

Dijital Teknolojilerin Diş Hekimliği Eğitimine Entegrasyonu: Avantajlar, Zorluklar Ve Gelecek Perspektifi

Integration of Digital Technologies Into Dental Education: Advantages, Challenges And Future Perspective

ÖZ

Giriş: Diş hekimliği eğitimi, öğrencilere teorik bilgi, teknik beceriler ve hasta yönetimi yetenekleri kazandıran kapsamlı bir süreçtir. Temel öğrenim ile başlayan bu süreç, laboratuvar ortamında simülasyonlu eğitimle devam eder ve gerçek hasta uygulamalarıyla tamamlanır. Sanal gerçeklik ve dokunsal araçlar gibi dijital teknolojilerin entegrasyonu, öğrencilerin sanal ortamda uygulama yapmalarını ve simülatörler aracılığıyla anlık geri bildirim almalarını sağlayarak eğitimi daha etkili ve erişilebilir hale getirir. Dijital teknolojiler, öğrencilerin eğitimlerini kişiselleştirmelerine ve her an bilgiye erişim sağlamalarına olanak tanıyarak esnek öğrenmeyi destekler. Sanal gerçeklik simülatörleri diş hekimliğinin birçok alanında klinik becerileri geliştirirken, bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) teknolojileri ise modern dental restorasyon alanında yetkinliği artırır. Bununla birlikte, finansal kısıtlamalar, nitelikli eğitmen eksikliği, teknik desteğe duyulan ihtiyaç ve öğrencilerin adaptasyon süreci gibi zorluklar devam etmektedir. Bu sorunların çözülmesi, erişilebilir ve iyi donanımlı eğitim ortamları gerektirir.

Sonuç: Sonuç olarak, dijital teknolojilerin diş hekimliği eğitimindeki uzun vadeli etkisinin değerlendirilmesi, gelecekteki diş hekimlerinin klinik başarılarının artırılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijital Teknoloji, Eğitim, Sanal Gerçeklik, Diş Hekimliği.

ABSTRACT

Objective: Dental education is a comprehensive process that equips students with theoretical knowledge, technical skills, and patient management abilities. It starts with foundational learning, followed by simulated training in a laboratory setting, and culminates in real patient practice. Incorporating digital technologies, such as virtual reality and haptic tools, enhances training by allowing students to practice in a virtual environment and receive instant feedback through simulators. This makes education more effective and accessible in both preclinical and clinical phases. Digital technologies enable students to customize their education and access information anytime, promoting flexible learning. Virtual reality simulators enhance clinical skills across dental fields, while computer-aided design and computer-aided manufacturing (CAD/CAM) technologies improve proficiency in modern dental restoration. However, challenges remain, including financial constraints, a lack of qualified instructors, the need for technical support, and student adaptation. Addressing these issues requires accessible and well-equipped educational environments.

Conclusion: Ultimately, evaluating the long-term impact of digital technologies in dental education is essential for enhancing the clinical success of future dentists.

Key Words: Digital Technology, Education, Virtual Reality, Dentistry.

Özer İŞİSAĞ¹

ORCID: 0000-0002-2042-958X

¹Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi A.D., Afyonkarahisar, Türkiye



Geliş tarihi / Received: 19.11.2024
Kabul tarihi / Accepted: 28.04.2025

İletişim Adresi /Corresponding Adress:

Özer İŞİSAĞ

Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi A.D., Afyonkarahisar, Türkiye

E-posta/e-mail: ozer.isisag@afsu.edu.tr

Diş hekimliği uygulamaları, derinlemesine öğrenilmiş baş-boyun anatomisi ve fizyolojisi, karmaşık teknik beceriler (restoratif, endodontik, periodontolojik, protetik ve cerrahi tedavi), ince klinik beceriler, sağlam akademik anlayış ve iletişim yeteneklerini içeren benzersiz bir beceri yelpazesini kapsar (1). Bu yetilerin kazanılması için verilen diş hekimliği eğitimi; bilgilerin teorik olarak öğrenilmesi, vakaları simüle eden preklinik eğitimi ve klinik uygulamaları içeren hasta başı eğitimi olmak üzere çeşitli aşamalardan oluşmaktadır. Hasta başı eğitiminden önce verilen preklinik eğitimi genellikle operatif diş hekimliği, protetik diş tedavisi, endodonti ve çocuk diş hekimliğinin restoratif prosedürleri için laboratuvarlarda verilen eğitim olarak tanımlanabilir. Preklinik eğitiminde başlangıçta gerçek diş dokuları kullanılırken, 1894 yılında fantom kafalar eğitimde önemli bir araç haline gelmiştir. Bu modeller klinik durumların yeniden yaratılmasına yardımcı olsalar da genellikle gerçekçilikten, patolojilerdeki çeşitlilikten ve uygulama sonrası standartlaştırılmış değerlendirme kriterlerinden yoksundur (2–4). Gelişen teknoloji ile diş hekimliği eğitimine entegre olan dijital teknikler, gelişmiş öğretim yetenekleri sunan umut verici bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Dijital teknolojilerin diş hekimliği müfredatına entegrasyonu dünya çapında başlamış olup, yerel kaynaklara ve ihtiyaçlara göre farklı seviyelerde ilerlemektedir. Dijital yöntemler, öğrenme sürecinde etkileşimi ve bağımsızlığı teşvik ederek diş hekimliği eğitimini önemli ölçüde geliştirmiştir. Dijital tekniklerin ve yazılımların sunduğu en büyük avantajlardan biri, bilgiye her zaman ve her yerden erişebilme olanağı sunarak öğrencilere eğitmenin bağımsız olarak esnek çalışma seçenekleri sunmasıdır. Ayrıca, dijital materyalleri gerektiği sıklıkta gözden geçirme seçeneği, materyalin yalnızca bir kez sunulduğu geleneksel yöntemlerin sınırlamalarını ortadan kaldırarak öğrenmeyi daha etkili ve kalıcı hale getirir (5,6). Dijital tekniklerin diş hekimliği eğitimine entegrasyonu ise öncelikle preklinik eğitimin yoğun olduğu diş hekimliği branşları olmak üzere diş hekimliğinin pek çok disiplinleri altında incelenebilir (7). Web tabanlı bilgi aktarımı ve e-öğrenme, dijital yüzey haritalama, dental simülasyon motor becerileri, ağız içi tarama, dijital radyografi, diş preperasyonları, sanal ve artırılmış gerçeklik dahil olmak üzere diş hekimliği eğitiminde birçok dijital teknoloji türü uygulanmaktadır (8).

Diş Hekimliği Eğitiminde Sanal Gerçeklik ve Dokunsal (Haptik) Teknolojilerinin Rolü ve Önemi

Dijital teknoloji çağında, sanal gerçeklik ve dokunsal (Haptik) teknoloji tıp eğitiminin önemli parçaları haline gelmiştir. İnsan yapıları, organları, dokuları ve teşhis ya

da cerrahi aletleri de dahil olmak üzