştir. Cinsiyet değişkenine göre yalnızca mandibular molar dişlerin oklüzal yüzey özelliklerine ilişkin maddede anlamlı fark saptanmıştır ($p<0,05$). Korelasyon analizleri, anatomik detay seviyesi, anatomik doğruluk, boyutsal uygunluk ve eğitimsel fayda arasında pozitif ve anlamlı ilişkiler olduğunu ortaya koymuştur. Regresyon analizlerine göre anatomik detay seviyesi, anatomik doğruluk ve boyutsal uygunluğu anlamlı biçimde belirlediğini; anatomik doğruluk, eğitimsel uygunluk ve genel faydayı pozitif yönde etkilemiştir.

Anahtar Kelimeler: 3B yazıcı, anatomik doğruluk, dental anatomi, dental eğitim, morfolojik eğitim

ABSTRACT

Evaluation of Dental Anatomy Models Produced Using 3B Printing

In this in vitro study, it was aimed to produce teeth designed in a virtual environment using three-dimensional (3B) printing technology and to evaluate the resulting models in terms of anatomical accuracy, dimensional accuracy, anatomical detail level, and educational benefit.

A total of 28 teeth, including maxillary and mandibular incisors, premolars, and molars, were disayned according to dimensions reported in the literature and additionally scaled to three times their original dimensions. Thus, a total of 56 tooth models, along with maxillary and mandibular jaw models, were produced. The study included full time work as 35 faculty members working in the field of dentistry (11 males, 24 females). A 30-item Likert-scale questionnaire consisting of four sub-dimensions was administered to 35 voluntary participants who were actively involved in preclinical education. The collected data were analyzed using the Mann–Whitney U test, Spearman correlation analysis, and multiple linear regression analysis.

The results demonstrated that the mean scores of all sub-dimensions were at a high level (4.49±4.69). According to the gender variable, a statistically significant difference was observed only in the item related to the occlusal surface characteristics of mandibular molar teeth ($p<0.05$). Correlation analyses revealed positive and significant relationships between anatomical detail level, anatomical accuracy, dimensional accuracy, and educational benefit. Regression analyses indicated that anatomical detail level significantly predicted anatomical accuracy and dimensional accuracy, while anatomical accuracy positively influenced educational suitability and overall benefit.

Keywords: 3D printer, anatomical accuracy, dental anatomy, dental education, morphological education

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

3B	: Üç Boyutlu
ANOVA	: Analysis of Variance (Varyans Analizi)
AR	: Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)
ark.	: Arkadaşları
ASTM	: American Society for Testing and Materials (Amerikan Test ve Malzeme Kurumu)
CAD/CAM	: Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli Tasarım / Bilgisayar Destekli Üretim)
CBCT	: Cone Beam Computed Tomography (Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi)
Co-Cr	: kobalt-krom
DMLS	: doğrudan metal lazer sinterleme
FDM	: Eriyik Yığma Modelleme
HDT	: Heat Deflection Temperature (Isı Dayanım Sıcaklığı)
IPA	: İzopropil Alkol
ISO	: International Organization for Standardization (Kalite Yönetim Sistemi)
mm	: Milimetre
PEEK	: Polieter-Eter-Keton
SLA	: Stereolitografi
SLS	: Seçici Lazer Sinterleme
Ti	: Titanyum
UV	: Ultraviyole
VR	: Sanal Gerçeklik (Virtual Reality)
XR	: Genişletilmiş Gerçeklik (Extended Reality)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. *Şekil1 3B baskı teknolojilerinin sınıflandırılması* 16
Şekil 3.1. *Zbrush programında tasarlanan alt santral diş* 29
Şekil 3.2. *Zbrush programında tasarlanan alt premolar diş* 29
Şekil 3.3. *Zbrush programında tasarlanan alt molar diş* 30
Şekil 3.4. *Tasarlanan diş modellerinin dijital ortamda yazıcı tablasında 45 derece basım açısıyla konumlandırılması* 33
Şekil 3.5. *Tasarlanan diş modellerinin dijital ortamda yazıcı tablasında konumlandırılması* 33
Şekil 3.6. *Ackurretta freeshape 120 (Ackuretta Technologies Inc., Taipei, Taiwan) baskı cihazı* 34
Şekil 3.7. *Diş modellerinin basılmasında kullanılan Bilkim marka model rezini* 35
Şekil 3.8. *3B yazıcıda basılmış diş modellerinin görüntüsü* 36
Şekil 4.1. *Bölümlerin cinsiyete göre ortalama yanıtları* 59
Şekil 4.2. *Yaşa göre bölüm toplam puanlarının dağılımı* 60

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. *Dişlerin standart ölçüleri: Ortalama boyutlardaki dişlerin çizimi ve yontulması için özellikler* 32

Tablo 4.1. *Katılımcı özellikleri* 47

Tablo 4.2. *Anatomik doğruluk (Şekil ve morfoloji) maddelerine verilen yanıtların cinsiyete göre dağılımı* 48

Tablo 4.3. *Boyutsal uygunluk maddelerine verilen yanıtların cinsiyete göre dağılımı* 49

Tablo 4.4. *Anatomik detay seviyesi maddelerine verilen yanıtların cinsiyete göre dağılımı* 50

Tablo 4.5. *Eğitimsel uygunluk ve genel fayda* 51

Tablo 4.6. *Bölümlerin ortalama ve standart sapma değerleri* 52

Tablo 4.7. *Normal dağılım test sonuçları* 52

Tablo 4.8. *Maddelerin cinsiyete göre farklılıkları Manny-Whitney U testi* 53

Tablo 4.9. *Bölümlerin cinsiyete göre farklılıkları Manny-Whitney U testi* 56

Tablo 4.10. *Bölümler arasında spearman korelasyonu* 56

Tablo 4.11. *Akademik detay seviyesi için regresyon analizi* 57

Tablo 4.12. *Anatomik doğruluk için regresyon analizi* 57

Tablo 4.13. *Boyursal uygunluk için regresyon analizi* 58

Tablo 4.14. *Eğitimsel uygunluk ve genel fayda için regresyon analizi* 59

1.GİRİŞ

Eğitim, insanlık tarihi boyunca toplumsal yaşamın ve kültürel aktarımın temel bir unsuru olarak var olmuş; başlangıçta aile ve toplum içi deneyimlerle aktarılan informal öğrenme süreçleri şeklinde ortaya çıkmıştır. Antik uygarlıklarda eğitim, sistemli bir yapıya kavuşarak yazılı belgeler aracılığıyla düzenli bilgi aktarımına geçmiştir. Orta Çağ'da eğitim kurumları din merkezli yapılarda sürdürülürken, 18. yüzyıldaki Aydınlanma dönemiyle birlikte modern okul sistemi, bilimsel düşünce ve yapılandırılmış öğretim programları önem kazanmıştır. 20. yüzyılda pedagojik kuramların gelişmesi, zorunlu eğitimin yaygınlaşması ve teknoloji destekli öğrenme araçlarının ortaya çıkmasıyla eğitim çok daha sistematik, erişilebilir ve disiplinler arası bir nitelik kazanmıştır (Gutek, 2014; Demirel, 2019).

Eğitim, bireyin bilgi, beceri, tutum ve değerler kazanmasını sağlayan, planlı ve sistemli bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Bu süreç; bilişsel, duyuşsal ve psikomotor alanlarda gelişimi destekleyerek kişinin topluma uyumunu kolaylaştırmayı amaçlar. Özellikle sağlık bilimlerinde eğitim, teorik bilginin yanı sıra uygulamalı deneyim ve klinik becerilerin kazandırılmasını gerektiren çok boyutlu bir yapıya sahiptir (Demirel, 2019).

Diş hekimliği eğitimi, öğrencilerin klinik karar verme becerilerini geliştirmelerini, el becerilerini güçlendirmelerini ve profesyonel etik ile hasta iletişimi konularında yetkinlik kazanmalarını hedefleyen kapsamlı bir süreçtir. Bu eğitim sürecinin temel bileşenlerinden biri olan preklinik çalışmalar, öğrencilerin gerçek klinik ortamla karşılaşmadan önce güvenli ve kontrollü bir laboratuvar ortamında pratik yapmalarına olanak tanır. Böylece öğrenciler hem hatalarını görerek öğrenir hem de klinik süreçler için gerekli motor becerilerini geliştirirler (Manakil ve George, 2015; Akaltan, 2019).

Klinik öncesi diş hekimliği eğitimi, öğrencilerin hastayla karşılaşmadan önce gerekli el becerilerini ve psikomotor yetkinlikleri geliştirmelerine olanak tanır (Perry vd., 2015).

Preklinik dönemde, öğrencilerin gerçek klinik durumların benzetimlerini içeren uygulamalarla eğitim almaları, ileride karşılaşacakları tedavi süreçlerine daha iyi hazırlanmalarını sağlar. Bu aşamada kullanılan bilgisayar tabanlı sistemler ve sanal gerçeklik teknolojileriyle zenginleştirilmiş öğrenme ortamları; yalnızca restoratif işlemlerin pratiğini değil, aynı zamanda enfeksiyon kontrolü, iletişim becerileri ve sanal hasta senaryoları gibi farklı alanlardaki yetkinliklerin gelişimini de desteklemektedir. Ayrıca, standardize edilmiş hastaların eğitim sürecine dahil edilmesi; öğrencilerin hasta iletişimi, klinik değerlendirme ve tedavi planlaması becerilerini yapılandırılmış bir ortamda geliştirmelerine önemli katkı sunmaktadır **(**Manakil ve George, 2015; Akaltan**,** 2019).

Günümüz dünyasında dijitalleşmenin hız kazanmasıyla birlikte bilgisayar tabanlı teknolojiler, diş hekimliği uygulamalarında giderek daha geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Diş hekimliği fakülteleri; teorik ders içeriklerinde, preklinik ve klinik laboratuvar eğitimlerinde dijital X-ışını görüntüleme sistemleri, bilgisayar destekli beceri geliştirme simülatörleri ve robotik hasta modelleri gibi çeşitli dijital simülasyon araçlarından yararlanmaktadır **(**Tosun, 2021**).**

Üç boyutlu (3B) yazıcı teknolojisinin temelleri, 1980'li yılların başında katmanlı üretim prensibine dayanan ilk prototiplerin geliştirilmesiyle atılmıştır. Stereolitografi (SLA) yöntemi, 1986 yılında Charles Hull tarafından patentlenmiş ve böylece modern 3B baskı süreçlerinin başlangıcı kabul edilmiştir. Bunu takip eden yıllarda seçici lazer sinterleme (SLS) ve eriyik yığma modelleme (FDM) gibi farklı üretim yöntemleri geliştirilerek teknolojinin kullanım alanı önemli ölçüde genişlemiştir. 2000'li yıllardan itibaren dijital tasarım araçlarının ve bilgisayar destekli modellemenin gelişmesiyle 3B üretim daha hızlı, daha erişilebilir ve daha hassas hâle gelmiş; sağlık, mühendislik, eğitim ve endüstriyel üretim gibi birçok alanda yaygın olarak uygulanmaya başlamıştır (Ngo vd., 2018; Gibson vd., 2015).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin temelleri 1986 yılında atılmış olup, bu tarihten itibaren gelişmiş imalat tekniklerindeki ilerlemelerle birlikte hızla evrilerek farklı disiplinlerde önemli bir araştırma ve uygulama alanı hâline gelmiştir. Yaklaşık kırk yıllık gelişim süreci boyunca 3B baskı, üretim süreçlerinin dijitalleşmesine öncülük eden ve yenilikçi potansiyeli giderek artan bir teknoloji olarak dikkat çekmektedir (Quan vd., 2020).

Üç boyutlu baskı teknolojisi, dijital olarak oluşturulmuş bir tasarımın ardışık katmanlar hâlinde yapılandırılmasıyla fiziksel bir ürüne dönüştürülmesini sağlayan ileri bir üretim yöntemidir. Söz konusu teknoloji, geleneksel imalat süreçlerine göre hem işlem süresini kısaltması hem de ölçüsel doğruluğu artırması nedeniyle dikkat çekmektedir. Bu özellikleri sayesinde kişiye özgü protezlerin hazırlanması, cerrahi rehberlerin üretilmesi ve ortodontik apareylerin tasarlanması gibi diş hekimliği uygulamalarında önemli bir kolaylık ve verimlilik sağlamaktadır (Oberoi vd., 2018).

Günümüzde üç boyutlu baskı teknolojisi, hasarlı dişlerin rehabilitasyonunda kullanılan kişiye özel çıkarılabilir parsiyel protezlerin üretiminde yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu protezler; kron, köprü, diş ve dental ark gibi çeşitli restoratif bileşenleri içerecek şekilde dijital olarak tasarlanabilmektedir. Restorasyonların üretiminde çoğunlukla reçine temelli ve parafin kökenli baskı materyalleri tercih edilmektedir. Üç boyutlu baskı ile elde edilen restorasyonların yüzey kalitesinin daha düzgün olması, estetik beklentileri karşılama açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır (Chen ve Wei, 2025). Aynı zamanda diş ve tıp eğitiminde model üretimi bu 3B yazıcıların kullanım kolaylığı sayesinde son yıllarda yaygınlaşmıştır (Chen ve Wei, 2025; Akaltan**,** 2019).

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Eğitim Nedir?

Hahn ve Truman (2015), eğitimi bireylere bilgi, beceri ve değerlerin sistematik ve amaçlı bir biçimde kazandırıldığı bilinçli bir süreç olarak tanımlamaktadır (Hahn ve Truman, 2015). Bu süreçte öğrenen birey, yalnızca bilişsel düzeyde bilgi edinmekle sınırlı kalmaz; aynı zamanda toplumsal ve bireysel yaşamında kullanabileceği zihinsel, duyuşsal ve etik yeterlilikleri de geliştirir (Hahn ve Truman, 2015).

Bu bağlamda eğitim, bireyin yalnızca bilişsel gelişimini destekleyen bir süreç değil; aynı zamanda mesleki etik değerlerinin, sosyal sorumluluk bilincinin ve iletişim becerilerinin yapılandırılmasına katkı sağlayan planlı bir etkileşim süreci olarak değerlendirilmektedir (Sönmez, 2019).

Eğitim, insanın entelektüel kapasitesini artırmakla birlikte, ahlaki ve sosyal yönlerini de bütüncül biçimde inşa eden sistematik bir eylem alanı olarak görülmektedir ve bireyin resmi ve deneyimsel öğrenme süreçleri yoluyla kazandığı bilişsel, duyuşsal, fiziksel ve sosyal yetkinliklerin bütünüdür. Eğitim düzeyi, sabit bir durumdan çok; bireyin bilgi, beceri ve yetkinliklerinin zamanla gelişimini yansıtan dinamik bir yapıdır (Fidan ve Erden, 1998).

Eğitim kavramının yalnızca bilişsel değil, aynı zamanda değer temelli bir boyutu da bulunmaktadır. Eğitim, bilgi aktarımının ötesinde, bireyin bilişsel, duyuşsal ve sosyal yönleriyle bütüncül gelişimini hedefleyen anlamlı bir süreçtir. Eğitimi öğretimden ayırarak, onun ahlaki ve felsefi bir boyut taşıdığını ve bireylerin çok yönlü gelişimine olanak sağladığını vurgulamaktadır. Bu anlayışa göre eğitim, yalnızca teknik bilgi ve becerilerin kazandırılmasıyla sınırlı kalmayıp; bireylerin etik duyarlılığını, düşünsel olgunluğunu ve toplumsal sorumluluk bilincini geliştirmeyi amaçlayan kapsamlı bir süreçtir (Fidan ve Erden, 1998),

Eğitim hem bir süreç hem de bu sürecin sonucunda ortaya çıkan bir ürün olarak değerlendirilmektedir. Bu yönüyle eğitim, bireylere yalnızca bilgi kazandırmakla kalmaz; aynı zamanda eleştirel düşünme ve akıl yürütme becerilerini geliştirir,

değerler sistemi oluşturur, sosyo-duygusal farkındalığı güçlendirir ve etkili sosyal etkileşim kurma yeterliliği kazandırır (Hahn ve Truman, 2015).

Eğitim, bireyin yaşantıları aracılığıyla davranışlarında kasıtlı ve bilinçli değişiklikler meydana getirmeyi amaçlayan dinamik bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Bu süreç, bireye bilgi, beceri, tutum ve değerlerin sistemli biçimde kazandırılmasıyla gerçekleşmektedir (Demirel, 2019).

2.2. Eğitim Çeşitleri Nelerdir?

Eğitim, toplumların kültürel, ekonomik ve teknolojik gelişimini şekillendiren temel dinamiklerden biridir. Farklı hedefler, yöntemler ve öğrenme ortamları doğrultusunda çeşitlilik gösteren bu süreç, bireylerin bilgi, beceri ve değer kazanımlarını sistematik biçimde desteklemektedir. Bu bağlamda eğitim; örgün, yaygın, formal, informal ve uzaktan eğitim gibi farklı türlerde sınıflandırılmakta ve her biri bireyin yaşam boyu öğrenme sürecine katkı sağlamaktadır (UNESCO, 2020; Güçlü, 2020; Bozkurt, 2020).

2.2.1. Verildiği Ortama Göre Eğitim Türleri

Eğitim, gerçekleştirildiği ortama göre genel olarak üç temel kategori altında incelenmektedir: örgün (formal), yaygın (non-formal) ve kendiliğinden (informal) eğitim. Örgün eğitim, belirli bir yaş grubuna yönelik olarak önceden planlanmış programlar çerçevesinde devlet veya özel kurumlar tarafından yürütülen sistemli bir öğrenme sürecidir. Bu tür eğitim, ilkokuldan yükseköğretime kadar uzanan kademeli bir yapıya sahip olup, sonunda diplomayla belgelenen bir öğrenme çıktısı sunmaktadır. (Demirel, 2019; Merriam ve Brockett, 2007). Yaygın eğitim ise, örgün eğitim sistemine dâhil olmayan bireylerin gereksinimlerine göre şekillenen, daha esnek ve uygulamaya dayalı öğrenme etkinliklerini kapsamaktadır. Halk eğitim merkezleri, meslek edindirme kursları ve çeşitli kişisel gelişim programları bu kapsamda değerlendirilebilir (Güçlü, 2020).

2.2.2. Amacına Göre Eğitim Türleri

Eğitimin amacına göre yapılan sınıflandırma, bireyin kişisel gelişimi ile toplumsal uyum süreci açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda genel eğitim, bireyin kültürel birikimini artırmayı, entelektüel kapasitesini geliştirmeyi ve toplumsal değerlere uyum sağlamasını hedefleyen bir süreçtir. Buna karşılık mesleki eğitim, bireyin belirli bir iş veya meslek alanında gerekli bilgi, beceri ve tutumları edinmesini amaçlayan, daha uygulamaya dönük bir eğitim türü olarak tanımlanmaktadır (Demirel, 2019).

2.2.3. Zamana ve Yönteme Göre Eğitim Türleri

Eğitim süreci, zaman ve uygulama yöntemleri açısından farklı biçimlerde gerçekleştirilebilmektedir. Zaman boyutuna göre eğitim, tam zamanlı ve yarı zamanlı olmak üzere iki temel kategoride ele alınmaktadır. Tam zamanlı eğitim, öğrencilerin tüm zamanlarını öğrenme faaliyetlerine ayırdığı planlı bir sistem iken; yarı zamanlı eğitim, çalışma yaşamı veya diğer sorumlulukları bulunan bireylerin eğitim olanaklarından yararlanmasına imkân tanıyan esnek bir modeldir (Merriam ve Baumgartner, 2020).

Yöntem boyutunda ise eğitim; yüz yüze, uzaktan ve hibrit (karma) öğretim biçimlerinde yürütülmektedir. Özellikle teknolojik ilerlemelerle birlikte uzaktan eğitim uygulamaları, öğrenme sürecinde mekândan ve zamandan bağımsız etkileşim olanakları sunmakta; bu durum pandemi süreciyle birlikte küresel ölçekte yaygınlık kazanarak eğitime yeni bir boyut kazandırmıştır (Bozkurt, 2020).

2.2.4. Yaşa ve Hedef Kitleye Göre Eğitim Türleri

Eğitim, bireyin yaşam döngüsü boyunca süreklilik gösteren dinamik bir süreçtir. Bu bağlamda eğitim; okul öncesi, ilköğretim, ortaöğretim, yükseköğretim ve yetişkin eğitimi olmak üzere farklı kademelerde yapılandırılmaktadır (Başaran, 2008). Her eğitim kademesi, bireyin bilişsel, duyuşsal ve sosyal gelişim aşamalarına uygun öğrenme deneyimleri sunmayı amaçlamaktadır. Özellikle yetişkin eğitimi, bireylerin mesleki yetkinliklerini güncellemelerine ve kişisel gelişimlerini sürdürmelerine olanak

tanıyan, yaşam boyu öğrenme anlayışının temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

2.2.5. İçeriğine Göre Eğitim Türleri

Eğitim, bireyin bilişsel, duyuşsal ve psikomotor alanlarda çok yönlü gelişimini amaçladığından, içeriğine göre farklı türlerde sınıflandırılmaktadır. Bu bağlamda eğitim; ahlak eğitimi, sanat eğitimi, sağlık eğitimi, vatandaşlık eğitimi spor eğitimi ve bilimsel eğitim gibi çeşitli alanları kapsamaktadır (Sönmez, 2019). Bu türler, bireyin yalnızca bilgi edinmesini değil, aynı zamanda değer, tutum ve davranış geliştirmesini de hedefleyerek bütüncül bir gelişim anlayışını desteklemektedir (Sönmez, 2019).

Ayrıca, mesleki eğitim, bireylere belirli bir meslek alanında gerekli bilgi, beceri ve tutumları kazandırmayı amaçlayan uygulamalı bir eğitim türüdür. Özel eğitim**,** engelli bireylerin özel gereksinimlerini karşılamaya yönelik olarak düzenlenen, bireyselleştirilmiş öğrenme süreçlerini kapsamaktadır. Uzaktan eğitim**,** teknolojik araçlar yardımıyla mekândan bağımsız biçimde sürdürülen öğrenme faaliyetlerini ifade ederken; yaşam boyu eğitim, bireyin yaşamı boyunca devam eden sürekli öğrenme süreçlerini içeren bir yaklaşımdır (Merriam ve Brockett, 2007).

2.3. Diş Hekimliğinde Eğitim Çeşitleri?

Diş hekimliği eğitiminin temel amacı, öğrencilerin klinik yeterliliklerini ve uygulama becerilerini geliştirmelerine olanak sağlamaktır. Klinik eğitim, diş hekimliği müfredatının önemli bir bölümünü oluşturarak programın yaklaşık dörtte üçünü kapsamaktadır. Bu süreç, özellikle protetik ve restoratif tedavilere yönelik psikomotor becerilerin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Öğrenciler, fakülte öğretim üyelerinin rehberliğinde belirlenmiş klinik becerileri uygulamalı olarak deneyimleme imkanı bulurlar.

Klinik öncesi (preklinik) eğitim ise genellikle insan merkezli kişi merkezli öğrenme standartlarını desteklemek amacıyla simülasyon hastalar veya fantom modeller kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Ancak bu eğitim aşaması, çoğunlukla restoratif işlemlerle sınırlı kalmakta ve öğrencilerin klinik ortamdaki hasta iletişimi,

enfeksiyon kontrolü ve gerçek klinik uygulama deneyimlerini geliştirme açısından sınırlı katkı sunmaktadır.

Bu bağlamda, diş hekimliği eğitimi yalnızca lisans düzeyinde sınırlı kalmamakta; yaşam boyu öğrenme ilkesi doğrultusunda bireyin mesleki gelişimini sürdürmesini hedefleyen sürekli eğitim süreçlerini de içermektedir (Kneebone, 2005; Licari ve Chambers, 2008; Patel, 2024).

2.4. Diş Hekimliğinde Preklinik Eğitimi Nedir?

Diş hekimliği eğitiminde öğrenciler, klinik uygulamalara geçmeden önce kavramsal bilgilerin kazandırıldığı preklinik teorik (didaktik) derslere katılmakta ve ardından bu bilgileri laboratuvar ortamında uygulamalı olarak pekiştirmektedir. Preklinik aşama, öğrencilerin klinik beceriler geliştirmeye başlamadan önce gerekli psikomotor ve bilişsel temelleri edinmelerine olanak tanıyan kritik bir süreçtir.

Klinik eğitimin etkin biçimde sürdürülebilmesi ve öğrencilerin hasta üzerindeki uygulamalara hazır hâle gelmeleri için preklinik dönemde kişi merkezli eğitim yaklaşımının benimsenmesi önem taşımaktadır. Bu yaklaşım, öğrencilerin yalnızca teknik beceriler kazanmasını değil, aynı zamanda insani değerler, empati ve etik sorumluluk bilincini geliştirmelerini de amaçlamaktadır (Şube ve Frankel, 2016). Kişi merkezli eğitim yaklaşımının preklinik ortamlara entegrasyonunda, anatomik modeller ve simülasyon maketleri temel öğretim araçları olarak kullanılmaktadır.

Laboratuvar ortamında öğrenciler, simülasyon kafalara monte edilen modeller üzerinde işlemleri defalarca tekrarlama olanağı bulmakta; böylece psikomotor becerilerini geliştirerek el hakimiyetlerini ve teknik yeterliklerini artırmaktadır (Marei vd., 2015).

Eğitim sürecinde öğretim elemanlarının; anatomik modeller, eğitim videoları, görsel materyaller ve demonstrasyon tekniklerinden yararlanarak öğrencilerin gerekli klinik davranışları güvenli ve tekrarlanabilir bir ortamda kazanmalarını sağlaması gerekmektedir. Bu süreç, öğrencilerin hem klinik becerilerini hem de hasta iletişimi, etik farkındalık ve problem çözme becerilerini geliştirmelerine katkı sunmaktadır.

Preklinik dönemde, yalnızca anatomik maketler değil, haptik geri bildirimli simülatörler de kullanılmalıdır. Bu tür cihazların psikomotor beceriler üzerinde olumlu etkisi gösterilmiştir (Bulut ve Sönmez, 2020). Ayrıca sanal gerçeklik temelli modellerle oluşturulan 3B diş anatomileri, öğrencilerin laboratuvarda daha gerçekçi bir deneyim elde etmesine olanak tanımaktadır (Bulut ve Sönmez, 2020). Sosyal ve etik becerilerin geliştirilmesi açısından, simülasyon sistemleri yalnızca teknik değil, aynı zamanda iletişim, empati ve profesyonellik gibi "kişi merkezli" yönleri de desteklemelidir (Taner vd., 2017).

Sonuç olarak, preklinik eğitimde kişi merkezli yaklaşımın benimsenmesi; öğrencilerin klinik uygulamalara daha donanımlı, empatik ve etik değerlere duyarlı biçimde hazırlanmasını desteklemekte, aynı zamanda diş hekimliği eğitiminde öğrenme kalitesini artırmaktadır (Akaltan**,** 2019).

Preklinik dönemde öğrenciler, öncelikle anatomik modeller üzerinde çalışarak temel becerileri kazanır ve yeterlilik düzeyine ulaştıktan sonra gerçek hastalarla klinik uygulamalara geçebilirler. Bu süreçte kullanılan anatomik modeller ve simülasyon maketleri, erişkin eğitiminde önemli avantajlar sağlar (Perry vd., 2015; Koolivand vd.,2024).

Bu materyaller; öğrenme sürecini kolaylaştırarak öğrencinin beceri gelişimini hızlandırır, klinik yeterliliğe ulaşmak için gereken tekrar sayısını azaltır ve öğrencinin güvenli bir ortamda uygulama yapmasına olanak tanır. Ayrıca klinik vaka sayısının sınırlı olduğu durumlarda da çeşitli senaryolar üzerinden deneyim kazanmayı mümkün kılar (Issenberg vd., 2005).

Simülasyon ortamında gerçekleştirilen uygulamalar, temel becerilerin gelişmesi için gerekli zamanı kısaltarak hem eğitimin verimliliğini hem de maliyet etkinliğini artırır. Bunun yanında, öğrencilerin hatalarını gerçek hastalar üzerinde denemeden fark etmelerine ve düzeltmelerine imkân tanıdığı için hasta güvenliği açısından da önemli bir katkı sağlar. Bu yönüyle preklinik simülasyon eğitimi hem öğrencinin psikomotor becerilerini hem de mesleki özgüvenini geliştiren kritik bir aşamadır (Al-Saud ve Mushtaq, 2017).

Dental simülatörlerde uygulama yapmak; hastaya zarar vermeyi engelleyerek, kontrollü ve güvenli bir ortamda öğrencilerin başlıca becerilerine yardımcı olur.

Bununla birlikte son model teknolojiyle donatılmış simülasyon laboratuvarları bile, öğrencilerin klinik ortamda geniş seçenekli tedavi tekniklerini uygulayarak hasta tedavi etmeleri için yeterli deneyim kazandıramazlar (Özmen ve Ceylan, 2023).

2.4.1. Preklinik Eğitiminde Kullanılan Teknolojik Ürünler?

2.4.1.1. Sanal Gerçeklik ile Diş Modelleri

Günümüzde hızla gelişen dijital teknolojiler, diş hekimliği eğitiminde önemli bir dönüşüm yaratmaktadır; bu bağlamda sanal gerçeklik (VR) uygulamaları, öğrencilerin üç boyutlu dijital modellerle etkileşim kurarak daha gerçekçi ve etkili bir öğrenme deneyimi yaşamalarına olanak tanımaktadır. Bir pilot çalışma kapsamında, çevreleyici sanal gerçeklik ortamında gözlemlenebilen üç boyutlu dijital diş modelleri oluşturulmuş ve bu modellerin preklinik diş hekimliği eğitiminde kullanıma uygunluğu incelenmiştir; bulgular, VR ortamındaki modellerin eğitim materyali olarak geçerli olduğunu göstermiştir (Bulut ve Sönmez, 2020). Ayrıca VR tabanlı öğrenme ortamlarının, öğrencilerin diş morfolojisini anlama düzeyini artırdığı ve geleneksel ders materyallerine kıyasla daha yüksek kabul gördüğü bildirilmiştir (Hung vd., 2020). Bu sonuçlar ve VR'nin etkileşimli, tekrarlanabilir öğrenme imkânı sunması, sanal gerçeklik tabanlı araçların klasik preklinik laboratuvar uygulamalarını tamamlayıcı yenilikçi öğretim araçları olarak değer taşıdığını göstermektedir.

2.4.1.2. Sanal Gerçeklik ve Haptik Simülasyonlar

Taner ve ark. (2017) tarafından yayımlanan derleme çalışmasında, sanal gerçeklik ve haptik destekli simülasyon sistemlerinin öğrencilerin motor becerilerini geliştirmede ve klinik uygulamalara hazırlık sürecinde etkili olduğu bildirilmiştir. Özellikle kavite preparasyonu, kanal şekillendirme ve restoratif işlemler gibi teknik uygulamaların sanal ortamda tekrar edilebilir şekilde yapılabilmesi, öğrencilerin hata yapma kaygısı olmadan pratik yapmalarına olanak tanımaktadır. Bu yaklaşım hem öğrenme sürecinin hızlanmasını desteklemekte hem de sarf malzemesi gereksinimini azaltarak eğitim maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlamaktadır (Taner vd., 2017).

Haptik simülasyon sistemleri ayrıca öğrencilerin el-göz koordinasyonu, uygulama sırasında uygulanan kuvvetin kontrolü ve derinlik algısı gibi klinik başarıyla doğrudan ilişkili parametrelerin gelişmesine yardımcı olmaktadır. Bu özellikler sayesinde sanal simülasyon ortamları, preklinik eğitim ile gerçek klinik uygulama arasındaki geçiş sürecinde önemli bir ara basamak işlevi görmekte ve öğrencilerin klinik ortama daha donanımlı şekilde geçmelerini desteklemektedir (Buchanan, 2004).

2.4.1.3. Genişletilmiş Gerçeklik Teknolojileri (XR)

Son yıllarda diş hekimliği eğitiminde genişletilmiş gerçeklik (Extended Reality, XR) teknolojilerinin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. XR kavramı; sanal gerçeklik (Virtual Reality, VR), artırılmış gerçeklik (Augmented Reality, AR) ve karma gerçeklik (Mixed Reality, MR) uygulamalarını kapsayan bütüncül bir teknoloji yaklaşımını ifade etmektedir. Bu sistemler, dijital içeriklerin fiziksel ortamla bütünleştirilmesine olanak tanıyarak öğrencilerin etkileşimli ve çok duyulu öğrenme deneyimleri yaşamalarını sağlamaktadır.

Özlü Uçan vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen kapsamlı derleme çalışmasında, diş hekimliği eğitiminde XR teknolojilerinin kullanım alanları ve pedagojik etkileri incelenmiştir. Yazarlar, XR tabanlı eğitim uygulamalarının geleneksel öğretim yöntemlerine kıyasla öğrencilerin mekânsal algı düzeyini, motor beceri gelişimini ve işlem basamaklarının kalıcı öğrenilmesini desteklediğini bildirmiştir. Ayrıca bu teknolojilerin, karmaşık klinik prosedürlerin görselleştirilmesini kolaylaştırarak öğrencilerin öğrenme motivasyonunu artırdığı vurgulanmaktadır (Özlü Uçan vd., 2022).

2.5. Diş Hekimliğinde Dijital

Günümüzde dijital teknolojiler, diş hekimliği alanında köklü bir dönüşüm yaratmış ve hem tanısal süreçlerin doğruluğunu hem de tedavi uygulamalarının etkinliğini önemli ölçüde geliştirmiştir. Dijital görüntüleme araçları, intraoral tarayıcılar, üç boyutlu yazıcılar ve bilgisayar destekli tasarım/üretim (CAD/CAM) sistemleri sayesinde klinik işlemler daha hızlı ve daha güvenilir bir biçimde planlanabilmekte, aynı zamanda hasta konforu artırılmaktadır. Bu dijital araçlar,

geleneksel film esaslı radyografi ve ölçü alma tekniklerine kıyasla daha net ve hızlı veri elde edilmesine olanak tanımaktadır (Zitzmann vd., 2020).

Dijital diş hekimliği uygulamaları; dijital radyografi**,** intraoral tarayıcılar**,** CAD/CAM sistemleri**,** 3B yazıcılar ve simülasyon temelli öğrenme araçlarını kapsamaktadır. Özellikle intraoral tarayıcılar, geleneksel ölçü maddelerine kıyasla hem hasta konforunu artırmakta hem de daha hassas dijital modeller elde etmektedirler. CAD/CAM teknolojisi, diş hekimlerine sabit protez restorasyonlarını kısa sürede ve yüksek hassasiyetle tasarlama ve üretme imkânı verirken, 3B yazıcılar eğitim ve klinik uygulamalarda anatomik modellerin hızlıca üretilmesini sağlamaktadır (Zitzmann vd., 2020).

Sanal ve artırılmış gerçeklik temelli simülasyon sistemleri ise diş hekimliği eğitiminde öğrencilere risk içermeyen, kontrollü bir öğrenme ortamı sunar; böylece psikomotor beceriler, klinik senaryo analizi ve karar verme süreçleri geliştirilir. Bu dijital eğitim yaklaşımları, yalnızca preklinik eğitimde değil, modern klinik uygulamalar için gerekli yetkinliklerin kazanılmasında da önemli katkı sağlar (Zitzmann vd., 2020).

2.6. 3B Baskı

Üç boyutlu (3B) baskı, dijital ortamda tasarlanan bir modelin katmanlı üretim prensibiyle fiziksel bir nesneye dönüştürülmesini sağlayan ileri bir üretim teknolojisidir. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımları kullanılarak oluşturulan üç boyutlu veriler, yazıcı tarafından ardışık katmanlar hâlinde birleştirilerek somut bir ürüne dönüştürülmektedir. Bu yaklaşım, geleneksel çıkarma esaslı üretim yöntemlerinden farklı olarak, malzemenin yalnızca gerekli alanlara eklenmesi esasına dayandığı için “katmanlı imalat” (additive manufacturing) olarak tanımlanmaktadır (Vaezi vd., 2013). Bu yönüyle 3B baskı, dijital verilerden kısa sürede fiziksel prototip veya nihai ürün elde edilmesine olanak tanıyan hızlı üretim yöntemlerinden biridir.

Bu üretim sürecini gerçekleştiren sistemler üç boyutlu yazıcılar olarak adlandırılmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar, dijital ortamda hazırlanan tasarımları seçilen baskı tekniğine ve kullanılan materyale bağlı olarak katman katman oluşturarak fiziksel ve fonksiyonel nesneler hâline getirmektedir. Diş hekimliği alanında 3B baskı

teknolojisi; cerrahi rehberlerin hazırlanması, protetik restorasyon altyapılarının üretilmesi, ortodontik apareylerin tasarlanması ve implant üstü yapıların modellenmesi gibi birçok klinik ve eğitimsel uygulamada yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu uygulamalar, hem kişiye özgü tedavi planlamasını mümkün kılmakta hem de üretim sürecinde yüksek ölçüsel doğruluk sağlamaktadır (Oberoi vd., 2018; Quan vd., 2020).

2.6.1. 3B Yazıcılar ve Üretim Çeşitleri

Diş hekimliğinde CAD/CAM sistemleri, üretim prensiplerine göre temel olarak iki farklı yaklaşıma dayanmaktadır: eksiltmeli (subtraktif) ve eklemeli (additif) üretim yöntemleri. Eksiltmeli üretim, hammadde bloklarından malzeme çıkarılarak istenen yapının elde edilmesine dayanırken; eklemeli üretim, nesnelerin dijital model verilerine dayanarak katman katman inşa edilmesini esas almaktadır. Bu iki yaklaşım, üretim süreci, malzeme kullanımı ve ölçüsel doğruluk açısından farklı teknik özellikler sunmaktadır (van Noort, 2012; Olla ve Paloušek, 2018).

2.6.1.1. Eksiltmeli Üretim

Eksiltmeli üretim sürecinde, başlangıçta homojen bir hammadde bloğu kullanılır ve bilgisayar sayısal kontrollü (CNC) frezeleme sistemleri aracılığıyla materyal kontrollü biçimde aşındırılarak hedeflenen restoratif yapı elde edilir. Bu yöntem, özellikle seramik ve zirkonya gibi yüksek dayanımlı materyallerin işlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. CNC sistemleri, dijital tasarım dosyalarını takip ederek üç boyutlu yapıyı yüksek hassasiyetle frezeleyebilmekte ve böylece klinik kullanıma uygun protetik restorasyonların üretimini mümkün kılmaktadır (van Noort, 2012).

Eksiltmeli üretim öncesinde, üretilecek yapının üç boyutlu olarak bilgisayar ortamında modellenmesi gerekmektedir. Bu tasarımlar profesyonel CAD yazılımları kullanılarak hazırlanmakta ve daha sonra CAM yazılımına aktarılmaktadır. Tasarım sürecinde ölçüsel doğruluk ve anatomik uyum, nihai restorasyonun klinik başarısı açısından kritik rol oynamaktadır. Dijital tasarım aşaması, restorasyon geometrisinin kontrol edilebilmesini ve üretim hatalarının minimize edilmesini sağlamaktadır (Olla ve Paloušek, 2018).

2.6.1.2. Eklemeli Üretim

Amerikan Test ve Malzeme Kurumu (ASTM), eklemeli üretimi, “dijital üç boyutlu model verilerine dayanarak, malzemenin katmanlar hâlinde birleştirilmesi yoluyla nesnelerin oluşturulması süreci” olarak tanımlamaktadır. Bu yaklaşımda, eksiltmeli üretimin aksine, yalnızca gerekli alanlara malzeme eklenerek yapı oluşturulur ve bu durum malzeme israfını önemli ölçüde azaltır (van Noort, 2012; Ligon vd., 2017).

Eklemeli üretim süreci genel olarak dört temel aşamadan oluşmaktadır: dijital modelin oluşturulması, modelin yazıcı yazılımında dilimlenmesi, katmanlı üretimin gerçekleştirilmesi ve baskı sonrası yüzey işlemleri. Bu aşamalar, kullanılan baskı teknolojisine ve materyal türüne göre değişkenlik gösterebilmekle birlikte, temel prensip tüm additif imalat sistemlerinde benzerdir. Özellikle reçine bazlı fotopolimer baskı teknikleri, diş hekimliğinde cerrahi rehberler, eğitim modelleri ve geçici restorasyonların üretiminde yaygın olarak tercih edilmektedir (Chia ve Wu, 2015; Ligon vd., 2017).

2.6.2. 3B Dijital Modelin Oluşturulması

Eklemeli üretim süreci, öncelikle üretilecek yapının dijital ortamda modellenmesiyle başlamaktadır. Dijital veriler; ağız içi tarayıcılar, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) görüntüleri veya masaüstü tarayıcılar aracılığıyla elde edilmekte ve bu veriler CAD yazılımları kullanılarak üç boyutlu modele dönüştürülmektedir. Elde edilen dijital model, baskı sürecine uygun hâle getirilmeden önce geometrik düzenleme ve yüzey düzeltme işlemlerinden geçirilebilmektedir.

2.6.2.1. 3B Görsel İşleme ve Katmanlama

Baskıya hazır hâle getirilen üç boyutlu model, yazıcı yazılımı tarafından çok ince katmanlara ayrılarak üretime hazırlanır. Bu işlem sırasında model genellikle STL formatına dönüştürülür ve her bir katmanın kalınlığı kullanılan yazıcı teknolojisine bağlı olarak yaklaşık 16–300 µm aralığında belirlenebilir. Katman kalınlığı, üretilecek

nesnenin yüzey kalitesi ve ölçüsel doğruluğu üzerinde doğrudan etkiye sahiptir (Ebrahimi vd., 2026).

2.6.2.2. 3B Baskı Süreci

Katmanlama işlemi tamamlandıktan sonra baskı süreci başlatılır ve nesne ardışık katmanların üst üste eklenmesiyle fiziksel olarak oluşturulur. Reçine bazlı sistemlerde sıvı fotopolimerler lazer veya projeksiyon ışığı ile sertleştirilirken, metal bazlı sistemlerde toz formundaki materyaller yüksek enerji kaynağı kullanılarak sinterlenir veya tamamen ergitilir. Bu aşamada üretim doğruluğu, yazıcı tipi, malzeme özellikleri ve işlem parametreleri tarafından belirlenmektedir (Dawood vd., 2015).

2.6.2.3. İşlem Sonrası Uygulamalar (Post-Processing)

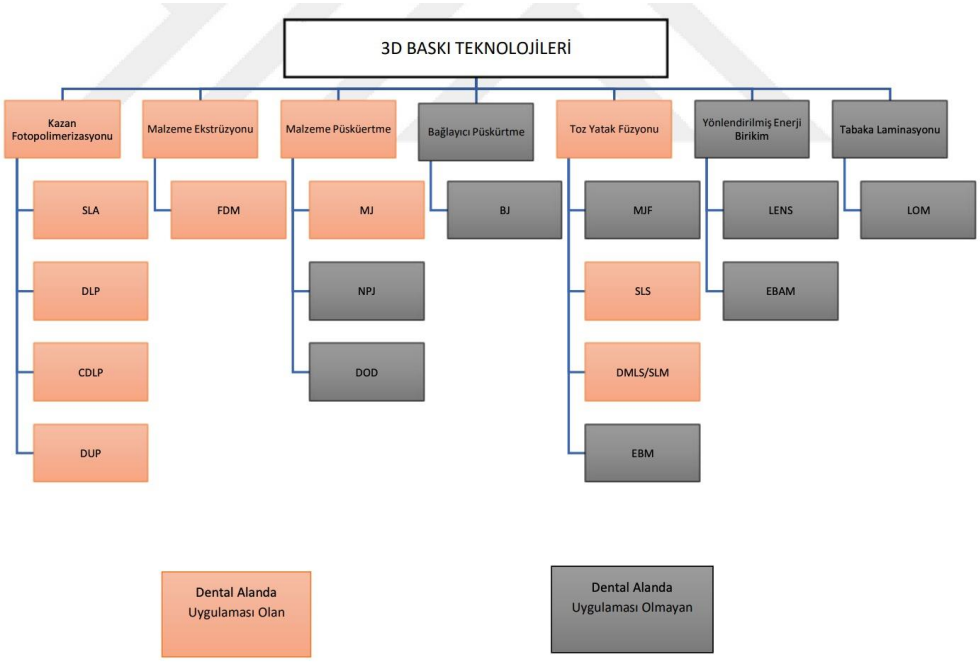
Baskı tamamlandıktan sonra, model üzerinde bulunan destek yapıları uzaklaştırılır ve yüzey temizliği gerçekleştirilir. Reçine bazlı baskılarda modeller genellikle izopropil alkol (IPA) ile yıkanarak fazla reçine uzaklaştırılır ve ardından ek polimerizasyon işlemi uygulanır. Metal veya toz bazlı sistemlerde ise basınçlı hava ile toz temizliği ve yüzey düzeltme işlemleri yapılabilmektedir. Post-processing aşaması, nihai ürünün mekanik özellikleri ve yüzey kalitesi açısından kritik öneme sahiptir (Hassanpour vd., 2024).

Eklemeli üretim sürecinde kullanılabilen malzeme türleri oldukça geniş bir yelpazeye sahiptir. Polimerler, metaller, seramikler ve kompozit yapılar sıvı, filament veya toz formunda kullanılabilmekte ve bu çeşitlilik diş hekimliğinde cerrahi rehberlerden protez altyapılarına, ortodontik apareylerden eğitim modellerine kadar farklı uygulamaların üretilmesini mümkün kılmaktadır (Chua vd., 2010).

2.6.3. 3B Baskı Yöntemlerinin Sınıflandırılması

EN ISO 17296-2 standardına göre üç boyutlu baskı teknolojileri, üretim prensipleri ve kullanılan malzeme türlerine bağlı olarak yedi ana grupta sınıflandırılmaktadır (Şekil 2.1). Bu sınıflandırma; malzeme püskürtme, bağlayıcı püskürtme, toz yataklı füzyon, vat polimerizasyonu, malzeme ekstrüzyonu, levha

laminasyonu ve yönlendirilmiş enerji biriktirme gibi yöntemleri kapsamaktadır. Her bir yöntemin üretim hızı, yüzey kalitesi, ölçüsel doğruluk ve maliyet açısından kendine özgü avantajları ve sınırlılıkları bulunmaktadır. Dental uygulamalarda yöntem seçimi, üretilecek yapının klinik kullanım amacı ve gereken hassasiyet düzeyine göre belirlenmektedir (Dawood vd., 2015; ISO, 2016).



Şekil 2.1. *Şekil1 3B baskı teknolojilerinin sınıflandırılması (ISO/ASTM, 2016)*

Malzeme işleme yöntemine göre üç boyutlu (3B) baskı teknolojileri**,** kullanılan malzeme türü ve enerji kaynağına bağlı olarak çeşitli alt sınıflara ayrılmaktadır. Diş hekimliğinde kullanılan başlıca 3B baskı teknolojileri aşağıda özetlenmiştir:

2.6.2.4. Stereolitografi (SLA)

Sıvı fotopolimer reçinenin, ultraviyole (UV) lazer ışığı ile katman katman polimerize edilmesi esasına dayanan bir teknolojidir. Yüksek çözünürlük ve yüzey kalitesi sağlaması nedeniyle dental modeller, cerrahi rehberler ve geçici restorasyonların üretiminde yaygın olarak kullanılır (Gibson vd., 2015; Ligon vd., 2017).

2.6.2.5. Dijital Işık İşleme (DLP)

SLA'ya benzer şekilde fotopolimer reçineyi kullanır; ancak lazer yerine dijital projektörle her katmanın tamamını aynı anda sertleştirir. Bu yöntem, baskı süresini önemli ölçüde kısaltır ve yüksek hassasiyet sağlar (Van Noort, 2012).

2.6.2.6. Fotopolimer Püskürtme (PolyJet Baskılama)

Mürekkep püskürtmeye benzeyen bir mekanizmayla sıvı fotopolimer damlacıklarını püskürterek katman katman sertleştirir. Farklı sertlikte veya renkte malzemelerin eşzamanlı kullanımına olanak tanır. Dental alanda anatomik modellerin ve protez prototiplerinin üretiminde tercih edilir (Dawood vd., 2015).

2.6.2.7. Eriyik Yığma Modelleme (FDM)

Termoplastik filamentlerin (örneğin PLA veya ABS) eritilerek ince tabakalar hâlinde üst üste yığılması prensibiyle çalışır. Düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir bir sistem olmasına karşın, çözünürlük ve yüzey pürüzlülüğü açısından sınırlılıklar taşır. Genellikle eğitim modelleri veya geçici dental aparatlar için uygundur (Chua vd., 2010).

2.6.2.8. Seçici Lazer Sinterleme (SLS) / Seçici Lazer Ergitme (SLM)

Toz hâlindeki polimer, seramik veya metal malzemelerin yüksek enerjili lazer ile katman katman ergitilerek birleştirilmesini sağlar. Özellikle titanyum veya kobalt-krom esaslı metal altyapıların üretiminde, yüksek dayanım ve biyouyumluluk avantajı nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır (Alifui-Segbaya vd., 2017).

2.7. Diş Hekimliğinde 3B'nin Yeri?

2.7.1. Ağız Diş ve Çene Cerrahi

Eklemeli üretim, özellikle oral, maksillofasiyal ve rekonstrüktif cerrahi alanlarında önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bu teknoloji, cerrahi planlama

sürecini iyileştirerek operasyon süresini azaltmakta ve hasta güvenliğini artırmaktadır (Revilla-León ve Özcan, 2019; Dawood vd., 2015).

Diş hekimliği ve çene-yüz cerrahisinde 3B baskı teknolojileri**,** genellikle cerrahi kılavuzlar**,** anatomik modeller **ve** hastaya özel implantların üretimi için kullanılmaktadır. Özellikle Stereolitografi (SLA) ve Dijital Işık İşleme (DLP) sistemleri, ışıkla polimerize olan biyouyumlu reçineleri kullanarak yüksek hassasiyetli modellerin üretilmesine olanak tanır. Bu sayede cerrahlar operasyon öncesinde olası anatomik varyasyonları değerlendirebilir ve implant yerleşim planlarını daha güvenli biçimde oluşturabilirler (Revilla-León ve Özcan, 2019; Dawood vd., 2015).

Ticari fotopolimer yazıcı sistemlerinde (örneğin Formlabs, Somerville, MA, ABD) kullanılan özel dental model ve cerrahi rehber reçineleri, anatomik yapıların gerçek boyutlarda ve yüksek yüzey doğruluğuyla üretilmesini mümkün kılmaktadır. Cerrahi kılavuz üretiminde kullanılan biyouyumlu reçineler veya poliamid esaslı materyaller, sterilizasyon uyumluluğu ve mekanik stabilite açısından klinik kullanıma uygunluk göstermektedir (Dawood vd., 2015; van Noort, 2012).

Buna ek olarak, polieter-eter-keton (PEEK) gibi yüksek dayanımlı polimerlerin FDM (Fused Deposition Modelling) teknolojisiyle üretilmesi, kraniomaksillofasiyal implant uygulamalarında yeni bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Revilla-León ve Özcan, 2019).

Sıvı bazlı fotopolimer reçinelerin kullanıldığı SLA ve DLP sistemleri ise ortognatik cerrahide anatomik modellerin ve cerrahi rehberlerin üretiminde yaygın olarak tercih edilmektedir.

2.7.2. Ortodonti

Son yıllarda üç boyutlu (3B) yazıcı teknolojilerinin ortodonti alanında kullanımı hızla artmıştır. Bu teknoloji hem klinik süreçlerde hem de laboratuvar aşamalarında kişiye özel ve yüksek doğrulukta ortodontik apareylerin üretilmesine olanak sağlamaktadır. Geleneksel yöntemlerde ölçü alma, model dökümü ve manuel şekillendirme süreçleri zaman alıcı ve hata payı yüksekken; dijital ortodontik iş

akışında, intraoral tarayıcılarla elde edilen dijital modeller doğrudan 3B yazıcılar aracılığıyla üretim aşamasına geçirilmektedir (Ergül, 2023).

3B baskı teknolojisi, özellikle şeffaf plak üretiminde, ortodontik modellerin hazırlanmasında, retainer plaklarının tasarımında ve braket pozisyonlama kılavuzlarının üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemle üretilen modeller yüksek tekrarlanabilirlik ve hassasiyet gösterirken, klinik uygulama sürelerini de önemli ölçüde azaltmaktadır (Dubey vd., 2025).

Şeffaf plak sistemleri (örneğin Invisalign®), 3B baskı teknolojilerinin ortodontiye en önemli katkılarından biridir. Her bir plak, hastanın diş hareket planına göre dijital ortamda tasarlanır ve aşamalı şekilde üretilir; böylece tedavi süreci dijital ortamda kontrol altına alınabilir ve kişiselleştirilmiş tedavi planlaması mümkün hâle gelir (Erdil vd., 2024).

Bunun yanı sıra, 3B yazıcılarla üretilen ortodontik modeller yalnızca klinik tedavi süreçlerinde değil, eğitim ve hasta bilgilendirme süreçlerinde de etkin biçimde kullanılmaktadır. Öğrenciler sanal ortodontik modeller üzerinde analiz ve ölçüm çalışmaları yapabilmekte, tedavi planlaması süreçlerini simüle edebilmektedir; bu durum hem eğitim kalitesini artırmakta hem de fiziksel model üretimi gereksinimini azaltarak maliyet etkinliği sağlamaktadır (Borthakur vd., 2025).

Ortodonti alanında kullanılan 3B baskı teknolojileri arasında en yaygın olanları; Stereolitografi (SLA), Dijital Işık İşleme (DLP) ve Eriyik Yığma Modelleme (FDM) sistemleridir. Bu yöntemler polimer esaslı biyouyumlu malzemelerle çalışmakta ve özellikle dental modeller, aparey kalıpları ve hizalayıcı üretim kalıplarının üretiminde tercih edilmektedir (Ergül, 2023).

Sonuç olarak, 3B baskı teknolojileri ortodonti alanında hem klinik uygulamaları hızlandırmış hem de tedavi doğruluğunu artırmıştır. Dijital üretim süreçleri geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında hasta konforunu artıran, daha öngörülebilir ve verimli bir tedavi seçeneği sunmaktadır. Bu nedenle 3B baskı sistemlerinin geleceğin dijital ortodontisinde temel bir bileşen hâline geldiği söylenebilir (Tsolakis, 2022).

2.7.3. Periodontoloji

Periodontoloji alanında 3B baskı teknolojileri, rejeneratif tedaviler, kemik greftleri, yumuşak doku iskeleleri ve cerrahi planlama süreçlerinde önemli yenilikler sunmaktadır. Diş çevresi destek dokuların (kemik, sement, periodontal ligament ve gingiva) karmaşık yapısı, bireye özgü çözümler gerektirir. Bu nedenle, hasta spesifik 3B modellerin üretilmesi periodontolojide biyomühendislik tabanlı kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarına olanak tanımaktadır (Rasperini vd., 2015).

Rejeneratif tedaviler ve doku mühendisliği uygulamaları

Periodontal doku kayıplarının tedavisinde en önemli hedef, doğal dokuların yeniden oluşturulmasıdır. 3B baskı teknolojileri, biyouyumlu polimerler ve seramikler kullanılarak üretilen iskele (scaffold) yapılarıyla bu süreci destekler. Bu iskeleler, hücre tutunumu ve farklılaşmasını teşvik eden mikro gözenekli yapılara sahiptir (Rasperini vd., 2015).

Ayrıca biyobaskı (bioprinting) teknikleri sayesinde, hücre içeren hidrojel materyaller kullanılarak canlı doku benzeri yapılar elde edilmektedir. Bu teknoloji, periodontal ligament ve kemik dokusunun birlikte rejenerasyonunu mümkün kılabilecek çok katmanlı yapıların üretimine zemin hazırlamaktadır (Belk vd., 2020).

Cerrahi rehberler ve kılavuzlu cerrahi uygulamaları

3B baskı teknolojileri, periodontolojide cerrahi planlama süreçlerini de dönüştürmüştür. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi verilerinden elde edilen üç boyutlu görüntüler, kemik defektlerinin veya implant bölgelerinin hassas anatomik modellerinin oluşturulmasına olanak tanır. Bu modeller, cerrahın işlem öncesi planlama yapmasını kolaylaştırır ve kılavuzlu cerrahi sırasında hata payını azaltır (Erdil vd., 2024).

Bireye özel 3B baskılı cerrahi kılavuzlar, kemik greftleme ve yumuşak doku cerrahilerinde doğru konumlandırmayı sağlar. Bu sayede, operasyon süresi kısalır ve iyileşme süreci optimize edilir.

Yumuşak doku mühendisliği

Buna ek olarak, polieter-eter-keton (PEEK) gibi yüksek dayanımlı polimerlerin FDM (Fused Deposition Modelling) teknolojisiyle üretilmesi, kraniomaksillofasiyal implant uygulamalarında yeni bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Revilla-León ve Özcan, 2019).Bu tür uygulamalar, ilerleyen dönemde diş eti çekilmesi veya peri-implant yumuşak doku kayıplarının tedavisinde önemli rol oynayabilir.

Avantajlar ve gelecek perspektifi

3B baskı teknolojisinin periodontolojide sağladığı başlıca avantajlar;

- Hasta anatomisine tam uyumlu doku ve implant tasarımı,
- Hücre ve büyüme faktörü entegrasyonuyla gelişmiş doku yenilenmesi,
- Cerrahi planlamada yüksek doğruluk,
- Daha kısa operasyon süresi ve azalmış komplikasyon riskidir.

Ancak, biyobaskı teknolojilerinin klinik uygulamalara tam entegrasyonu için biyomalzeme stabilitesi, vaskülarizasyon ve biyolojik entegrasyon konularında daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir (Acharya vd., 2025; Nidagundi vd., 2023)

Sonuç olarak, 3B baskı teknolojileri periodontolojide hem rejeneratif tedavi yaklaşımlarını güçlendirmekte hem de klinik doğruluğu artıran kişiselleştirilmiş çözümler sunmaktadır. Bu teknolojilerin gelecekte, biyouyumlu malzemeler ve hücre tabanlı sistemlerle birleşerek fonksiyonel periodontal doku rejenerasyonunu mümkün kılması beklenmektedir.

2.7.4. Endodonti

Endodonti alanında üç boyutlu baskı teknolojileri hem eğitim hem de klinik uygulamalarda önemli yenilikler sunmaktadır. Kök kanalı morfolojisinin karmaşıklığı, anatomik varyasyonların fazlalığı ve işlem sırasında oluşabilecek hatalar, dijital teknolojilerin bu alandaki değerini artırmıştır. 3B yazıcılar, endodontik eğitimden klinik planlamaya kadar geniş bir yelpazede gerçekçi modellerin ve hasta spesifik kılavuzların üretilmesine olanak tanımaktadır (Alattas, 2025).

Klinik uygulamalarda 3B baskı teknolojisi, özellikle rehberli endodontik tedaviler için kullanılmaktadır. Dijital görüntüleme verileri (CBCT – Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi ve intraoral tarayıcılar) yardımıyla oluşturulan sanal modeller, endodontik erişim kılavuzları üretmek için kullanılır. Bu kılavuzlar, dar veya tıkalı kanallarda giriş açısını doğru belirlemeye yardımcı olur (Zhao vd., 2023). Böylece, doku kaybı azaltılırken tedavi doğruluğu ve başarısı artar.

Ayrıca, rejeneratif endodonti alanında da 3B baskı dikkat çekmektedir. Biyouyumlu polimerler kullanılarak oluşturulan doku mühendisliği iskeletleri, kök kanalı rejenerasyonunda kullanılmak üzere geliştirilmektedir (Ortega vd., 2025). Bu biyobaskı uygulamaları, gelecekte pulpa-dentin kompleksinin yeniden oluşturulmasında umut verici bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

3B baskının endodontideki başlıca avantajları; kişiye özel planlama, hassasiyet, eğitimde standardizasyon, klinikte öngörülebilirlik ve maliyet etkinliğidir. Ancak, yüksek çözünürlüklü baskı cihazlarının maliyeti, baskı süresinin uzunluğu ve biyouyumlu malzeme sınırlamaları, mevcut teknolojinin yaygın kullanımını kısmen kısıtlamaktadır (Alharbi vd., 2021).

2.7.5. Protetik Diş Tedavisi

Protetik diş hekimliği, dijital teknolojilerin gelişmesiyle birlikte önemli bir dönüşüm yaşamaktadır. Özellikle 3B yazıcılar, protezlerin tasarım ve üretim süreçlerinde hız, hassasiyet ve maliyet avantajı sağlamaktadır. Bu teknoloji sayesinde hem sabit hem de hareketli protezler yüksek doğrulukta dijital modeller kullanılarak üretilebilmektedir (Bastem vd., 2025).

Geleneksel protez üretimi; ölçü alma, model hazırlama, prova ve düzeltme gibi birden fazla zaman gerektiren aşamadan oluşmaktadır. Dijital protetik iş akışında ise ağız içi tarayıcılarla elde edilen ölçüler CAD/CAM yazılımlarıyla dijital ortama aktarılmakta, protez tasarımı sanal ortamda yapılmakta ve üretim süreci eklemeli imalat yöntemleriyle tamamlanmaktadır (Mangano vd., 2018; Revilla-León ve Özcan, 2019).

Dijital yöntemlerle üretilen protezlerin temel üstünlüklerinden biri, hastanın ağız anatomisine yüksek uyum sağlaması ve insan kaynaklı üretim hatalarının azaltılmasıdır. Bunun yanı sıra dijital verilerin saklanabilmesi, protezin yeniden yapılması gerektiğinde üretim sürecinin daha hızlı ilerlemesine olanak tanımaktadır (Mangano vd., 2018)

2.7.5.1. SLA, DLP, SLS Teknolojileri ve Protez Modelleri

3B baskı teknolojileri arasında vat fotopolimerizasyon temelli yöntemler olan stereolitografi (SLA) ve dijital ışık işleme (DLP) ile toz yatak füzyon temelli seçici lazer sinterleme (SLS) gibi sistemler, protetik üretimlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknolojiler, yüksek çözünürlüklü ve pürüzsüz yüzeylere sahip protez modellerinin üretimine olanak tanır; özellikle SLA ve DLP, biyouyumlu reçineler kullanarak sabit protez altyapıları, geçici restorasyonlar ve ölçü kaşıkları üretiminde tercih edilmektedir (Jeong, 2023; Caussin, 2024).

2.7.5.2. Metal Bazlı Protez Üretimi – SLM/DMLS

Metal bazlı dental protezlerin üretiminde seçici lazer ergitme (SLM) ve doğrudan metal lazer sinterleme (DMLS) gibi toz yatak füzyon sistemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler, kobalt-krom (Co-Cr), titanyum (Ti) gibi dayanıklı metallerin katman katman birleştirilmesiyle hassas iskelet yapılar oluşturarak dayanıklılığı artırır ve malzeme israfını azaltır; 3B baskı teknolojileri protetik uygulamalarda giderek daha fazla yer almaktadır (Jun, 2025; Jeong, 2023).

2.7.5.3. Kişiselleştirilmiş Protezler, Cerrahi Kılavuzlar

Ayrıca 3B baskı teknolojileriyle kişiye özel implant üstü protez bağlantıları, geçici restorasyonlar, cerrahi kılavuzlar ve model dökümleri de üretilmektedir. Bu gelişmeler, dijital diş hekimliği anlayışının protez uygulamalarına tam entegre edilmesini sağlamış ve laboratuvar-klinik iş birliğini daha verimli hâle getirmiştir (Chander, 2024; Shah vd., 2024).

2.8. 3B Modellerin Diş Hekimliği Eğitimde Kullanım Alanları

Endodonti eğitiminde 3B baskı teknolojisi, öğrencilerin kök kanalı tedavi prosedürlerini gerçekçi simülasyonlar üzerinde tecrübe etmelerini sağlar. Gerçek dişlerin temini, korunması ve standardizasyonundaki güçlükler, 3B baskılı modellerin geliştirilmesine olan ihtiyacı artırmıştır (Cresswell-Boyes vd., 2024). Bu modeller, dijital mikrotomografi (micro-CT) verilerinden oluşturularak doğal diş anatomisini yüksek doğrulukta taklit eder. Bu sayede, öğrenciler kanal açma, şekillendirme ve dolum aşamalarını kontrollü bir ortamda uygulayabilir (Cresswell-Boyes vd., 2024). Ayrıca Bulut bir pilot çalışmasında premolar ve molar dişlerin 3B ile üretimi ve doğruluğu hakkında bir çalışma yaparak üretim sırasında kompleks anatomik yapıların özellikle filament yazıcılarla üretiminde bazı sapmalar yaşanabileceğini söylemiştir (Bulut ve Sönmez, 2020).

Eğitim modellerinin avantajı, tekrarlanabilirlik ve standardizasyon sağlamasıdır. Ayrıca bu modeller, anatomik çeşitliliğin öğretiminde de kullanılabilir. Örneğin, tek köklü ve çok köklü dişlerin farklı varyasyonlarını içeren modellerin hazırlanmasıyla öğrenciler, klinik zorlukları önceden deneyimleme fırsatı bulur (Tawasinchanadech vd., 2024).

Sonuç olarak, 3B baskı teknolojileri, preklinikde hem öğrenme deneyimini geliştiren bir eğitim aracı**,** hem de rehberli tedavilerde klinik başarıyı artıran yenilikçi bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bu teknolojinin gelişimiyle birlikte, gelecekte endodontik işlemlerin daha kişiselleştirilmiş, güvenli ve öngörülebilir hale gelmesi beklenmektedir.

2.9. Likert Ölçeğinin Temel Amacı ve Kullanımı

Likert tipi ölçekler, özellikle eğitim ve sosyal bilimler alanlarında bireylerin tutum, algı ve görüşlerinin nicel olarak ölçülmesinde yaygın biçimde kullanılan psikometrik araçlardır. Bu ölçekler, bireylerin öznel değerlendirmelerini sayısal verilere dönüştürerek istatistiksel analiz yapılmasına olanak tanır ve araştırmalarda karşılaştırılabilir sonuçlar elde edilmesini sağlar. Katılımcılar, sunulan ifadelere ilişkin görüşlerini genellikle belirli derecelendirme seçenekleri üzerinden (çoğunlukla beşli veya yedili ölçekler) ifade ederler. Bu yapı sayesinde yalnızca görüşlerin yönü değil,

aynı zamanda bu görüşlerin şiddeti de ölçülebilir hâle gelir. Likert ölçeklerinin bu özelliği, tutumların ayrıntılı biçimde analiz edilmesine olanak tanıyarak eğitim araştırmalarında güvenilir veri elde edilmesini desteklemektedir (Likert, 1932).

2.9.1. Maddelerin ve Ölçek Tiplerinin Çeşitliliği

Likert tipi ölçekler, yapısal özelliklerine göre farklı biçimlerde düzenlenebilmektedir ve genellikle simetrik ya da asimetrik derecelendirme seçenekleri içerecek şekilde tasarlanır. Simetrik ölçeklerde, olumlu ve olumsuz yanıt seçenekleri eşit sayıda olup merkezde nötr bir kategoriye yer verilirken, asimetrik ölçeklerde bu denge değişebilmekte ve nötr seçenek bulunmayabilmektedir ya da farklı konumlandırılabilmektedir. Araştırmalarda en sık kullanılan biçim beşli Likert ölçeği olmakla birlikte, ölçüm hassasiyetini artırmak amacıyla yedili ya da daha fazla kategori içeren ölçekler de tercih edilebilmektedir. Yanıt seçeneklerinin sayısının artırılması, katılımcıların tutumlarını daha ayrıntılı biçimde ifade etmelerine olanak tanıyarak ölçümün duyarlılığını ve istatistiksel gücünü artırabilmektedir; ancak ölçek uzunluğunun artması aynı zamanda yanıtlayıcı yükünü de yükseltebileceğinden, ölçek tasarımında denge gözetilmesi gerekmektedir (Krosnick ve Presser, 2010).

2.9.2. Geçerlik ve Güvenilirlik Tartışmaları

Bir Likert ölçeğinin geçerli sonuçlar üretebilmesi, katılımcıların ölçülmek istenen yapıyı doğru biçimde anlamasına ve yanıt seçeneklerinin bu yapıyı yeterince temsil edecek şekilde düzenlenmesine bağlıdır. Özellikle nötr ve uç yanıt kategorilerinin uygun biçimde tanımlanması, bireylerin gerçek tutumlarını yansıtabilmesi açısından veri kalitesini doğrudan etkilemektedir. Yanıt kategorilerinin yetersiz veya belirsiz olması, ölçüm hatasına ve yanıtlayıcıların orta seçeneklere yönelmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle ölçek tasarımında hem içerik geçerliğinin hem de yanıt seçeneklerinin açıklığının sağlanması kritik önem taşımaktadır (Krosnick ve Presser, 2010).

Araştırmalarda sıklıkla kullanılan yedili Likert ölçekleri, bireylere daha geniş bir derecelendirme aralığı sunarak tutumlar arasındaki ince farkların daha iyi ayırt edilmesine olanak tanımaktadır. Yanıt kategorilerinin artması, katılımcıların

değerlendirmelerini daha hassas biçimde ifade etmelerini sağlayarak ölçümün duyarlılığını artırabilmektedir. Bu nedenle bazı çalışmalarda, yedili ölçeklerin beşli ölçeklere kıyasla daha yüksek güvenirlik katsayıları üretebildiği ve varyansı daha iyi yakalayabildiği rapor edilmiştir. Ancak ölçek uzunluğunun artırılmasıyla yanıtlayıcı yükünün de artabileceği dikkate alınmalı ve ölçek tasarımında denge gözetilmelidir (Lozano vd., 2008).

2.9.3. Veri Türü ve Ölçek Seviyesi Tartışmaları

Likert ölçekleriyle elde edilen verilerin hangi ölçüm düzeyine ait olduğu, araştırma yöntemleri açısından uzun süredir tartışılan bir konudur. Bir görüşe göre, Likert tipi ölçekler sıralı (ordinal) veri türü olarak değerlendirilmelidir; çünkü ölçek seçenekleri arasındaki farkların eşit olduğu garanti edilemez ve bu nedenle aralıklar arasında mutlak bir nicel eşitlikten söz edilemez (Jamieson, 2004).

Buna karşın alternatif bir yaklaşım, dikkatle tasarlanmış, dengeli ve simetrik bir yapıya sahip Likert ölçeklerinin, yaklaşık aralıklı (interval) veri olarak da değerlendirilebileceğini savunmaktadır. Bu yaklaşım, özellikle ortalama ve standart sapma gibi parametrik istatistiklerin kullanılmasına imkân tanıdığı için analiz yöntemlerinin seçimini doğrudan etkiler (Carifio ve Perla, 2008; Norman, 2010).

Genel bilgiler bölümünde eğitim kavramının bilişsel olduğu kadar değer temelli ve hümanistik boyutları vurgulanmış; diş hekimliği eğitiminde preklinik aşamada simülasyon, haptik geri bildirim ve 3B/dijital teknolojilerin psikomotor beceri gelişimi ile öğrenme verimini artırmadaki potansiyeli ortaya konmuştur. Bu kuramsal ve teknolojik arka plan, preklinikte kullanılacak modellerin yalnızca teknik üretim süreçleriyle değil, aynı zamanda anatomik doğruluk, boyutsal uygunluk, detay seviyesi ve eğitimsel yarar bakımından nesnel ve öznel ölçütlerle sistematik olarak değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Bu gereksinimden hareketle, aşağıda sunulan çalışma; sanal ortamda tasarlanan dişlerin 3B baskıyla üretilmiş versiyonlarını hem ölçümsel göstergelerle hem de öğretim üyelerinin Likert ölçekli görüşleriyle bütüncül biçimde incelemeyi amaçlamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, literatüre uygun biçimde sanal ortamda tasarlanan dişlerin üç boyutlu yazıcıyla üretilmiş modellerini; anatomik doğruluk, boyutsal uygunluk, detay seviyesi ve eğitimsel fayda açısından değerlendirmektir.

Çalışmanın birincil boş hipotez, 3B baskı ile elde edilen modellerin anatomik ve boyutsal doğruluğunun eğitim amaçlı kullanım için kabul edilebilir eşiklerin üzerinde olacağıdır. İkincil boş hipotez, öğretim üyelerinin Likert tipi ölçek puanlarının (eğitimsel fayda ve detay algısı) yüksek düzeyde olacağı ve modellerin preklinik eğitimde klinik becerilerin geliştirilmesine anlamlı katkı sağlayacağıdır. Ayrıca, katılımcıların akademik deneyim süresi ve uzmanlık alanı gibi demografik değişkenlerin puanlar üzerindeki etkisinin sınırlı olacağı (etkisiz ya da zayıf düzeyde ilişki) ve nesnel ölçümlerle belirlenen doğruluk göstergeleri ile algılanan eğitimsel fayda arasında pozitif yönde bir ilişki bulunacağı öngörülmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

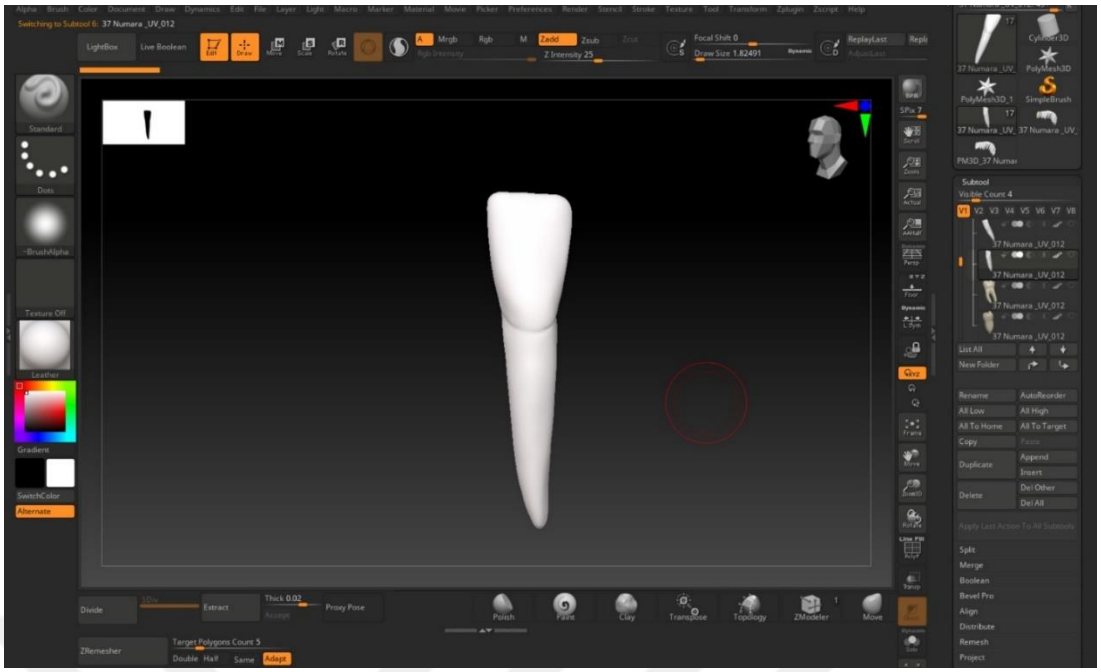
Bu tez çalışması için Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi (AYBÜ) Sağlık Bilimleri etik kurulu tarafından 22.05.2025 tarihinde 05/1289 karar numarası ile onay alındı (Bkz. Ek. 1).

Bu in vitro çalışmada, sanal ortamda tasarlanan dişlerin 3B baskıda üretilmesi ve modellerinin anatomik doğruluk, boyutsal uygunluk, detay seviyesi ve eğitimsel fayda açısından değerlendirilmesini amaçlandı. Daha önce yayımlanmış bir çalışmadan (Bogacki vd., 2004) elde edilen verilere dayanarak, en düşük örneklem büyüklüğü gereksinimi G-Power analizi (G Power 3.1, Heinrich Heine Üniversitesi, Düsseldorf, Almanya) Orta(modarate) etki büyüklüğün (0,5), 0.80 güç ve 0.05 tip I hata ile çalışmaya en az katılımın 27 kişi olması gerektiği saptandı (Zhang vd., 2023).

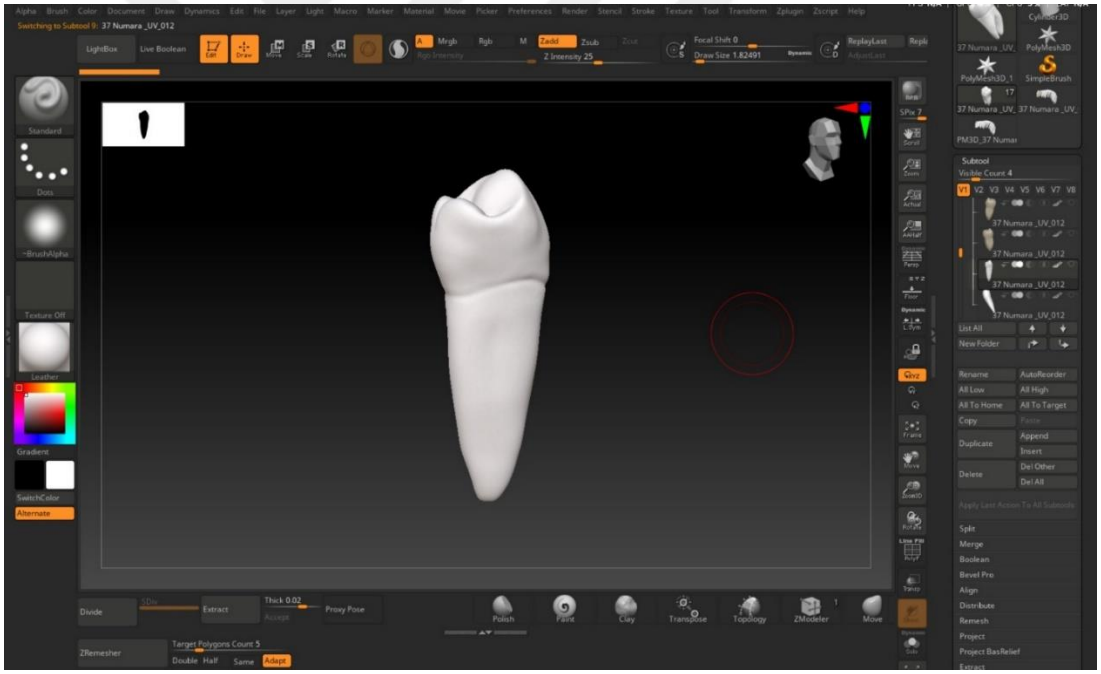
Bu kesitsel çalışma, protetik diş tedavisi bölümünde preklinik dersi veren, 18 yaşından büyük**,** Türkçe okuyabilen ve görme bozukluğu olmayan gönüllü eğitmenler üzerinde yürütüldü. Toplamda 35 tamamlanmış anket çalışmaya dahil edildi.

3.1. Dişlerin Modellenmesi

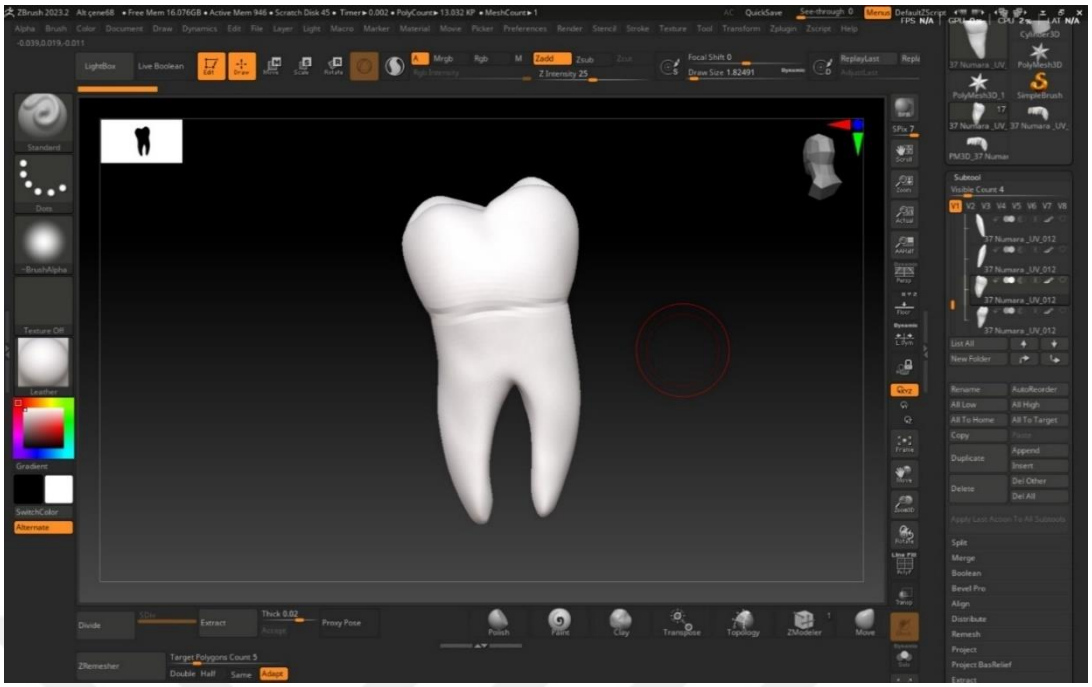
Çalışmada kullanılacak olan sanal evrende hazırlanan diş modelleri Ankara ilinde faaliyet gösteren Medeasoft AŞ. tarafından hazırlandı. 3B diş modelleme sürecinde, üç boyutlu modelleme programları olarak Zbrushda ve Blender kullanıldı (Şekil 3.1). Zbrushda: Diş modeli, anatomik morfolojiye uygun olacak şekilde ZBrush yazılımı kullanılarak dijital ortamda oluşturuldu (Şekil 3.2). Tasarıma başlanmadan önce, ilgili dişin morfolojik özelliklerini yansıtan literatür kaynaklı ölçüler ve referans görüntüler (klinik fotoğraflar, model görüntüleri, şematik çizimler) çalışma alanına aktarıldı (Ash ve Nelson 2010).



Şekil 3.1. *Zbrush programında tasarlanan alt santral diş*



Şekil 3.2. *Zbrush programında tasarlanan alt premolar diş*



Şekil 3.3. *Zbrush programında tasarlanan alt molar diş*

Modelleme süreci, temel formun oluşturulması, anatomik detayların işlenmesi ve yüzey düzenlemeleri olmak üzere üç ana aşamada gerçekleştirildi (Şekil 3.3).

İlk aşamada, yazılım içerisinde temel bir geometrik form (küre/silindir) kullanıldı ve Dynamesh özelliği aktif edilerek model üzerinde serbest şekillendirme yapıldı. Move, Move Topological ve Clay Buildup fırçaları aracılığıyla dişin genel konturu ve tüberkül dağılımı oluşturuldu; oklüzal düzlem, bukkolingual ve mezio-distal genişlikler referans alınarak makro morfoloji belirgin hale getirildi.

İkinci aşamada, modelin topolojisi yeniden düzenlendi (ZRemesher) ve yüzey çözünürlüğü artırıldı. Ardından dişe özgü anatomik detaylar eklendi. DamStandard ve Standard fırçaları kullanılarak fissürler, oluklar, marjinal krestler ve tüberküller detaylandırıldı; fossa bölgelerinin derinlikleri Inflate ve Trim Dynamic fırçaları ile dengelendi. Servikal çizgi (CEJ) (mine-sement birleşimi) mezial ve distal yüzeylerde literatürle uyumlu eğrilik seviyelerinde vurgulandı. Gerektiğinde kök formu ayrı bir alt parça (SubTool) olarak şekillendirildi ve kron ile anatomik süreklilik sağlandı.

Son aşamada, yüzey dokusu ve mikro yapı düzenlemeleri gerçekleştirildi. Mine yüzeyine hafif tekstürel doku uygulandı, keskin morfolojik hatlar korundu, baskı veya üretim aşamasında detay kaybını önlemek amacıyla fissür derinlikleri kontrollü olarak

belirginleştirildi. Model tamamlandıktan sonra, OBJ (Wavefront Object) /FBX (Filmbox) formatında dışa aktarılmak üzere optimize edildi.

Modelin yüzey özelliklerinin düzenlenmesi ve baskı öncesi görsel gerçekliğinin artırılması amacıyla Substance Painter (Adobe Inc., California, ABD) yazılımı kullanıldı. Bu aşamada model üzerinde UV haritalama (UV mapping) işlemi uygulandı, ardından fiziksel tabanlı render (Physically Based Rendering – PBR) sistemi kullanılarak yüzey dokuları tanımlandı.

Çalışmada kullanılan fantom diş modelinde mine ve dentin ayrımı yapılmadı, tüm diş dokusu tek tip fotopolimer rezin malzemeden oluşturuldu. Bu sayede üretim sürecinde malzeme homojenliği ve baskı standardizasyonu sağlandı.

Modeller, FBX formatında sanal ortama aktarıldı ve Unıty programına entegre edildi.

Bu süreç sonucunda, dişin morfolojik karakteristiklerini doğru yansıtan ve boyutsal olarak literatür ölçüleriyle uyumlu, eğitim amaçlı kullanıma uygun bir 3B dijital model elde edildi.

İlgili firma 3B yazıcıda sanal diş modellerinin basımına izin verdi.

3.2. Diş Modellerinin Üretilmesi

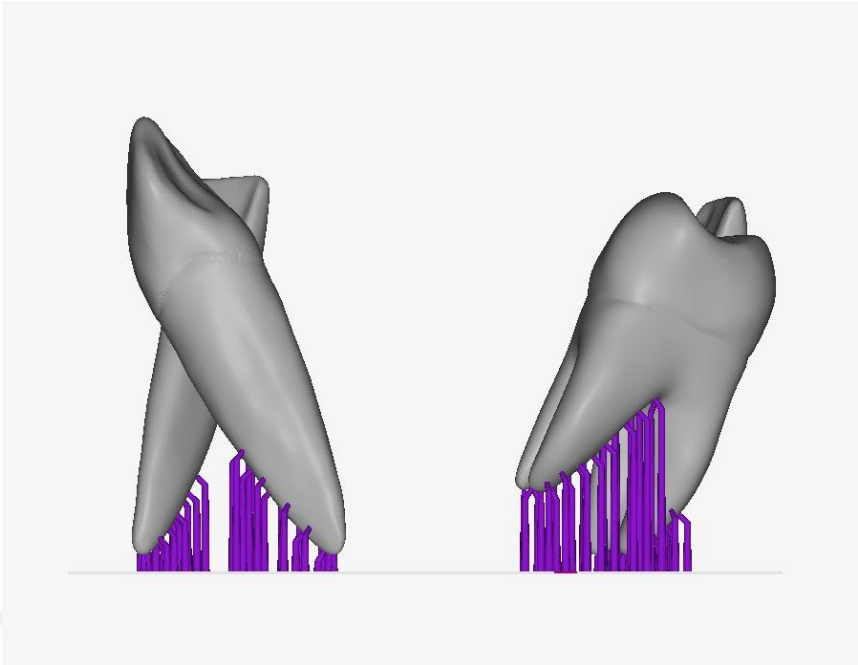
Sanal evrende hazırlanan diş modelleri Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinde üretildi. Alt ve üst çene kesici dişler, premolar dişler ve molar dişler olmak üzere 28 adet diş literatürdeki boyutlarında (Nelson, 2019), (Tablo 3.1) ve literatürdeki boyutların 3 katı olacak şekilde toplamda 56 adet diş modeli ve maksiller, mandibular çene modelleri üretildi. Diş ve çene modellerinin ilk olarak Alpha AI (Ackuretta, Taipei, Taiwan) programında destek noktaları belirlendi ve yazıcıya aktarılmadan önce katmanlaştırdı.3x boyutuna getirebilmek için ultimaker cura (Ultimaker B.V., Utrecht, Hollanda) programı kullanıldı.

Tablo 3.1. *Dişlerin standart ölçüleri: Ortalama boyutlardaki dişlerin çizimi ve yontulması için özellikler*

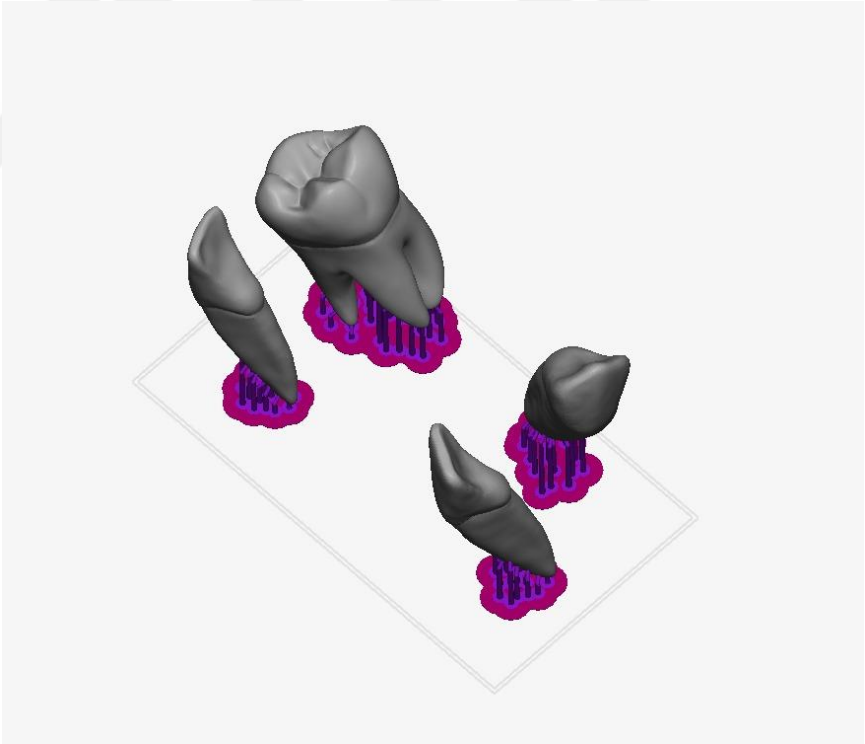
Diş	Kron Boyu	Kök Uzunluğu	Kronun Mezıodistal Genişliği	Servikalde Mezıodistal Genişlik	Kronun Labiolingual/ Bukkolingual Genişliği	Servikalde Labiolingual/ Bukkolingual Genişlik	Servikal Hat Eğriliği—Mezial	Servikal Hat Eğriliği—Distal
Maksiller Dişler								
Santral kesici	10.5	13.0	8.5	7.0	7.0	6.0	3.5	2.5
Lateral kesici	9.0	13.0	6.5	5.0	6.0	5.0	3.0	2.0
Kanin	10.0	17.0	7.5	5.5	8.0	7.0	2.5	1.5
1. Premolar	8.5	14.0	7.0	5.0	9.0	8.0	1.0	0.0
2. Premolar	8.5	14.0	7.0	5.0	9.0	8.0	1.0	0.0
1. Molar	7.5	B 12 / L 13	10.0	8.0	11.0	10.0	1.0	0.0
2. Molar	7.0	B 11 / L 12	9.0	7.0	11.0	10.0	1.0	0.0
3. Molar	6.5	11.0	8.5	6.5	10.0	9.5	1.0	0.0
Mandibular Dişler								
Santral kesici	9.0‡	12.5	5.0	3.5	6.0	5.3	3.0	2.0
Lateral kesici	9.5‡	14.0	5.5	4.0	6.5	5.8	3.0	2.0
Kanin	11.0	16.0	7.0	5.5	7.5	7.0	2.5	1.0
1. Premolar	8.5	14.0	7.0	5.0	7.5	6.5	1.0	0.0
2. Premolar	8.0	14.5	7.0	5.0	8.0	7.0	1.0	0.0
1. Molar	7.5	14.0	11.0	9.0	10.5	9.0	1.0	0.0
2. Molar	7.0	13.0	10.5	8.0	10.0	9.0	1.0	0.0
3. Molar	7.0	11.0	10.0	7.5	9.5	9.0	1.0	0.0

*(Tüm ölçüler milimetre cinsindendir.)

Daha sonra modeller Ackurretta freeshape 120 (Ackuretta Technologies Inc., Taipei, Taiwan) baskı cihazına aktarılarak 150 µm tabaka kalınlıkta, 16 mm/sa baskı hızında ve 45 derecelik açı ile üretildi (Şekil 3.4-3.6). Üretim sonrası modellerde yüzey bütünlüğü kontrol edildi ve çalışma için uygunlukları doğrulandı. Anatomik formu korunan ancak tek tabakalı yapıdan oluşan, araştırma ve eğitim amaçlı kullanılabilir fantom diş modelleri elde edildi.



Şekil 3.4. *Tasarlanan diş modellerinin dijital ortamda yazıcı tablasında 45 derece basım açısıyla konumlandırılması*

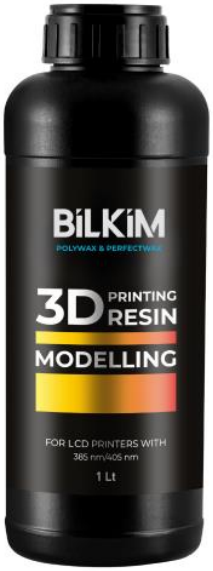


Şekil 3.5. *Tasarlanan diş modellerinin dijital ortamda yazıcı tablasında konumlandırılması*



Şekil 3.6. *Ackurretta freeshape 120 (Ackuretta Technologies Inc., Taipei, Taiwan) baskı cihazı*

Üretimde Bilkim marka model rezin (Bilkim Ltd. Şti., İzmir, Türkiye) (Ref:2330, Lot:2330-200525) kullanıldı (Şekil 3.7). Kullanılan rezin: yüksek hassasiyet, dayanıklılık ve boyutsal kararlılık sunan bir 3B baskı reçinesidir. Düşük viskozite yapısı sayesinde baskı işlemini kolaylaştırırken, UV dayanımı ve minimum çekme oranı ile uzun ömürlü, stabil sonuçlar sunmaktadır. 385 ile 405 nm dalga boyu arasında 3 boyutlu yazıcılarda model basımı için üretilmektedir.



Şekil 3.7. *Diş modellerinin basılmasında kullanılan Bilkim marka model rezini*

Rezin, ince geometrilerin ve karmaşık yüzey detaylarının net bir şekilde işlenmesine olanak sağlayan yüksek çözünürlüklü baskılar üretir. Sert ve dayanıklı yapısı, fonksiyonel prototipler ve mühendislik modelleri için ideal bir çözüm oluşturur. Ayrıca pürüzsüz yüzey kalitesi, son işlem adımlarını kolaylaştırır. Uluslararası test standartlarına göre doğrulanmış aşağıdaki fiziksel özelliklere sahiptir: Maksimum Gerilme Direnci: 60 MPa (ISO 178), Elastisite Modülü: 2,30 GPa (ISO 178), Kopma Uzaması: %3 (ISO 178), Sertlik (Shore D): 89 D (ISO 7619-1), Isı Dayanım Sıcaklığı (HDT): 92°C (ISO 75-1), Viskozite: 470 cP (DIN 53019-1).

Yazıcıdan çıkan modeller %99.94 izopropil alkolle (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, ABD) 2 dk boyunca yıkandı. Örnekler Ackuretta UV- BOX kürleme cihazına (Ackuretta Technologies Inc., Taipei, Taiwan) yerleştirildi ve 5 dakika boyunca ışıkla polimerize edildi. Her model için mekanik polisaj, tek bir uygulayıcı tarafından yine aynı cihazda 10 sn keçe ile pomza-su karışımı ve 15000 rpm sabit hızda elektrikli mikro motor (EWL K10; Kavo,Leutkirch, Almanya) kullanarak 10 sn pamuk fırça ile alçı-taş (Ivoclar Vivadent) karışımı uygulandı (Şekil 3.8) (Al-Dulaijan vd., 2023).



Şekil 3.8. *3B yazıcıda basılmış diş modellerinin görüntüsü*

3.3. Anket Uygulaması

Anket uygulaması için Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi (AYBÜ) Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı ve Lokman Hekim Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalına gidildi, preklinik dersi veren 35 gönüllü katılımcıya toplam 30 soruluk likert ölçekli anket uygulandı.

Her bir anket gönüllü katılımcılarla yüz yüze yapılmış olup, anketi doldurmadan önce ve doldurma sırasında soru sorma imkânı olmuştur. Anketin doldurulması ortalama 15–20 dakika sürdü.

Katılımcılardan demografik bilgileri (cinsiyet, yaş, uzmanlık alanı, akademik deneyim yılı) aldıktan sonra 4 kategoriden oluşan anket formunun;

Birinci bölümü, katılımcıların üç boyutlu olarak modellenen dişlerin anatomik doğruluğu, şekil ve morfoloji açısından teorik bilgilerle uyum düzeyini değerlendirmelerini amaçlandı. Bu bölümde, mandibular ve maksiller bölgelerde yer alan kesici, premolar ve molar diş gruplarının her biri ayrı maddeler hâlinde görsel olarak sunuldu. Katılımcılardan, her bir diş grubunun genel anatomik görünümünün (kron ve kök yapısı birlikte) diş morfolojisine ilişkin teorik bilgileri ne ölçüde yansıttığını değerlendirmeleri istendi.

Anket formunun ikinci bölümü, üç boyutlu olarak modellenen dişlerin boyutsal uygunluğunu değerlendirmeye yönelik olarak hazırlandı. Bu bölümde, her bir diş grubunun (mandibular ve maksiller kesici, premolar ve molar dişler) kron–kök oranı**,** mesio-distal genişlik ve bukko-palatinal genişlik değerlerinin teorik diş morfolojisiyle uyum düzeyi incelendi.

Katılımcılardan, modellerin genel boyutlarının (uzunluk, genişlik, yükseklik) doğal diş ölçüleriyle tutarlılığını değerlendirmeleri istendi.

Anket formunun üçüncü bölümü, üç boyutlu olarak modellenen dişlerin anatomik detay düzeyinin teorik bilgilerle uyumunu değerlendirmek amacıyla hazırlandı. Bu bölümde katılımcılardan, mandibular ve maksiller kesici, premolar ve molar dişlerin anatomik detay seviyesinin, teorik morfoloji bilgileriyle ne ölçüde örtüştüğünü değerlendirmeleri istendi.

Ayrıca, oklüzal yüzeyden bakıldığında molar dişlerdeki cusp yükseklikleri ile bu yapıların sıralanışı ve büyüklük ilişkilerinin görsel olarak anlaşılabilirliği de değerlendirme kapsamına alındı.

Anket formunun dördüncü bölümünde, 3B baskı diş modellerinin diş hekimliği eğitiminde kullanılmasının öğrenciler üzerindeki eğitimsel etkilerini ve genel faydalarını değerlendirmek amacıyla sorular yöneltildi. Katılımcılardan, 3B baskı modellerin;

- Diş anatomisini ve morfolojisini kavrama,
- Öğrenme deneyiminin zenginliği,
- Preklinik çalışmalardaki beceri gelişimi,
- Gerçek diş özelliklerine benzerlik,

- Hata farkındalığı,
- Bireysel öğrenme hızına katkısı gibi konularda görüş bildirmeleri istendi.

Demografik Bilgiler

Cinsiyet:

Yaş:

Uzmanlık Alanı:

Akademik Deneyim Yılı:

1. Bölüm: Anatomik Doğruluk (Şekil ve Morfoloji)

1. Görsel olarak, mandibular kesici dişlerin genel anatomik görünümü (kron + kök) teorik bilgileri yansıtmaktadır.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

2. Görsel olarak, mandibular premolar dişlerin genel anatomik görünümü (kron + kök) teorik bilgileri yansıtmaktadı

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

3. Görsel olarak, mandibular molar dişlerin genel anatomik görünümü (kron + kök) teorik bilgileri yansıtmaktadır.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

4. Görsel olarak, maksiller kesici dişlerin genel anatomik görünümü (kron + kök) teorik bilgileri yansıtmaktadır.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

5. Görsel olarak, maksiller premolar dişlerin genel anatomik görünümü (kron + kök) teorik bilgileri yansıtmaktadır.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

6. Görsel olarak, maksiller molar dişlerin genel anatomik görünümü (kron + kök) teorik bilgileri yansıtmaktadır.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

2.Bölüm: Boyutsal Uygunluk (Ölçek ve Oranlar):

Modelin genel boyutları (uzunluk, genişlik, yüksekliği), doğal diş ölçüleriyle tutarlıdır.

1. Görsel olarak, mandibular kesici dişlerin kron-kök oranı, mesio-distal genişliği ve bukko-palatinal genişlik açısından teorik bilgileri doğru yansıtmaktadır.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

2. Görsel olarak, mandibular premolar dişlerin kron-kök oranı, mesio-distal genişliği ve bukko-palatinal genişlik acısından teorik bilgileri doğru yansıtmaktadır.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

3. Görsel olarak, mandibular molar dişlerin kron-kök oranı, mesio-distal genişliği ve bukko-palatinal genişlik acısından teorik bilgileri doğru yansıtmaktadır.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

4. Görsel olarak, maksiller kesici dişlerin kron-kök oranı, mesio-distal genişliği ve bukko-palatinal genişlik acısından teorik bilgileri doğru yansıtmaktadır.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

5. Görsel olarak, maksiller premolar dişlerin kron-kök oranı, mesio-distal genişliği ve bukko-palatinal genişlik acısından teorik bilgileri doğru yansıtmaktadır.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

6. Görsel olarak, maksiller molar dişlerin kron-kök oranı, mesio-distal genişliği ve bukko-palatinal genişlik acısından teorik bilgileri doğru yansıtmaktadır.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

3.Bölüm: Anatomik Detay Seviyesi Soruları:

1. Görsel olarak, mandibular kesici dişlerin anatomik detay seviyesi teoriye uygundur.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

2. Görsel olarak, mandibular premolar dişlerin anatomik detay seviyesi teoriye uygundur.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

3. Görsel olarak, mandibular molar dişlerin anatomik detay seviyesi teoriye uygundur.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

4. Görsel olarak, maksiller kesici dişlerin anatomik detay seviyesi teoriye uygundur.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

5. Görsel olarak, maksiller premolar dişlerin anatomik detay seviyesi teoriye uygundur.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

6. Görsel olarak, maksiller molar dişlerin anatomik detay seviyesi teoriye uygundur.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

7. Görsel olarak, dişe okluzal yüzeyden bakıldığında mandibular molar dişlerin oklüzal yüzeyden cusp yüksekliklerinin sıralanışı ve büyüklükleri net şekilde anlaşılabilmektedir.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

8. Görsel olarak, dişe okluzal yüzeyden bakıldığında maksiller molar dişlerin oklüzal yüzeyden cusp yüksekliklerinin sıralanışı ve büyüklükleri net şekilde anlaşılabilmektedir.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

4.Bölüm: Eğitimsel Uygunluk ve Genel Fayda

1. 3B baskı diş modelinin kullanımı, öğrencilerin diş anatomisini ve morfolojisini daha iyi kavramasına yardımcı olur.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

2. Bu model, geleneksel materyallere kıyasla daha zengin ve anlaşılır bir öğrenme deneyimi sağlar.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

3. Preklinik çalışmalarda 3B basılı diş modellerinin kullanımı, öğrencilerin pratik/prosedürel becerilerini geliştirmektedir.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

4. Bu 3B diş modelleri, öğrencilere pratik yapmada gerçek dişlerin anatomik özelliklerine benzer bir deneyim sunmaktadır.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

5. Preklinik eğitim sırasında bu 3B diş anatomik modellerini kullanmak isterim.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

6. Bu model, öğrencilerin hatalarını daha erken fark etmelerine yardımcı olur.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

7. Model üzerinde çalışmak, öğrencilerin bireysel öğrenme hızlarını desteklemektedir.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

8. 3B modeller, teorik anlatımı destekleyici bir araç olarak ders anlatımımı kolaylaştırmaktadır.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

9. Bu modeller, farklı öğrenme stillerine sahip öğrenciler için esnek ve etkili bir materyaldir.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

10. 3B modellerin kullanımı, ders içeriğini daha standart ve tutarlı hale getirmektedir.

1- Kesinlikle Katılmıyorum	2- Katılmıyorum	3- Ne katılıyorum Ne Katılmıyorum	4- Katılıyorum	5- Kesinlikle Katılıyorum

3.4. istatistiksel Analiz

Elde edilen veriler SPSS (IBM SPSS Statistics Version 26; SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) programı kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sürecinde şu adımlar izlenmiştir:

- Normallik Testleri: Değişkenlerin normal dağılım gösterip göstermediği Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri ile incelenmiştir. Analizler sonucunda tüm alt boyutlarda $p < 0,05$ değeri saptanmış, verilerin normal dağılmadığı belirlenmiştir.

- Betimsel İstatistikler**:** Katılımcı özelliklerini ve maddelere verilen yanıtları özetlemek için aritmetik ortalama, standart sapma ve frekans analizleri kullanılmıştır.
- Farklılık Analizleri: Cinsiyet değişkenine göre gruplar arası karşılaştırmalarda, verilerin normal dağılmaması nedeniyle parametrik olmayan Mann–Whitney U testi uygulanmıştır.
- İlişkisel Analizler: Alt boyutlar arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla Spearman Korelasyon Katsayısı hesaplanmıştır.
- Yordama Analizleri: Değişkenlerin birbirlerini etkileme düzeylerini saptamak amacıyla Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi yapılmıştır.

4. BULGULAR

Bu araştırma, 3B baskı diş anatomisi modellerinin anatomik doğruluk, boyutsal uygunluk, detay seviyesi ve eğitimsel fayda açısından değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Çalışmaya diş hekimliği alanında görev yapan 35 öğretim üyesi (11 erkek, 24 kadın) katıldı. Katılımcıların yaş ortalaması 40,14 yıl, akademik deneyim ortalaması ise 14,8 yıldır. Veriler, 5'li Likert tipi ölçek kullanılarak toplanmış ve SPSS programı (version 22; IBM Corp) ile analiz edildi. Tanımlayıcı istatistikler, Mann–Whitney U testi, Spearman korelasyonu ve çoklu doğrusal regresyon analizleri uygulandı. Bulgular, tüm alt boyutlarda ortalama puanların yüksek düzeyde olduğunu (4,49±4,69) gösterdi. Cinsiyet değişkenine göre yalnızca mandibular molar dişlerin oklüzal yüzey özelliklerine ilişkin maddede anlamlı fark saptandı ($p<0,05$). Korelasyon analizleri, anatomik detay seviyesi, anatomik doğruluk, boyutsal uygunluk ve eğitimsel fayda arasında pozitif ve anlamlı ilişkiler olduğunu ortaya koydu. Regresyon analizlerine göre anatomik detay seviyesi, anatomik doğruluk ve boyutsal uygunluğu anlamlı biçimde gözlendi; anatomik doğruluk, eğitimsel uygunluk ve genel faydayı pozitif yönde etkiledi. Sonuç olarak, araştırma bulguları 3B baskı diş modellerinin diş anatomisi eğitiminde yüksek düzeyde doğruluk ve eğitimsel katkı sağladığını, dolayısıyla geleneksel materyallere kıyasla etkili bir öğretim aracı olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Tablo 4.1. *Katılımcı özellikleri*

Katılımcı Bilgileri	n	Yaş Ort.	SS	Akademik Deneyim Ort.	SS
Erkek	11	39,00	9,52	13,91	7,81
Kadın	24	40,67	13,20	15,21	13,45
Ortalama	35	40,14	10,64	14,80	10,94

Çalışmaya toplam 35 öğretim üyesi katıldı. Bunların 11'i erkek, 24'ü kadındır. Katılımcıların yaş ortalaması 40,14 yıl olup, erkeklerin ortalama yaşı 39,00, kadınların ortalama yaşı ise 40,67'dir. Akademik deneyim açısından, katılımcıların ortalama deneyimi 14,80 yıl olarak hesaplandı; erkeklerde 13,91 yıl, kadınlarda ise 15,21 yıl olarak gözlendi (Tablo 4.1).

Tanımlayıcı İstatistikler

Tablo 4.2. *Anatomik doğruluk (Şekil ve morfoloji) maddelerine verilen yanıtların cinsiyete göre dağılımı*

No	Sorular	Erkek	Kadın	Ort.	SS
1	Görsel Olarak, Mandibular Kesici Dişlerin Genel Anatomik Görümü Teorik Bilgileri Yansıtmaktadır	4,64	4,5	4,54	0,60
2	Görsel Olarak, Mandibular Premolar Dişlerin Genel Anatomik Görümü Teorik Bilgileri Yansıtmaktadır	4,45	4,5	4,49	0,69
3	Görsel Olarak Mandibular Molar Dişlerin Genel Anatomik Görümü Teorik Bilgileri Yansıtmaktadır	4,64	4,54	4,57	0,55
4	Görsel Olarak Maksiller Kesici Dişlerin Genel Anatomik Görümü Teorik Bilgileri Yansıtmaktadır	4,55	4,46	4,49	0,65
5	Görsel Olarak Maksiller Premolar Dişlerin Genel Anatomik Görümü Teorik Bilgileri Yansıtmaktadır	4,55	4,42	4,46	0,55
6	Görsel Olarak Maksiller Molar Dişlerin Genel Anatomik Görümü Teorik Bilgileri Yansıtmaktadır	4,45	4,46	4,46	0,65

Anatomik doğruluk (şekil ve morfoloji) bölümüne ilişkin 6 maddeye verilen yanıtların ortalamaları incelendiğinde, erkek katılımcıların puanlarının 4,45 ile 4,64 arasında, kadın katılımcıların puanlarının ise 4,42 ile 4,54 arasında değiştiği görüldü. Tüm maddelerin genel ortalaması 4,46±4,57 aralığında olup, bu değerler 5'li Likert ölçeğinde yüksek düzeyde katılımı göstermektedir. Diş modellerinin Anatomik Doğruluk (Şekil ve Morfoloji) uygunluğu katılıyorum, kesinlikle katılıyorum şeklinde yüksek oranda bulundu (Tablo 4.2).

Tablo 4.3. *Boyutsal uygunluk maddelerine verilen yanıtların cinsiyete göre dağılımı*

No	Sorular	Erkek	Kadın	Ort.	SS
1	Görsel Olarak, Mandibular Kesici Dişlerin Kron-Kök Oranı,Mesio-Distal Genişliği ve Bukko-Palatinal Genişlik Açısından Teorik Bilgileri Doğru Yansıtmaktadır	4,45	4,5	4,49	0,65
2	Görsel Olarak, Mandibular Premolar Dişlerin Kron-Kök Oranı,Mesio-Distal Genişliği ve Bukko-Palatinal Genişlik Açısından Teorik Bilgileri Doğru Yansıtmaktadır	4,64	4,33	4,43	0,73
3	Görsel Olarak, Mandibular Molar Dişlerin Kron-Kök Oranı,Mesio-Distal Genişliği ve Bukko-Palatinal Genişlik Açısından Teorik Bilgileri Doğru Yansıtmaktadır	4,64	4,42	4,49	0,60
4	Görsel Olarak, Maksiller Kesici Dişlerin Kron-Kök Oranı,Mesio-Distal Genişliği ve Bukko-Palatinal Genişlik Açısından Teorik Bilgileri Doğru Yansıtmaktadır	4,55	4,42	4,46	0,65
5	Görsel Olarak, Maksiller Premolar Dişlerin Kron-Kök Oranı,Mesio-Distal Genişliği Ve Bukko-Palatinal Genişlik Açısından Teorik Bilgileri Doğru Yansıtmaktadır	4,55	4,42	4,46	0,60
6	Görsel Olarak, Maksiller Molar Dişlerin Kron-Kök Oranı,Mesio-Distal Genişliği ve Bukko-Palatinal Genişlik Açısından Teorik Bilgileri Doğru Yansıtmaktadır	4,73	4,54	4,6	0,55

Boyutsal uygunluk alt boyutuna ilişkin altı maddeye verilen yanıtların ortalamaları incelendiğinde, erkek katılımcıların puanlarının 4,45 ile 4,73 arasında, kadın katılımcıların puanlarının ise 4,33 ile 4,54 arasında değiştiği görülmektedir. Maddelerin genel ortalamaları 4,43 ile 4,60 arasında olup, bu değerler 5'li Likert ölçeğinde "Katılıyorum" düzeyine karşılık gelmektedir. En yüksek ortalama, "Maksiller molar dişlerin kron-kök oranı, mesio-distal ve bukko-palatinal genişlik

açısından teorik bilgileri doğru yansıtmaktadır" ifadesinde (Ort.=4,60) gözlendi (Tablo 4.3).

Tablo 4.4. *Anatomik detay seviyesi maddelerine verilen yanıtların cinsiyete göre dağılımı*

No	Sorular	Erkek	Kadın	Ort.	SS
1	Görsel Olarak, Mandibular Kesici Dişlerin Anatomik Detay Seviyesi Teoriye Uygundur.	4,55	4,29	4,37	0,76
2	Görsel Olarak, Mandibular Premolar Dişlerin Anatomik Detay Seviyesi Teoriye Uygundur.	4,55	4,5	4,51	0,60
3	Görsel Olarak, Mandibular Molar Dişlerin Anatomik Detay Seviyesi Teoriye Uygundur.	4,36	4,29	4,31	0,67
4	Görsel Olarak, Maksiller Kesici Dişlerin Anatomik Detay Seviyesi Teoriye Uygundur.	4,55	4,42	4,46	0,60
5	Görsel Olarak, Maksiller Premolar Dişlerin Anatomik Detay Seviyesi Teoriye Uygundur.	4,55	4,33	4,4	0,60
6	Görsel Olarak, Maksiller Molar Dişlerin Anatomik Detay Seviyesi Teoriye Uygundur.	4,73	4,29	4,43	0,65
7	Görsel Olarak, Dişe Oklüzal Yüzeyden Bakıldığında Mandibular Molar Dişlerin Oklüzal Yüzeyden Cusp Yüksekliklerinin Sıralanışı ve Büyüklükleri Net Şekilde Anlaşılabilmektedir	4,82	4,33	4,49	0,60
8	Görsel Olarak, Dişe Oklüzal Yüzeyden Bakıldığında Maksiller Molar Dişlerin Oklüzal Yüzeyden Cusp Yüksekliklerinin Sıralanışı ve Büyüklükleri Net Şekilde Anlaşılabilmektedir	4,64	4,42	4,49	0,60

Anatomik detay seviyesi alt boyutuna ilişkin sekiz maddeye verilen yanıtların ortalamaları incelendiğinde, erkek katılımcıların puanlarının 4,36 ile 4,82 arasında, kadın katılımcıların puanlarının ise 4,29 ile 4,50 arasında değiştiği görülmektedir. Maddelerin genel ortalamaları 4,31 ile 4,51 arasında olup, bu değerler 5'li Likert ölçeğinde "Katılıyorum" düzeyine karşılık gelmektedir. En yüksek ortalama, "Dişe oklüzal yüzeyden bakıldığında mandibular molar dişlerin oklüzal yüzeyden cusp

yüksekliklerinin sıralanışı ve büyüklükleri net şekilde anlaşılabilmektedir" ifadesinde (Ort.=4,49) gözlendi (Tablo 4.4).

Tablo 4.5. *Eğitimsel uygunluk ve genel fayda*

No	Sorular	Erkek	Kadın	Ort.	SS
1	3B Baskı Diş Modelinin Kullanımı, Öğrencilerin Diş Anatomisini Ve Morfolojisini Daha İyi Kavramasına Yardımcı Olur	4,73	4,58	4,63	0,48
2	Bu Model, Geleneksel Materyallere Kıyasla Daha Zengin ve Anlaşılır Bir Öğrenme Deneyimi Sağlar	4,45	4,63	4,57	0,65
3	Preklinik Çalışmalarda 3B Basılı Diş Modellerinin Kullanımı, Öğrencilerin Pratik/Prosedürel Becerilerini Geliştirmektedir	4,73	4,54	4,60	0,64
4	Bu 3B Diş Modelleri, Öğrencilere Pratik Yapmada Gerçek Dişlerin Anatomik Özelliklerine Benzer Bir Deneyim Sunmaktadır	4,91	4,5	4,63	0,54
5	Preklinik Eğitim Sırasında Bu 3B Diş Anatomisi Modellerini Kullanmak İsterim.	4,82	4,63	4,69	0,52
6	Bu Model, Öğrencilerin Hatalarını Daha Erken Fark Etmelerine Yardımcı Olur.	4,64	4,54	4,57	0,49
7	Model Üzerinde Çalışmak,Öğrencilerin Bireysel Öğrenme Hızlarını Desteklemektedir.	4,82	4,63	4,69	0,52
8	3B Modeller, Teorik Anlatımı Destekleyici Bir Araç Olarak Ders Anlatımını Kolaylaştırmaktadır.	4,82	4,54	4,63	0,68
9	Bu Modeller, Farklı Öğrenme Stillerine Sahip Öğrenciler İçin Esnek ve Etkili Bir Materyaldir.	4,82	4,63	4,69	0,52
10	3B Modellerin Kullanımı, Ders İçeriğini Daha Standart ve Tutarlı Hale Getirmektedir.	4,73	4,63	4,66	0,53

Eğitimsel uygunluk ve genel fayda alt boyutuna ilişkin on maddeye verilen yanıtların ortalamaları incelendiğinde, erkek katılımcıların puanları 4,45 ile 4,91 arasında, kadın katılımcıların puanları 4,50 ile 4,63 arasında değişmektedir. Maddelerin genel ortalamaları 4,57 ile 4,69 arasında olup, 5'li Likert ölçeğinde "Katılıyorum" düzeyine karşılık gelmektedir. En yüksek ortalama, "Preklinik eğitim sırasında bu 3B diş anatomisi modellerini kullanmak isterim" (Ort.=4,69), "Model üzerinde çalışmak, öğrencilerin bireysel öğrenme hızlarını desteklemektedir"

(Ort.=4,69) ve "Bu modeller, farklı öğrenme stillerine sahip öğrenciler için esnek ve etkili bir materyaldir" (Ort.=4,69) maddelerinde gözlenmiştir. "Bu 3B diş modelleri, öğrencilere pratik yapmada gerçek dişlerin anatomik özelliklerine benzer bir deneyim sunmaktadır" maddesinin ortalaması da yüksektir (Ort.=4,63). Erkek katılımcı ortalamaları 4,45–4,91, kadın katılımcı ortalamaları 4,50–4,63 aralığındadır (Tablo 4.5).

Tablo 4.6. *Bölümlerin ortalama ve standart sapma değerleri*

Bölümler	**Erkek**	**SS**	**Kadın**	**SS**	**Ort.**	**SS**
Anatomik Detay Seviyesi	26,9	3,00	27,1	3,82	27,0	3,24
Anatomik Doğruluk (Şekil ve Morfoloji)	26,6	3,28	27,4	3,33	26,9	3,22
Boyutsal Uygunluk (Ölçek ve Oranlar)	34,9	4,39	36,6	3,90	35,4	4,24
Eğitimsel Uygunluk ve Genel Fayda	45,8	4,45	47,3	3,27	46,3	5,55
Ortalama	**33,6**	**8,73**	**34,7**	**9,05**	**33,9**	**4,06**

Tablo 4.6'da yer alan bölümlerin ortalama ve standart sapma değerleri incelendiğinde; Anatomik Detay Seviyesi'nde erkeklerin 26,9 ± 3,00, kadınların 27,1 ± 3,82 ve genel ortalamanın 27,0 ± 5,11 olduğu görülmektedir. Anatomik Doğruluk (Şekil ve Morfoloji) boyutunda erkek katılımcılar 26,6 ± 3,28, kadın katılımcılar 27,4 ± 3,33 ortalamaya sahipken, bu bölümün genel ortalaması 26,9 ± 5,09 olarak kaydedilmiştir. Boyutsal Uygunluk (Ölçek ve Oranlar) puanları erkeklerde 34,9 ± 4,39, kadınlarda 36,6 ± 3,90 ve genel toplamda 35,4 ± 6,67 seviyesindedir. Eğitimsel Uygunluk ve Genel Fayda kategorisinde ise erkeklerin 45,8 ± 4,45, kadınların 47,3 ± 3,27 ortalama puan aldığı, genel ortalamanın 46,3 ± 8,09 şeklinde gerçekleştiği saptanmıştır. Tüm bölümlerin genel ortalaması baz alındığında, erkek katılımcıların 33,6 ± 8,73, kadın katılımcıların 34,7 ± 9,05 ve araştırma grubunun toplam ortalamasının 33,9 ± 8,81 olduğu gözlenmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.7. *Normal dağılım test sonuçları*

Bölümler / Normallik Testi	**Statistic**	**df**	**p.**	**Statistic**	**df**	**p.**
Anatomik Detay Seviyesi	,373	35	,000	,697	35	,000
Anatomik Doğruluk (Şekil ve Morfoloji)	,340	35	,000	,693	35	,000
Boyutsal Uygunluk (Ölçek ve Oranlar)	,379	35	,000	,681	35	,000
Eğitimsel Uygunluk ve Genel Fayda	,354	35	,000	,719	35	,000

** p<0.01 *p< 0.05

Tablo 4.7'de, her bir alt boyuta ilişkin normallik varsayımını test etmek amacıyla yapılan Kolmogorov–Smirnov ve Shapiro–Wilk test sonuçları yer almaktadır. Tüm boyutlarda hem Kolmogorov–Smirnov hem de Shapiro–Wilk testlerinde anlamlılık (Sig.) değerlerinin $p < 0,05$ olduğu görülmektedir. Bu sonuç, verilerin normal dağılım göstermediğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, bu değişkenlere ilişkin gruplar arası karşılaştırmalarda parametrik olmayan test (Mann–Whitney U testi) kullanılmasına karar verilmiştir. Başka bir ifadeyle, "Anatomik Detay Seviyesi", "Anatomik Doğruluk (Şekil ve Morfoloji)", "Boyutsal Uygunluk (Ölçek ve Oranlar)" ve "Eğitimsel Uygunluk ve Genel Fayda" boyutlarının tümü normallik varsayımını karşılamamaktadır. Ayrıca basıklık ve çarpıklık katsayılarının kendi standart hatalarına bölümleri ile edilen değerlerin +1,5 ile -1,5 arasında da olmayışı normallik varsayımını sağlamadığının bir diğer göstergesi olarak belirlenmiştir (Tabachnick ve Fidell, 2013) (Tablo 4.7).

Tablo 4.8. *Maddelerin cinsiyete göre farklılıkları Manny-Whitney U testi*

No	Maddeler/Cinsiyet	U	Z	p
1	Görsel Olarak, Mandibular Kesici Dişlerin Genel Anatomik Görümü Teorik Bilgileri Yansıtmaktadır	111,500	-0,844	,472
2	Görsel Olarak, Mandibular Premolar Dişlerin Genel Anatomik Görümü Teorik Bilgileri Yansıtmaktadır	125,000	-0,285	,820
3	Görsel Olarak Mandibular Molar Dişlerin Genel Anatomik Görümü Teorik Bilgileri Yansıtmaktadır	113,000	-0,788	,517
4	Görsel Olarak Maksiller Kesici Dişlerin Genel Anatomik Görümü Teorik Bilgileri Yansıtmaktadır	121,000	-0,445	,713
5	Görsel Olarak Maksiller Premolar Dişlerin Genel Anatomik Görümü Teorik Bilgileri Yansıtmaktadır	110,000	-0,890	,451
6	Görsel Olarak Maksiller Molar Dişlerin Genel Anatomik Görümü Teorik Bilgileri Yansıtmaktadır	132,000	0,000	,879
7	Görsel Olarak, Mandibular Kesici Dişlerin Kron-Kök Oranı,Mesio-Distal Genişliği ve Bukko-Palatinal Genişlik Açısından Teorik Bilgileri Doğru Yansıtmaktadır	120,000	-0,489	,687
8	Görsel Olarak, Mandibular Premolar Dişlerin Kron-Kök Oranı,Mesio-Distal Genişliği ve Bukko-Palatinal Genişlik Açısından Teorik Bilgileri Doğru Yansıtmaktadır	102,000	-1,201	,299

Tablo 4.8. *(devam) Maddelerin cinsiyete göre farklılıkları Manny-Whitney U testi*

No	Maddeler/Cinsiyet	U	Z	p
9	Görsel Olarak, Mandibular Molar Dişlerin Kron-Kök Oranı,Mesio-Distal Genişliği ve Bukko-Palatinal Genişlik Açısından Teorik Bilgileri Doğru Yansıtmaktadır	101,500	-1,230	,283
10	Görsel Olarak, Maksiller Kesici Dişlerin Kron-Kök Oranı,Mesio-Distal Genişliği Ve Bukko-Palatinal Genişlik Açısından Teorik Bilgileri Doğru Yansıtmaktadır	116,000	-0,640	,587
11	Görsel Olarak, Maksiller Premolar Dişlerin Kron-Kök Oranı,Mesio-Distal Genişliği ve Bukko-Palatinal Genişlik Açısından Teorik Bilgileri Doğru Yansıtmaktadır	121,000	-0,441	,713
12	Görsel Olarak, Maksiller Molar Dişlerin Kron-Kök Oranı,Mesio-Distal Genişliği ve Bukko-Palatinal Genişlik Açısından Teorik Bilgileri Doğru Yansıtmaktadır	111,500	-0,863	,472
13	Görsel Olarak, Mandibular Kesici Dişlerin Anatomik Detay Seviyesi Teoriye Uygundur.	115,500	-0,660	,563
14	Görsel Olarak, Mandibular Premolar Dişlerin Anatomik Detay Seviyesi Teoriye Uygundur.	123,000	-0,366	,766
15	Görsel Olarak, Mandibular Molar Dişlerin Anatomik Detay Seviyesi Teoriye Uygundur.	125,500	-0,262	,820
16	Görsel Olarak, Maksiller Kesici Dişlerin Anatomik Detay Seviyesi Teoriye Uygundur.	113,000	-0,762	,517
17	Görsel Olarak, Maksiller Premolar Dişlerin Anatomik Detay Seviyesi Teoriye Uygundur.	103,000	-1,159	,316
18	Görsel Olarak, Maksiller Molar Dişlerin Anatomik Detay Seviyesi Teoriye Uygundur.	79,000	-2,106	,061
19	Görsel Olarak, Dişe Oklüzal Yüzeyden Bakıldığında Mandibular Molar Dişlerin Oklüzal Yüzeyden Cusp Yüksekliklerinin Sıralanışı ve Büyüklükleri Net Şekilde Anlaşılabilmektedir	72,000	-2,218	**,048***
20	Görsel Olarak, Dişe Oklüzal Yüzeyden Bakıldığında Maksiller Molar Dişlerin Oklüzal Yüzeyden Cusp Yüksekliklerinin Sıralanışı Ve Büyüklükleri Net Şekilde Anlaşılabilmektedir	110,000	-0,887	,451
21	3B Baskı Diş Modelinin Kullanımı, Öğrencilerin Diş Anatomisini Ve Morfolojisini Daha İyi Kavramasına Yardımcı Olur	113,000	-0,806	,517

Tablo 4.8. *(devam) Maddelerin cinsiyete göre farklılıkları Manny-Whitney U testi*

No	Maddeler/Cinsiyet	U	Z	p
22	Bu Model, Geleneksel Materyallere Kıyasla Daha Zengin Ve Anlaşılır Bir Öğrenme Deneyimi Sağlar	112,000	-0,850	,494
23	Preklinik Çalışmalarda 3B Basılı Diş Modellerinin Kullanımı, Öğrencilerin Pratik/Prosedürel Becerilerini Geliştirmektedir	117,000	-0,644	,612
24	Bu 3B Diş Modelleri, Öğrencilere Pratik Yapmada Gerçek Dişlerin Anatomik Özelliklerine Benzer Bir Deneyim Sunmaktadır	83,000	-2,103	,085
25	Preklinik Eğitim Sırasında Bu 3B Diş Anatomisi Modellerini Kullanmak İsterim.	111,000	-0,948	,472
26	Bu Model, Öğrencilerin Hatalarını Daha Erken Fark Etmelerine Yardımcı Olur.	119,500	-0,518	,662
27	Model Üzerinde Çalışmak,Öğrencilerin Bireysel Öğrenme Hızlarını Desteklemektedir.	111,000	-0,948	,472
28	3B Modeller, Teorik Anlatımı Destekleyici Bir Araç Olarak Ders Anlatımını Kolaylaştırmaktadır.	110,000	-0,990	,451
29	Bu Modeller,Farklı Öğrenme Stillerine Sahip Öğrenciler İçin Esnek Ve Etkili Bir Materyaldir	111,000	-0,948	,472
30	3B Modellerin Kullanımı, Ders İçeriğini Daha Standart ve Tutarlı Hale Getirmektedir.	122,500	-0,417	,740

** p<0.01 *p< 0.05

Cinsiyet değişkenine göre yapılan Mann–Whitney U testi sonuçlarına göre, 3B baskı diş modellerine ilişkin maddelerin büyük çoğunluğunda kadın ve erkek katılımcıların değerlendirmeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p> .05). Ancak, yalnızca "Mandibular molar dişlerin oklüzal yüzeyden cusp yüksekliklerinin sıralanışı ve büyüklüklerinin net şekilde anlaşılabilmesi" ifadesine ilişkin maddede cinsiyetler arasında anlamlı bir fark saptanmıştır (erkek ort=4,82 kadın ort=4,83, p = .048). Bu bulgu, katılımcıların diğer maddelerde benzer algılara sahip olduğunu, ancak mandibular molar dişlerin oklüzal yüzey özelliklerinin değerlendirilmesinde cinsiyete bağlı farklı bir algı veya değerlendirme eğilimi olabileceğini göstermektedir (Tablo 4.8).

Tablo 4.9. *Bölümlerin cinsiyete göre farklılıkları Manny-Whitney U testi*

Bölümler	**Mann-Whitney U**	**Z**	**p**
Anatomik Detay Seviyesi	114,000	-0,655	,540
Anatomik Doğruluk (Şekil ve Morfoloji)	115,500	-0,598	,563
Boyutsal Uygunluk (Ölçek ve Oranlar)	96,500	-1,275	,211
Eğitimsel Uygunluk ve Genel Fayda	107,500	-0,896	,390

** p<0.01 *p< 0.05

Cinsiyet değişkenine göre yapılan Mann–Whitney U testi sonuçlarına göre, dört ana boyutta (Anatomik Detay Seviyesi, Anatomik Doğruluk, Boyutsal Uygunluk ve Eğitimsel Uygunluk ile Genel Fayda) kadın ve erkek katılımcıların değerlendirmeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p > .05). Bu sonuç, 3B baskı diş modellerine ilişkin katılımcı görüşlerinin cinsiyetten bağımsız ve genel olarak benzer düzeyde olduğunu göstermektedir (Tablo 4.9).

Başka bir ifadeyle hem kadın hem de erkek katılımcılar modelin anatomik doğruluk, boyutsal uygunluk ve eğitimsel katkı açısından benzer biçimde olumlu değerlendirmelerde bulunmuşlardır (Şekil 4.1).

Tablo 4.10. *Bölümler arasında spearman korelasyonu*

Değişkenler	**Yaş**	**Akademik Yıl Deneyimi**	**Anatomik Detay Seviyesi**	**Anatomik Doğruluk**	**Boyutsal Uygunluk**	**Eğitimsel Uygunluk ve Genel Fayda**
Yaş	1					
Akademik Yıl Deneyimi	,976**	1				
Anatomik Detay Seviyesi	-,180	-,138	1			
Anatomik Doğruluk	-,053	-,011	,550**	1		
Boyutsal Uygunluk	-,108	-,074	,783**	,645**	1	
Eğitimsel Uygunluk ve Genel Fayda	-,206	-,231	,658**	,453**	,515**	1

** p<0.01 *p< 0.05

Anatomik detay seviyesi ile anatomik doğruluk arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki gözlenmektedir (r = 0,550, p < 0,01). Benzer şekilde, anatomik detay seviyesi ile boyutsal uygunluk (r = 0,783, p < 0,01) ve eğitimsel uygunluk ve genel fayda (r =

0,658, p < 0,01) arasında güçlü pozitif korelasyonlar bulunmaktadır. Anatomik doğruluk ile boyutsal uygunluk (r = 0,645, p < 0,01) ve eğitimsel uygunluk ve genel fayda (r = 0,453, p < 0,01) arasında orta düzeyde pozitif ilişkiler mevcuttur. Boyutsal uygunluk ile eğitimsel uygunluk ve genel fayda arasında da orta düzeyde bir pozitif korelasyon (r = 0,515, p < 0,01) saptanmıştır. Bu sonuçlar, anatomik detay seviyesi, doğruluk ve boyutsal uygunluk gibi ölçütlerin eğitimsel faydayı artırıcı nitelikte birbirleriyle uyumlu olduğunu göstermektedir (Tablo 4.10).

Tablo 4.11. *Akademik detay seviyesi için regresyon analizi*

Değişkenler	**B**	**Std. Error**	**Beta**	**t**	**p**
Sabit (Constant)	1,278	5,081	—	0,252	0,803
Yaş	-0,091	0,124	-0,3	-0,73	0,471
Akademik Yıl Deneyimi	0,073	0,122	0,247	0,601	0,553
Anatomik Doğruluk (Şekil ve Morfoloji)	0,267	0,13	0,271	2,05	0,049
Boyutsal Uygunluk (Ölçek ve Oranlar)	0,402	0,086	0,533	4,701	0
Eğitimsel Uygunluk ve Genel Fayda	0,148	0,097	0,189	1,521	0,139

** p<0.01 *p< 0.05

Anatomik detay seviyesi için doğrusal regresyon analizi sonucunda modelin bağımlı değişken olan anatomik detay seviyesini anlamlı biçimde açıkladığı görülmüştür ($R = 0,873$, $R^2 = 0,762$, Adjusted $R^2 = 0,721$, $F(5,29) = 18,592$, $p < 0,001$). Bağımsız değişkenler arasında anatomik doğruluk (B = 0,267, p = 0,049) ve boyutsal uygunluk (B = 0,402, p <0,001) değişkenlerinin anatomik detay seviyesini anlamlı şekilde etkilediği saptanmıştır. Yaş, akademik yıl deneyimi ve eğitimsel uygunluk ve genel fayda değişkenlerinin etkisi ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p> 0,05). Bu sonuçlar, anatomik doğruluk ve boyutsal uygunluk arttıkça, anatomik detay seviyesinin de arttığını göstermektedir (Tablo 4.11).

Tablo 4.12. *Anatomik doğruluk için regresyon analizi*

Değişkenler	**B**	**Std. Error**	**Beta**	**t**	**p**
Sabit (Constant)	4,098	6,74	—	0,608	0,548
Yaş	-0,148	0,165	-0,479	-0,894	0,379
Akademik Yıl Deneyimi	0,167	0,16	0,554	1,04	0,307
Boyutsal Uygunluk (Ölçek ve Oranlar)	0,03	0,151	0,039	0,199	0,843
Eğitimsel Uygunluk ve Genel Fayda	0,267	0,125	0,338	2,139	0,041
Anatomik Detay Seviyesi	0,474	0,231	0,467	2,05	0,049

** p<0.01 *p< 0.05

Doğrusal regresyon analizi sonucunda modelin bağımlı değişken olan anatomik doğruluk (şekil ve morfoloji) üzerinde anlamlı bir açıklama sağladığı görülmüştür ($R = 0,768$, $R^2 = 0,590$, Adjusted $R^2 = 0,519$, $F(5,29) = 8,337$, $p < 0,001$). Bağımsız değişkenler arasında eğitimsel uygunluk ve genel fayda ($B = 0,267$, $p = 0,041$) ile anatomik detay seviyesi ($B = 0,474$, $p = 0,049$) değişkenlerinin anlamlı etkisi saptanmıştır. Yaş, akademik yıl deneyimi ve boyutsal uygunluk değişkenlerinin ise anlamlı bir etkisi bulunmamıştır ($p > 0,05$). Bulgular, eğitimsel uygunluk ve anatomik detay seviyesi arttıkça, anatomik doğruluğun da arttığını göstermektedir (Tablo 4.12).

Tablo 4.13. *Boyursal uygunluk için regresyon analizi*

Değişkenler	**B**	**Std. Error**	**Beta**	**t**	**p**
Sabit (Constant)	4,593	8,274	—	0,555	0,583
Yaş	0,109	0,204	0,271	0,533	0,598
Akademik Yıl Deneyimi	-0,104	0,199	-0,265	-0,522	0,605
Eğitimsel Uygunluk ve Genel Fayda	-0,048	0,165	-0,046	-0,291	0,773
Anatomik Detay Seviyesi	1,075	0,229	0,812	4,701	<,001*
Anatomik Doğruluk (Şekil ve Morfoloji)	0,045	0,228	0,035	0,199	0,843

** p<0.01 *p< 0.05

Doğrusal regresyon analizi sonucunda model, bağımlı değişken olan boyutsal uygunluğu anlamlı biçimde açıklamıştır ($R = 0,798$, $R^2 = 0,637$, Adjusted $R^2 = 0,575$, $F(5,29) = 10,196$, $p < 0,001$). Bağımsız değişkenler arasında yalnızca anatomik detay seviyesi ($B = 1,075$, $p < 0,001$) boyutsal uygunluğu anlamlı şekilde etkilemiştir. Yaş, akademik yıl deneyimi, eğitimsel uygunluk ve genel fayda ile anatomik doğruluk değişkenlerinin etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Residual analizleri, tahmin edilen değerler ile gözlenen değerler arasındaki farkların makul seviyede olduğunu göstermektedir (minimum = -10,048, maksimum = 6,044, ortalama = 0, Std. Sapma = 2,573). Bulgular, anatomik detay seviyesi arttıkça boyutsal uygunluğun da arttığını ortaya koymaktadır; diğer değişkenler modelde anlamlı belirleyici rol oynamamaktadır (Tablo 4.13).

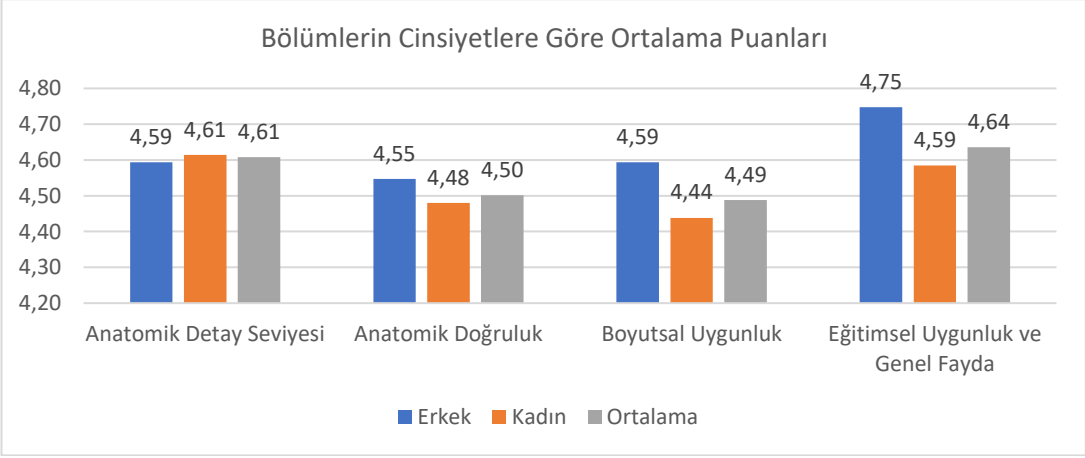
Tablo 4.14. *Eğitimsel uygunluk ve genel fayda için regresyon analizi*

Değişkenler	B	Std. Error	Beta	t	p
Sabit (Constant)	17,603	8,774	—	2,006	0,054
Yaş	0,172	0,229	0,443	0,753	0,457
Akademik Yıl Deneyimi	-0,219	0,222	-0,578	-0,99	0,330
Anatomik Detay Seviyesi	0,5	0,329	0,39	1,521	0,139
Anatomik Doğruluk (Şekil ve Morfoloji)	0,51	0,238	0,404	2,139	0,041*
Boyutsal Uygunluk (Ölçek ve Oranlar)	-0,061	0,209	-0,063	-0,291	0,773

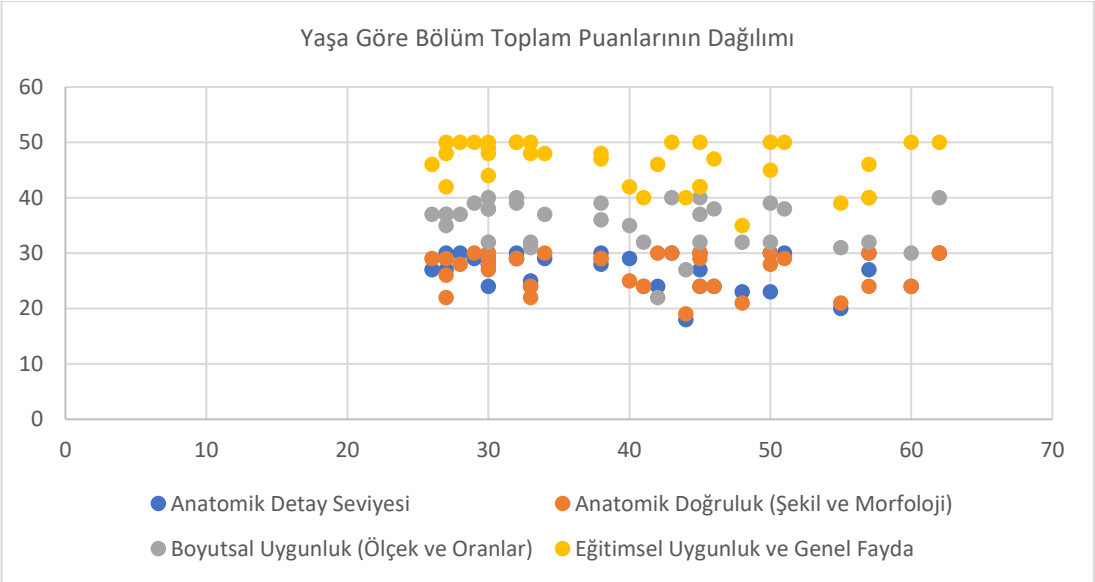
** p<0.01 *p< 0.05

Doğrusal regresyon analizi, modelin bağımlı değişken olan eğitimsel uygunluk ve genel faydayı anlamlı biçimde açıkladığını göstermiştir ($R = 0,714$, $R^2 = 0,510$, Adjusted $R^2 = 0,425$, $F(5,29) = 6,035$, $p = 0,001$). Bağımsız değişkenler arasında yalnızca anatomik doğruluk ($B = 0,510$, $p = 0,041$) eğitimsel uygunluk ve genel fayda üzerinde anlamlı etki göstermiştir. Yaş, akademik yıl deneyimi, anatomik detay seviyesi ve boyutsal uygunluk değişkenlerinin etkisi ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$) (Şekil 4.2). Uygunluk ve genel faydayı artırmada önemli bir belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 4.14).

Grafikler



Şekil 4.1. *Bölümlerin cinsiyete göre ortalama yanıtları*



Şekil 4.2. *Yaşa göre bölüm toplam puanlarının dağılımı*

5. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, üç boyutlu yazıcılar kullanılarak üretilen dental anatomi modellerinin anatomik doğruluk, boyutsal uygunluk, anatomik detay seviyesi ile eğitimsel uygunluk ve genel fayda açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda, üç boyutlu baskı ile üretilen diş anatomisi modellerinin söz konusu ölçütler açısından teorik bilgilerle yüksek düzeyde uyum gösterdiği belirlenmiş olup, bu nedenle araştırmanın başlangıcında öne sürülen hipotez kabul edilmiştir.

Diş hekimliği eğitiminde teorik bilginin pratik uygulamalarla desteklenmesi, özellikle diş anatomisi gibi görsel algı, mekânsal farkındalık ve morfolojik detayların yoğun olduğu derslerde büyük önem taşımaktadır. Öğrencilerin dişlerin şekil, boyut ve yüzey özelliklerini yalnızca iki boyutlu görseller üzerinden öğrenmesi, bilgilerin kalıcı hâle gelmesini ve klinik uygulamalara doğru şekilde aktarılmasını zorlaştırabilmektedir (Fayyaz vd., 2024; Jun, 2025). Bu nedenle, öğrenme sürecini destekleyen somut ve üç boyutlu eğitim materyallerinin kullanılması, diş anatomisinin daha etkili ve anlaşılır biçimde öğretilmesine katkı sağlamaktadır (Cresswell-Boyes vd., 2024; Tahayeri vd., 2018).

Bu bağlamda, eklemeli üretim (3B baskı) teknolojileri; tekrarlanabilirlik, standardizasyon, erişilebilirlik ve birebir anatomik modelleme imkânı sunması nedeniyle dental eğitimde giderek daha fazla tercih edilmektedir. Eklemeli üretim yöntemleri sayesinde, dişlerin anatomik yapıları dijital veriler üzerinden yüksek hassasiyetle modellenebilmekte ve aynı standartta çok sayıda eğitim materyali üretilebilmektedir. Ayrıca, bu teknolojiler geleneksel yöntemlere kıyasla zaman ve maliyet açısından avantaj sağlamakta, eğitim ortamlarında daha kontrollü ve sürdürülebilir bir öğrenme sürecine olanak tanımaktadır (Revilla-León ve Özcan, 2019; Nemeth vd., 2023).

Son yıllarda eklemeli üretim teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte, üç boyutlu baskı teknikleri eğitim amaçlı dental modellerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknolojiler, standartlaştırılmış ve tekrarlanabilir

anatomik modellerin üretilmesine olanak tanıyarak diş hekimliği eğitiminde teorik bilgilerin somut materyallerle desteklenmesini mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda, çalışmamızda elde edilen bulgular, 3B baskı diş modellerinin diş anatomisi eğitiminde kullanılabilirliğini çok boyutlu olarak ortaya koymaktadır (Revilla-León ve Özcan, 2019; Jun vd., 2025).

Araştırma kapsamında elde edilen sonuçlar, katılımcıların büyük çoğunluğunun üç boyutlu olarak üretilen diş modellerini teorik bilgilerle yüksek düzeyde uyumlu bulduğunu göstermektedir. Anatomik doğruluk, boyutsal uygunluk, anatomik detay seviyesi ile eğitimsel uygunluk ve genel fayda alt boyutlarının tamamında ortalama puanların 5'li Likert ölçeğinde "katılıyorum" düzeyinde ve üzerinde olması, 3B baskı diş modellerinin eğitimsel değerine ilişkin güçlü bir algının mevcut olduğunu ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, literatürde yer alan çalışmalar da 3B basılı diş modellerinin öğrencilerin öğrenme deneyimini desteklediğini ve geleneksel materyalleri tamamlayıcı nitelikte etkili bir eğitim aracı olarak değerlendirilebileceğini bildirmektedir (Fayyaz vd., 2024; Cresswell-Boyes vd., 2024).

Üç boyutlu yazıcılarla üretilen dental anatomi modellerinin anatomik doğruluk (şekil ve morfoloji) açısından teorik bilgilerle uyum düzeyinin değerlendirilmesi, diş anatomisi eğitiminin temel bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Diş anatomisi öğretiminde kron formu, kontur geçişleri ve diş gruplarına özgü morfolojik farklılıklar (kesici, premolar ve molar dişler) kavramsal öğrenmenin temelini oluşturur. Bu nedenle, eğitim materyalinin görsel olarak doğru algılanması, öğrencinin teorik bilgiyi zihinsel şemalara dönüştürebilmesi ve klinik uygulamalara hazırlanması açısından belirleyici bir rol oynamaktadır (Cresswell-Boyes vd., 2024; Jun vd., 2025).

Çalışmamızda mandibular ve maksiller kesici, premolar ve molar dişlerin genel anatomik görünümünün teorik bilgileri yansıtmasına ilişkin maddelerde ortalama puanların yüksek düzeyde olduğu (4,46 ± 4,57) saptanmıştır. Bu bulgu, katılımcı öğretim üyelerinin 3B basılı diş modellerini temel morfolojik form ve genel anatomik temsil açısından yeterli ve teorik bilgilerle uyumlu olarak değerlendirdiklerini göstermektedir. Literatürde, 3B basılı dişlerin eğitimde kullanımını ele alan anlatısal derlemelerde, bu tür modellerin geleneksel yaklaşımlara kıyasla erişilebilirlik, standardizasyon ve gerçeğe yakın anatomi simülasyonu sağladığı vurgulanmaktadır.

Fayyaz vd. (2024), 3B basılı dişlerin dental eğitimdeki kullanımını inceledikleri çalışmalarında, bu modellerin öğrencilerin öğrenme deneyimini destekleyebildiğini ve doğal dişler ile standart eğitim materyallerini tamamlayıcı nitelikte kullanılabileceğini bildirmiştir (Fayyaz vd., 2024).

Anatomik doğruluk algısının yalnızca "görsel benzerlik" ile sınırlı olmadığı; aynı zamanda modelin üretim yöntemi, kullanılan veri kaynağı (örneğin intraoral tarama, CBCT veya mikro-CT), baskı çözünürlüğü ve son işlem (post-processing) basamaklarına bağlı olarak değişebildiği bilinmektedir (Revilla-León ve Özcan, 2019). Bu bağlamda, diş hekimliği alanında üç boyutlu baskının klinik ve eğitimsel yansımalarını geniş bir çerçevede ele alan derleme çalışmalarında, 3B baskı uygulamalarının doğruluk ve standardizasyon açısından önemli avantajlar sunduğu; ancak kullanılan malzeme, üretim iş akışı ve post-processing prosedürlerinin nihai çıktıyı belirgin biçimde etkileyebileceği belirtilmektedir (Nemeth vd., 2023). Jun (2025), farklı dental alanları kapsayan kapsamlı derleme çalışmalarında 3B baskının hassasiyet ve kişiselleştirme potansiyelini vurgularken, süreç standartlarının ve materyal sınırlılıklarının elde edilen sonuçlar üzerinde belirleyici rol oynadığını ifade etmektedir.

Çalışmamızda cinsiyet değişkenine göre anatomik doğruluk maddelerinin çoğunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaması, değerlendirmenin büyük ölçüde modelin morfolojik başarısına odaklandığını ve demografik değişkenlerden görece bağımsız seyrettiğini düşündürmektedir. Bu durum, literatürde sıkça vurgulanan "3B modellerin standardizasyonu" argümanıyla da uyumludur; aynı anatomik modelin çok sayıda öğrenciye ve öğreticiye aynı biçimde sunulabilmesi, değerlendirmelerde algısal ortaklaşmayı artırabilmektedir (Revilla-León ve Özcan, 2019; Nemeth vd., 2023).

Bulgularımız ayrıca, anatomik doğruluk ile anatomik detay seviyesi ve eğitimsel fayda gibi boyutlar arasında pozitif ilişkiler bulunabileceğine işaret eden literatürle de tutarlıdır (Jun, 2025). Öğrenci algısını değerlendiren çalışmalarda, 3B basılı dişlerin ve typodontların gerçekçilik ve öğretim değeri açısından genel olarak olumlu değerlendirildiği ve bazı uygulamalarda ticari alternatiflere kıyasla daha gerçekçi bulunduğu bildirilmiştir (Fayyaz vd., 2024; Tahayeri vd., 2018). Nitekim Cresswell-Boyes vd. (2024), endodontik eğitimde kullanılan 3B basılı typodont dişlere

ilişkin öğrenci algısını değerlendirdikleri çalışmalarında, öğrencilerin 3B basılı dişleri genel olarak olumlu değerlendirdiğini ve bazı başlıklarda daha gerçekçi bulduğunu raporlamıştır. Bu tür bulgular, anatomik formun yeterli düzeyde temsil edilmesinin eğitimde materyalin kabulünü ve algılanan faydayı artırabileceğini düşündürmektedir.

Üç boyutlu olarak modellenen dişlerin boyutsal uygunluğu; kron-kök oranı, mesio-distal genişlik ve bukko-palatinal genişlik gibi temel ölçüsel parametreler açısından teorik diş anatomisi bilgileriyle uyum düzeyi kapsamında ele alınmaktadır. Boyutsal doğruluk, diş anatomisi eğitiminde yalnızca görsel benzerliğin sağlanması açısından değil, öğrencilerin dişlerin gerçek boyutlarını ve mekânsal ilişkilerini doğru şekilde algılayabilmeleri açısından da kritik öneme sahiptir (Revilla-León ve Özcan, 2019; Jun, 2025). Özellikle preklinik eğitimde kullanılan modellerin ölçüsel olarak hatalı olması, öğrencilerin klinik uygulamalara geçiş sürecinde yanlış anatomik referanslar edinmesine ve hatalı el becerileri geliştirmesine neden olabilmektedir (Nemeth vd., 2023; Kim vd., 2022).

Çalışmamızda boyutsal uygunluk alt boyutuna ilişkin tüm maddelerde ortalama puanların yüksek düzeyde olduğu (4,43 ± 4,60) saptanmıştır. Bu bulgu, katılımcı öğretim üyelerinin 3B basılı diş modellerini ölçek ve oranlar açısından teorik diş anatomisi bilgileriyle büyük ölçüde uyumlu olarak değerlendirdiklerini göstermektedir. Özellikle maksiller molar dişlere ilişkin kron-kök oranı ile mesio-distal ve bukko-palatinal genişlik ölçütlerinin yüksek puan alması, morfolojik açıdan daha kompleks dişlerin dahi ölçüsel olarak yeterli doğrulukta temsil edilebildiğini düşündürmektedir. Bu bulgu, uygun baskı parametreleri ve standardize iş akışları kullanıldığında 3B basılı dental modellerin eğitim ve klinik amaçlar için kabul edilebilir boyutsal doğruluk sunabildiğini bildiren çalışmalarla uyumludur (Revilla-León ve Özcan, 2019; Nemeth vd., 2023).

Literatürde, üç boyutlu baskı teknolojilerinin dental modellerin boyutsal doğruluğu üzerindeki etkisi yaygın biçimde araştırılmıştır (Revilla-León ve Özcan, 2019; Kim vd., 2022). Revilla-León ve Özcan (2019), dental alanda kullanılan eklemeli üretim teknolojilerini kapsamlı biçimde ele aldıkları derleme çalışmalarında, dijital modelleme ve 3B baskı süreçlerinin uygun şekilde standardize edilmesi durumunda üretilen modellerin klinik ve eğitimsel kullanım için kabul edilebilir boyutsal doğruluk sunduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, özellikle eğitim amaçlı

modellerde ölçüsel doğruluğun korunmasının, öğrencilerin dişlerin gerçek boyutlarını doğru algılaması açısından önemli olduğunu vurgulamışlardır. Benzer şekilde, farklı 3B baskı teknolojilerini karşılaştıran çalışmalarda, uygun baskı parametreleri kullanıldığında dental modellerin boyutsal doğruluğunun eğitim ve klinik kullanım için kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu rapor edilmiştir (Kim ve ark., 2022; Nemeth vd., 2023).

Çalışmamızda elde edilen korelasyon analizi sonuçları, boyutsal uygunluk ile anatomik detay seviyesi arasında güçlü ve pozitif bir ilişki bulunduğunu ortaya koymuştur ($r = 0,783$; $p < 0,01$). Bu bulgu, modellerdeki anatomik detay seviyesinin artmasının, ölçüsel doğruluğun algılanmasını da olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Regresyon analizi sonuçları da bu durumu desteklemekte; boyutsal uygunluğu anlamlı biçimde etkileyen tek değişkenin anatomik detay seviyesi olduğu görülmektedir ($p < 0,001$). Bu sonuç, diş modellerinde anatomik detayların doğru ve yeterli biçimde işlenmesinin, dişlerin gerçek ölçülerine ilişkin algıyı güçlendirdiğini düşündürmektedir. Literatürde, 3B baskı ile üretilen dental modellerde detay seviyesi ile doğruluk algısı arasında yakın ilişki bulunduğu ve bu durumun eğitimsel değerlendirmeleri de etkilediği bildirilmektedir (Kim vd., 2022; Nemeth vd., 2023).

Boyutsal uygunluk ile eğitimsel uygunluk ve genel fayda arasında saptanan orta düzeyde pozitif ilişki ($r = 0,515$; $p < 0,01$), ölçüsel olarak doğru modellerin eğitim sürecinde daha faydalı ve etkili olarak algılandığını ortaya koymaktadır. Öğrencilerin gerçek diş boyutlarına yakın modeller üzerinde çalışmaları, teorik bilgilerin pratiğe aktarılmasını kolaylaştırmakta ve klinik farkındalığı artırmaktadır. Bu durum, 3B basılı modellerin diş anatomisi eğitiminde yalnızca yardımcı bir görsel araç değil, aynı zamanda öğretici değeri yüksek ve öğrenme sürecini destekleyen bir eğitim materyali olarak kullanılabileceğini göstermektedir (Fayyaz vd., 2024; Tahayeri vd., 2018).

Cinsiyet değişkenine göre boyutsal uygunluk alt boyutunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaması, öğretim üyelerinin değerlendirmelerinde ölçüsel doğruluğun bireysel demografik özelliklerden ziyade modelin teknik niteliğine dayandığını düşündürmektedir. Bu sonuç, 3B basılı modellerin standardize yapısının, değerlendirmelerde algısal tutarlılığı ve ortaklaşmayı artırdığını vurgulayan literatürle uyumludur (Revilla-León ve Özcan, 2019; Nemeth vd., 2023).

Üç boyutlu olarak modellenen dişlerin anatomik detay seviyesi açısından (oklüzal morfoloji, fissür-oluk derinliği, cusp yükseklikleri ve yüzey konturlarının seçilebilirliği) teorik diş anatomisi bilgileriyle uyumunu değerlendirmektedir. Anatomik detayın doğru temsil edilmesi, diş anatomisi eğitiminde yalnızca "genel formu" öğretmekten öte; fonksiyonel oklüzyon, restoratif planlama ve preklinik pratiklerde doğru el becerisi kazanımı açısından da önem taşır. Bu nedenle 3B basılı modellerin eğitimsel değeri, büyük ölçüde "mikro-morfolojik" ayrıntıları ne kadar iyi yansıtabildiğiyle ilişkilidir (Revilla-Leon ve Özcan, 2018; Cresswell-Boyes vd., 2024; Örs ve Şanap, 2024).

Çalışmamızda anatomik detay seviyesi alt boyutuna ilişkin maddelerin ortalama puanlarının yüksek düzeyde olduğu (4,31 ± 4,51) saptanmıştır. Özellikle molar dişlerin oklüzal yüzeylerinden değerlendirildiğinde cusp yüksekliklerinin sıralanışı ve büyüklüklerinin anlaşılabilirliğine ilişkin maddelerin yüksek puan alması, 3B basılı diş modellerinin kompleks oklüzal anatomiyi öğretim üyesi değerlendirmesine göre yeterli düzeyde temsil edebildiğini düşündürmektedir. Bu bulgu, üç boyutlu baskı teknolojilerinin uygun üretim parametreleri ve materyal seçimi ile detaylı yüzey morfolojisini eğitim amaçlı olarak sunabildiğini bildiren çalışmalarla uyumludur (Tahayeri vd., 2018).

Anatomik detay seviyesi, 3B baskıda katman kalınlığı, baskı yönlenmesi ve post-processing gibi süreç değişkenlerinden belirgin biçimde etkilenir. Katman kalınlığının azalması çoğu senaryoda yüzey pürüzlülüğünü azaltarak ince anatomik ayrıntıların daha belirgin görünmesini destekler; ancak üretim süresi ve bazı materyal özellikleri açısından farklılıklar doğurabilir. Bu nedenle "detay algısı", yalnızca dijital tasarımla değil, doğrudan üretim parametreleriyle de ilişkilidir (Tahayeri vd., 2017).

Bu çalışmada korelasyon analizlerinde anatomik detay seviyesi ile boyutsal uygunluk arasında güçlü pozitif ilişki ($r = 0,783$; $p < 0,01$) saptanması ve regresyonda boyutsal uygunluğu anlamlı biçimde etkileyen değişkenin anatomik detay seviyesi olması ($p < 0,001$), şu yorumu destekler: Öğretim üyeleri açısından "detaylı ve keskin morfoloji", aynı zamanda "ölçüsel olarak doğru/uygun" algısını da güçlendirmektedir. Literatürde farklı 3B baskı teknolojilerinin (SLA/DLP/PolyJet vb.) doğruluk (trueness/precision) performansları karşılaştırıldığında, daha yüksek doğruluk sağlayabilen teknolojilerin dental model üretiminde tercih edilmesi önerilmektedir; bu

tercih dolaylı olarak anatomik detayların güvenilir temsilini de destekler (Nemeth vd., 2023; Kim vd., 2022).

Eğitim boyutuna bakıldığında, anatomik detayların öğrenciler ve klinisyenler tarafından "gerçekçilik/yararlılık" ile ilişkilendirildiği gösterilmiştir. Endodontik typodont dişlerin 3B basılı versiyonlarını değerlendiren çalışmada öğrencilerin geri bildirimlerinin genel olarak olumlu olduğu ve 3B basılı dişlerin bazı yönlerden ticari dişlerle rekabet edebilir algılandığı bildirilmiştir (Cresswell-Boyes vd., 2024). Ayrıca klinisyenlerin 3B basılı typodont dişlerdeki kesim/haptik algıya dair değerlendirmelerini içeren pilot çalışmada, 3B basılı dişlerin klinik eğitim açısından kullanılabilirliğine işaret eden olumlu bulgular raporlanmıştır (Cresswell-Boyes vd., 2024). Bu tür veriler, anatomik detayların yalnızca görsel bir unsur değil; eğitimde pratik deneyimi de etkileyen bir kalite göstergesi olduğunu destekler.

Bu çalışmada cinsiyete göre yapılan karşılaştırmalarda anatomik detay maddelerinin çoğunda anlamlı fark görülmemesi, detay algısının genel olarak tutarlı olduğunu; yalnızca mandibular moların oklüzal cusp özelliklerine ilişkin tek maddede anlamlı fark saptanması ise ($p<0,05$) oklüzal anatomideki karmaşıklık ve değerlendirici deneyimine bağlı küçük farklı algıların olabileceğini düşündürmektedir. Ancak toplam örneklem ve maddelerin genel desenine bakıldığında, anatomik detay seviyesinin yüksek puanlarla değerlendirilmesi, 3B basılı diş modellerinin diş anatomisi eğitiminde kullanılmasına yönelik güçlü bir destek sunmaktadır (Cresswell-Boyes vd., 2024; Fayyaz vd., 2024; Jun, 2025).

Sonuç olarak, bu çalışmada 3B basılı diş anatomisi modelleri anatomik detay seviyesi açısından yüksek düzeyde kabul görmüştür. Detay seviyesinin boyutsal uygunluk ve eğitimsel fayda ile pozitif ilişkisi, 3B baskı üretim parametrelerinin ve seçilen teknolojinin (SLA/DLP/PolyJet gibi) eğitim materyalinin niteliğini belirlemede kritik olduğunu göstermektedir (Nemeth vd., 2023; Revilla-Leon ve Özcan, 2018). Seçilen reçine acısından özellikle dental modellerin yüzey yapısı konusunda bir belirleyicilik olmadığı görülmektedir (Cresswell-Boyes vd., 2024).

Üç boyutlu yazıcılar ile üretilen diş anatomisi modellerinin diş hekimliği eğitiminde kullanımının eğitimsel uygunluğu ve genel faydasının değerlendirilmesi, çağdaş dental eğitim yaklaşımlarının önemli bir bileşenini oluşturmaktadır. Diş

hekimliği eğitiminde teorik bilginin preklinik uygulamalarla desteklenmesi, özellikle diş anatomisi gibi görsel, mekânsal ve morfolojik algı gerektiren alanlarda öğrenmenin kalıcılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, eğitim materyallerinin öğrencilerin öğrenme sürecini desteklemesi, pratik beceriler kazandırması ve eğitim sürecini standardize etmesi beklenmektedir (Fayyaz vd., 2024; Jun, 2025).

Çalışmamızda eğitimsel uygunluk ve genel fayda alt boyutuna ilişkin maddelerin tamamında yüksek ortalama puanlar elde edilmiştir (4,57 ± 4,69). Katılımcıların, 3B basılı diş modellerinin öğrencilerin diş anatomisini ve morfolojisini daha iyi kavramasına yardımcı olduğu, geleneksel materyallere kıyasla daha anlaşılır ve zengin bir öğrenme deneyimi sunduğu yönünde güçlü bir görüş birliğine sahip oldukları görülmektedir. Bu bulgular, 3B basılı diş modellerinin yalnızca yardımcı bir materyal değil, öğrenme sürecini etkin biçimde destekleyen bir eğitim aracı olarak algılandığını ortaya koymaktadır (Fayyaz vd., 2024; Cresswell-Boyes vd., 2024).

Literatürde, üç boyutlu baskı teknolojilerinin diş hekimliği eğitiminde öğrenme deneyimini olumlu yönde etkilediği yaygın olarak bildirilmektedir. Tahayeri vd. (2018), 3B basılı dental materyallerin eğitimsel kullanımını değerlendirdikleri çalışmalarında, bu materyallerin öğrencilerin pratik becerilerini geliştirmede ve anatomik yapıları daha doğru algılamalarında önemli katkılar sağladığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, özellikle preklinik eğitimde 3B basılı modellerin kontrollü, tekrarlanabilir ve standart bir öğrenme ortamı sunduğunu vurgulamışlardır (Tahayeri vd., 2018; Revilla-León ve Özcan, 2019).

Çalışmamızda "Preklinik eğitim sırasında bu 3B diş anatomisi modellerini kullanmak isterim" maddesinin en yüksek ortalamalardan birine sahip olması, öğretim üyelerinin bu materyallerin eğitim süreçlerine entegre edilmesine yönelik güçlü bir isteğini ortaya koymaktadır. Bu durum, 3B basılı modellerin preklinik eğitimde kullanım potansiyelinin yüksek olduğunu düşündürmektedir. Benzer şekilde, Fayyaz vd. (2024), 3B basılı dişlerin dental eğitimdeki kullanımını inceledikleri derleme çalışmalarında, bu modellerin öğrencilerin öğrenme motivasyonunu artırdığını ve geleneksel öğretim yöntemlerini tamamlayıcı nitelikte olduğunu bildirmişlerdir.

Eğitimsel uygunluk alt boyutunda "öğrencilerin bireysel öğrenme hızlarını desteklemesi" ve "farklı öğrenme stillerine sahip öğrenciler için esnek ve etkili bir

materyal olması" maddelerinin yüksek puan alması, 3B basılı modellerin bireyselleştirilmiş öğrenmeye katkı sağladığını göstermektedir. Eğitim literatüründe, somut ve etkileşimli materyallerin öğrencilerin aktif öğrenme süreçlerine katılımını artırdığı ve öğrenme kalıcılığını desteklediği bilinmektedir. Cresswell-Boyes vd (2024), 3B basılı typodont dişler üzerine yaptıkları çalışmada, öğrencilerin bu modelleri daha gerçekçi ve eğitsel açıdan daha faydalı bulduklarını rapor etmişlerdir. Bu bulgu, çalışmamızda elde edilen eğitimsel fayda sonuçlarını destekler niteliktedir.

Çalışmamızda regresyon analizleri incelendiğinde, eğitimsel uygunluk ve genel faydayı anlamlı biçimde etkileyen tek değişkenin anatomik doğruluk olduğu görülmektedir ($p < 0,05$). Bu bulgu, öğrencilerin ve öğretim üyelerinin eğitim materyallerini değerlendirirken öncelikle anatomik olarak doğru ve güvenilir buldukları modellere daha fazla eğitimsel değer atfettiklerini düşündürmektedir. Revilla-León ve Özcan (2019), diş hekimliğinde eklemeli üretim teknolojilerini ele aldıkları derleme çalışmalarında, anatomik doğruluğu yüksek 3B basılı modellerin eğitim ve klinik uygulamalarda daha güvenle kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Ayrıca, üç boyutlu basılı diş modellerinin ders içeriğini daha standart ve tutarlı hâle getirdiğine yönelik bulgular, bu materyallerin diş hekimliği eğitiminde standardizasyon sağlamadaki rolünü ortaya koymaktadır. Geleneksel eğitim materyallerinde bireysel üretim farklılıkları, el becerisine bağlı değişkenlikler ve materyal çeşitliliği söz konusu iken, bu durum öğrenciler arasında öğrenme deneyiminde heterojenliğe yol açabilmektedir (Revilla-León ve Özcan, 2019). Buna karşın, üç boyutlu baskı teknolojileri aynı anatomik modelin çok sayıda öğrenciye aynı ölçüsel ve morfolojik standartlarda sunulmasına olanak tanıyarak eğitim sürecinde tutarlılığı artırmaktadır (Nemeth vd., 2023; Fayyaz vd., 2024).

Bu standardizasyonun, özellikle preklinik eğitimde öğretim sürecinin daha sistematik ve yapılandırılmış biçimde yürütülmesine katkı sağladığı literatürde de vurgulanmaktadır. Üç boyutlu basılı modellerin kullanımı, eğitim materyallerinin içerik ve kalite açısından kontrol edilebilir olmasını sağlayarak öğretim üyeleri ve öğrenciler için ortak bir referans noktası oluşturmaktadır (Jun, 2025). Çalışmamızda kullanılan 5'li Likert tipi anket ölçeği de benzer eğitim araştırmalarında yaygın olarak tercih edilen, algı ve tutum ölçümünde geçerli ve güvenilir bir yöntem olarak literatürde tanımlanan yaklaşımla uyumludur (Likert, 1932).

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen bulgular, 3B yazıcılar ile üretilen diş anatomisi modellerinin eğitimsel uygunluk ve genel fayda açısından yüksek düzeyde olumlu değerlendirildiğini göstermektedir. Bu modellerin öğrencilerin anatomik bilgileri daha iyi kavramalarına yardımcı olduğu, pratik becerileri desteklediği, öğrenme sürecini standartlaştırdığı ve farklı öğrenme stillerine hitap edebildiği görülmektedir. Öğretim üyelerinin bu modelleri preklinik eğitimde kullanma isteği, 3B baskı teknolojilerinin diş hekimliği eğitiminde kalıcı ve etkin bir yer edinebileceğini düşündürmektedir.

Bu çalışmada, 3B yazıcılar ile üretilen dental anatomi modelleri; anatomik doğruluk, boyutsal uygunluk, anatomik detay seviyesi ile eğitimsel uygunluk ve genel fayda açısından diş hekimliği alanında görev yapan 35 öğretim üyesinin görüşleri doğrultusunda değerlendirilmiştir. Verilerin anket yöntemiyle toplanmış olması, modellerin eğitimsel değerinin doğrudan deneyimli akademisyenlerin algılarına dayalı olarak incelenmesine olanak sağlamıştır. Elde edilen bulgular, 3B basılı diş anatomisi modellerinin teorik bilgileri destekleyen, preklinik eğitimde kullanılabilir ve öğrencilerin öğrenme sürecine katkı sağlayan etkili bir öğretim materyali olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda, 3B baskı teknolojilerinin diş hekimliği eğitiminde geleneksel materyalleri tamamlayıcı ve standardizasyon sağlayıcı bir araç olarak önemli bir potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir. Gelecek çalışmalarda, farklı baskı teknolojileri, materyaller ve öğrenci temelli öğrenme çıktılarının karşılaştırılmasıyla bu bulguların daha geniş örneklemlerle desteklenmesi önerilmektedir.

Çalışmanın kısıtlılıkları

Bu çalışmanın bazı kısıtlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle, araştırmanın örneklem grubunu diş hekimliği alanında görev yapan 35 öğretim üyesinin oluşturması, elde edilen bulguların genellenebilirliğini sınırlayabilir. Her ne kadar katılımcıların akademik deneyim düzeylerinin yüksek olması çalışmanın değerlendirme gücünü artırsa da daha geniş örneklem gruplarından elde edilecek veriler sonuçların genellenebilirliğini güçlendirebilir.

İkinci olarak, çalışmada veriler anket yöntemi kullanılarak toplanmıştır. Bu durum, katılımcıların değerlendirmelerinin öznel algılara dayanmasına ve sosyal

beğenirlik yanlılığı gibi etkenlerin sonuçlar üzerinde etkili olabilmesine neden olabilir. Nesnel ölçüm yöntemleriyle (örneğin ölçüsel doğruluk analizleri, yüzey tarama karşılaştırmaları veya mikro-CT verileri) desteklenen çalışmalar, 3B basılı diş modellerinin anatomik ve boyutsal özelliklerine ilişkin daha kapsamlı sonuçlar sunabilir.

Bir diğer kısıtlılık, çalışmada yalnızca belirli bir 3B baskı teknolojisi ve materyal kullanılarak üretilmiş diş modellerinin değerlendirilmiş olmasıdır. Farklı baskı teknolojileri (örneğin SLA, DLP, PolyJet) ve farklı materyaller kullanılarak üretilen modellerin karşılaştırılması, anatomik doğruluk, detay seviyesi ve eğitimsel fayda açısından daha ayrıntılı değerlendirmelere olanak sağlayabilir.

Ayrıca, çalışmanın değerlendirme süreci öğretim üyelerinin görüşleriyle sınırlıdır. Öğrencilerin öğrenme çıktıları, beceri kazanımları ve uzun dönem bilgi kalıcılığı gibi objektif eğitimsel sonuçlar bu çalışma kapsamında ölçülmemiştir. Gelecekte yapılacak araştırmalarda öğrenci temelli performans ölçütlerinin ve deneysel tasarımların kullanılması, 3B basılı diş modellerinin eğitimsel etkilerini daha kapsamlı biçimde ortaya koyabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Bu çalışmada sanal ortamda tasarlanan ve 3B yazıcılar ile üretilen dental anatomi modellerinin, anatomik doğruluk, boyutsal uygunluk, anatomik detay seviyesi ve eğitimsel fayda açısından genel olarak yüksek düzeyde yeterlilik gösterdiği belirlenmiştir.

2. Mandibular ve maksiller kesici, premolar ve molar diş gruplarının kron–kök morfolojisi ve genel anatomik formlarının, teorik diş morfolojisi bilgileriyle büyük ölçüde uyumlu olduğu eğitmen görüşleriyle ortaya konmuştur.

3. Boyutsal uygunluk değerlendirmelerinde, 3B baskı diş modellerinin mesio-distal ve bukko-lingual genişlikleri ile kron–kök oranlarının doğal diş ölçüleriyle tutarlı olduğu ve eğitim amaçlı kullanım için yeterli hassasiyete sahip olduğu saptanmıştır.

4. Anatomik detay seviyesi açısından, özellikle molar dişlerin oklüzal yüzey morfolojisi, cusp düzeni ve fissür yapılarının eğitsel beklentileri karşıladığı; bu durumun anatomik doğruluk algısını ve genel değerlendirme puanlarını olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Sonuç olarak, 3B yazıcılar ile üretilen dental anatomi modellerinin, preklinik diş hekimliği eğitiminde güvenli, tekrarlanabilir ve standardize bir öğretim materyali olarak kullanılabileceği; bu modellerin geleneksel eğitim araçlarını tamamlayıcı nitelikte önemli bir potansiyel sunduğu kanaatine varılmıştır.

7. KAYNAKLAR

Acharya, J. R., Kumar, S., Girdhar, G. A., Patel, S., Parekh, N. H., Patadiya, H. H., & Haque, M. (2025). 3D bioprinting: Shaping the future of periodontal tissue regeneration and disease management. *Cureus, 17*(4), e82432.

Akaltan, F. (2019). Diş hekimliğinde preklinik ve klinik eğitim çeşitliliği. *Selcuk Dental Journal*, Özel Sayı, 12–17.

Al Dulaijan, Y. A., Alqahtani, F. A., Alhassan, M., Alqahtani, F. M., Alharthi, M., & Al Otaibi, H. H. (2023). Evaluation of the effects of different polishing protocols on the surface characterizations of 3D printed acrylic denture base resins: An in vitro study. *Polymers, 15*(13), 2913.

Alattas, M. H. (2025). The role of 3D printing in endodontic treatment planning: A comprehensive review. *European Journal of Dentistry, 19*(2), 298–304.

Alharbi, N. S., Wismeijer, D., & Osman, R. B. (2021). Three-dimensional printing in dentistry: Advantages, challenges, and applications in endodontics. *Journal of Endodontics, 47*(12), 1854–1860.

Alifui-Segbaya, F., Varma, S., & Lieschke, G. J. (2017). Additive manufacturing of titanium alloys for biomedical applications. *Journal of Materials Science, 52*, 11021–11037.

Al-Saud, L. M., & Mushtaq, F. (2017). Virtual reality and haptic simulators in dental education: A systematic review. *Journal of Dental Education, 81*(5), 547–556.

Ash, M. M., & Nelson, S. J. (2010). *Wheeler's dental anatomy, physiology, and occlusion* (9th ed.). Elsevier.

Bastem, N., İnal, C. B., & Karakoca Nemli, S. (2025). 3D printers in prosthetic dentistry. *Selcuk Dental Journal, 12*(1), 191–196.

Başaran, İ. E. (2008). *Eğitim bilimine giriş*. Ekinoks Yayınları.

Belk, L., Tellisi, N., Macdonald, H., Ahmet, E., Ashammakhi, N., & Pountos, I. (2020). Safety considerations in 3D bioprinting using mesenchymal stromal cells. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 8*, 924.

Bogacki, R. E., En İyi, A. ve Abbey, L. M. (2004) Diş anatomisi bilgisayar destekli öğrenme programının eşdeğerlik çalışması. *Diş hekimliği eğitimi dergisi*, *68*(8), 867–871.)

Borthakur, P. P., Sahariah, J. J., Sarma, M., Das, A., & Ahmad, M. Z. (2025). Advances in 3D printing for dentistry: Clinical applications and future perspectives. *Exploration in Medicine, 6*, 1001374.

Bozkurt, A. (2020). Koronavirüs (Covid-19) pandemi süreci ve pandemi sonrası dünyada eğitime yönelik değerlendirmeler: Yeni normal ve yeni eğitim paradigması. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi, 6*(3), 112–142.

Buchanan, J. A. (2004). Experience with virtual reality-based technology in teaching restorative dental procedures. *Journal of Dental Education, 68*(12), 1258–1265.

Bulut, A. C., & Sönmez, O. (2020). Diş hekimliği preklinik eğitimi için sanal gerçeklik ortamında diş modellerinin oluşturulması: Pilot çalışma. *Turkish Journal of Clinics and Laboratory, 11*(2), 43–49.

Carifio, J., & Perla, R. (2008). Resolving the 50-year debate around using and misusing Likert scales. *Medical Education, 42*(12), 1150–1152.

Caussin, E. (2024). Vat photopolymerization 3D printing in dentistry: Current state and advances. *Materials, 17*(4), 950.

Chander, N. G. (2024). Trends and future perspectives of 3D printing in prosthodontics. *Journal of Dental Sciences and Technology*.

Chen, Y., & Wei, J. (2025). Application of 3D printing technology in dentistry: A review. *Polymers, 17*(7), 886.

Chia, H. N., & Wu, B. M. (2015). Recent advances in 3D printing of biomaterials. *Journal of Biological Engineering, 9*, 4.

Chua, C. K., Leong, K. F., & Lim, C. S. (2010). *Rapid prototyping: Principles and applications* (3rd ed.). World Scientific Publishing.

Cresswell-Boyes, A. J., Barber, A. H., Mills, D., Tatla, A., & Davis, G. R. (2024). 3D-printed tooth for endodontic training in dental education. *BMC Medical Education, 24*, Article 1243.

Dawood, A., Marti Marti, B., Sauret-Jackson, V., & Darwood, A. (2015). 3D printing in dentistry. *British Dental Journal, 219*(11), 521–529.

Demirel, Ö. (2019). *Eğitim bilimine giriş*. Pegem Akademi.

Dubey, S., Dash, B. P., Mohanty, B., Jena, S., & Sahoo, N. (2025). 3D printing in orthodontics – Past, present and future: A systematic review and meta-analysis. *Bioinformation, 21*(6), 1766–1774.

Ebrahimi, M., Shaikh, H., Rezvani Sichani, H., Ramachandran, R. A., Paramasivan, M., Alam, M. F., Mezzomo, L., Dubey, N., & Mathew, M. T. (2026). Additive manufacturing for dentistry: A comprehensive review of techniques and applications. *Progress in Materials Science, 157*, 101613.

Erdil, V. Ö., Taylan, M., & Yalçınkaya, Ş. E. (2024). The modern dental era: Three dimensional printing, captured by digital imaging. *European Journal of Research in Dentistry, 8*(1), 41–47.

Ergül, T. (2023). The use of 3D printers in orthodontics: A narrative review. *Turkish Journal of Orthodontics*.

Fayyaz, Y., Ali, M., Ullah, R., & Shaikh, M. S. (2024). Applications of 3D-printed teeth in dental education: A narrative review. *Journal of Taibah University Medical Sciences, 19*(4), 816–822.

Fidan, N., & Erden, M. (1998). *Eğitim bilimine giriş*. Alkım Yayınları.

Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2015). *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing* (2nd ed.). Springer.

Gutek, G. L. (2014). *A history of the western educational experience* (2nd ed.). Waveland Press.

Güçlü, M. (2020). *Yetişkin eğitimi ve hayat boyu öğrenme*. Pegem Akademi.

Hahn, R. A., & Truman, B. I. (2015). Education improves public health and promotes health equity. *International Journal of Health Services, 45*(4), 657–678.

Hammerton, C., Yip, S. W. L., Manobharath, N., Myers, G., & Sturrock, A. (2022). Are 3D printed models acceptable in assessment? *The Clinical Teacher, 19*(3), 221–228.

Hassanpour, M., Narongdej, P., Alterman, N., Moghtadernejad, S., & Barjasteh, E. (2024). Effects of post-processing parameters on 3D-printed dental appliances: A review. *Polymers, 16*(19), 2795.

Hung, K., Montalvao, C., Tanaka, R., Kawai, T., & Bornstein, M. M. (2020). Virtual education: Dental morphologies in a virtual teaching environment. *Journal of Dental Education*.

International Organization for Standardization. (2016). *ISO/ASTM 17296-2: Additive manufacturing — General principles — Part 2: Overview of process categories and feedstock*. ISO.

Issenberg, S. B., McGaghie, W. C., Petrusa, E. R., Gordon, D. L., & Scalese, R. J. (2005). Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: A BEME systematic review. *Medical Teacher, 27*(1), 10–28.

Jamieson, S. (2004). Likert scales: How to (ab)use them. *Medical Education, 38*(12), 1217–1218.

Jeong, M. (2023). Materials and applications of 3D printing technology in dentistry: A narrative review. *Journal of Dental Research and Reviews*.

Jun, M. K. (2025). Three-dimensional printing in dentistry: A scoping review of prosthetic applications. *MDPI Prosthetics Journal, 5*(2), 24.

Kim, J. H., Pinhata-Baptista, O. H., Ayres, A. P., da Silva, R. L. B., Lima, J. F., Urbano, G. S., & Cortes, A. R. G. (2022). Accuracy comparison among 3D-printing technologies to produce dental models. *Applied Sciences, 12*(17), 8425.

Kneebone, R. L. (2005). Evaluating clinical simulations for learning. *Academic Medicine, 80*(6), 549–553.

Koolivand, H., Shooreshi, M. M., Safari-Faramani, R., Borji, M., Mansoory, M. S., Moradpoor, H., ... & Azizi, S. M. (2024). Comparison of the effectiveness of virtual reality-based education and conventional teaching methods in dental education: A systematic review. *BMC Medical Education, 24*(1), 8.

Krosnick, J. A., & Presser, S. (2010). Question and questionnaire design. In P. V. Marsden & J. D. Wright (Eds.), *Handbook of survey research* (2nd ed., pp. 263–314). Emerald Group Publishing.

Licari, F. W., & Chambers, D. W. (2008). Some paradoxes in competency-based dental education. *Journal of Dental Education, 72*(1), 8–18.

Ligon, S. C., Liska, R., Stampfl, J., Gurr, M., & Mülhaupt, R. (2017). Polymers for 3D printing and customized additive manufacturing. *Chemical Reviews, 117*(15), 10212–10290.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology, 140*, 1–55.

Lozano, L. M., García-Cueto, E., & Muñiz, J. (2008). Effect of the number of response categories on the reliability and validity of rating scales. *Methodology, 4*(2), 73–79.

Manakil, J., & George, R. (2015). Student evaluation of preclinical exercises in dental education. *Journal of Dental Education, 79*(3), 351–357.

Mangano, F. G., Hauschild, U., Veronesi, G., Imburgia, M., Mangano, C., & Admakin, O. (2018). Trueness and precision of 3D printers in dentistry. *Journal of Dentistry, 73*, 60–68.

Marei, H. F., Al-Jandan, B. A., Al-Khalifa, K. S., Al-Masoud, N. N., Al-Eraky, M. M., & Wajid, G. (2015). Assessment of dental students' psychomotor skills using oral surgery simulation models. *Saudi Journal of Medicine & Medical Sciences, 3*(2), 146–150.

Merriam, S. B., & Baumgartner, L. (2020). *Learning in adulthood: A comprehensive guide*. Jossey-Bass.

Merriam, S. B., & Brockett, R. G. (2007). *The profession and practice of adult education: An introduction* (2nd ed.). Jossey-Bass.

Nelson, S. (2019). *Wheeler's dental anatomy, physiology and occlusion*.

Nemeth, A., Vitai, V., Czumbel, M. L., Szabo, B., Varga, G., Keremi, B., & Borbely, J. (2023). Clear guidance to select the most accurate technologies for 3D printing dental models: A network meta-analysis. *Journal of Dentistry, 134*, 104532.

Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering, 143*, 172–196.

Nidagundi, N. B., Pudakalkatti, P. S., & Varshitha, K. V. (2023). 3D printed scaffolds in bone tissue engineering and their application in periodontology. *World Journal of Advanced Research and Reviews, 17*(5), 1–12.

Norman, G. (2010). Likert scales, levels of measurement and the "laws" of statistics. *Advances in Health Sciences Education, 15*(5), 625–632.

Oberoi, G., Nitsch, S., Edelmayer, M., Janjić, K., Müller, A. S., & Agis, H. (2018). 3D printing—Encompassing the facets of dentistry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 6*, 172.

Olla, D., & Paloušek, D. (2018). The comparison of additive and subtractive manufacturing in dental CAD/CAM technology. *Manufacturing Technology, 18*(5), 811–816.

Ortega, M. D., Aveyard, J., Abdelgawad, R. M., El-Gendy, R., Ciupa, A., Whetnall, D., Behnsen, J., Poole, R. J., & D'Sa, R. A. (2025). Antimicrobial 3D printed gelatin scaffolds for root canal disinfection in regenerative endodontics procedures. *Biomaterials Science, 13*, 3795–3813.

Örs, S. A., & Şanap, C. (2024). Evaluation of 3D-printed endodontic training models in preclinical dental education: A student-based comparative study. *Clinical Dentistry and Research, 49*(3), 150–157.

Özlü Uçan, G., Apaydın, B. K., & Uçan, B. (2022). Extended reality technology as an innovative method in dentistry education. *AURUM Journal of Engineering Systems and Architecture, 6*(1), 125–130.

Özmen, B., & Ceyhan, A. (2023). Diş hekimliğinde sanal gerçeklik uygulamaları. *Necmettin Erbakan University Dental Journal, 5*(3), 224–231.

Patel, M. (2024). The importance of continuing education in dentistry. *International Journal of Community Medicine and Public Health, 11*(12), 13482–13482.

Perry, S., Bridges, S. M., & Burrow, M. F. (2015). A review of the use of simulation in dental education. *Simulation in Healthcare, 10*(1), 31–37.

Quan, H. Y., Zhang, T., Xu, H., Luo, S., Nie, J., & Zhu, X. Q. (2020). Photocuring 3D printing technique and its challenges. *Bioactive Materials, 5*, 110–115.

Rasperini, G., Pilipchuk, S. P., Flanagan, C. L., et al. (2015). 3D printed bioresorbable scaffold for periodontal regeneration: A case report. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry, 40*(3), 427–435.

Revilla-León, M., & Özcan, M. (2019). Additive manufacturing technologies used for processing polymers: Current status and potential application in prosthetic dentistry. *Journal of Prosthodontics, 28*(2), 146–158.

Shah, J., Snider, B., Clarke, T., Kozutsky, S., & Hosseini, A. (2024). 3D manufacturing techniques in dentistry: Integration into clinical and laboratory workflows. *International Journal of Dental Science and Innovation*.

Sönmez, V. (2019). *Eğitim bilimine giriş*. Ankara: Anı Yayıncılık.

Şube, W. T., Jr., & Frankel, R. (2016). Tüm mesleki kimlik oluşumu hikayeleri eşit değildir: Son derece hümanist hekimlerin oluşum anlatılarının bir analizi. *Hasta eğitimi ve danışmanlığı, 99*(8), 1394–1399.

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics* (6th ed.). Pearson.

Tahayeri, A., Morgan, M., Fugolin, A. P., Bompolaki, D., Athirasala, A., Pfeifer, C. S., & Bertassoni, L. E. (2018). 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dental Materials, 34*(2), 192–200.

Taner, T., Özcan, M., & Başak, F. (2017). Diş hekimliği eğitiminde simülasyon sistemleri ve sanal gerçeklik uygulamaları. In T. Taner (Ed.), *Diş hekimliği eğitiminde yenilikçi teknolojiler* (pp. 15–28). Ankara: Türkiye Klinikleri.

Taner, T., Yılmaz, Z., Kütük, Z. B., & Küçükkaya Eren, S. (2017). Diş hekimliği eğitiminde simülasyon uygulamaları. *Türkiye Klinikleri Tıp Eğitimi- Özel Konular, 2*(2), 86–95.

Tawasinchanadech, N., Thammasitboon, S., Buranadham, S., & Thammasitboon, K. (2024). Mastery learning in preclinical endodontics using customized 3D-printed tooth models for deliberate practice: An application of educational design research. *Journal of Endodontics, 50*(9), 1273–1280.

Tosun, İ. (2021). Diş hekimliği eğitiminde sırada ne var? In İ. Tosun (Ed.), *Diş hekimliği eğitiminde yenilikçi teknolojiler* (pp. 1–7). Ankara: Türkiye Klinikleri.

Tsolakis, I. A. (2022). Three-dimensional printing technology in orthodontics. *Children, 9*(8), 1106.

UNESCO. (2020). *Education for sustainable development: A roadmap*. Paris: UNESCO.

Vaezi, M., Seitz, H., & Yang, S. (2013). A review on 3D micro-additive manufacturing technologies. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 67*(5–8), 1721–1754.

van Noort, R. (2012). The future of dental devices is digital. *Dental Materials, 28*(1), 3–12.

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (12. baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Zhang, R., Tang, R., Spintzyk, S., Tian, Y., Xiang, Y., Xu, Y., & Hu, T. (2023). Three-dimensional printed tooth model with root canal ledge: a novel educational tool for endodontic training. *Dentistry Journal, 11*(9), 213.

Zhao, D., Xie, W., Li, T., Wang, A., Wu, L., Kang, W., & Xie, S. (2023). New-designed 3D-printed surgical guide promotes the accuracy of endodontic microsurgery: A study of 14 upper anterior teeth. *Scientific Reports, 13*, 15512.

Zitzmann, N. U., Matthisson, L., Ohla, H., & Joda, T. (2020). Digital undergraduate education in dentistry: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(9), 3269.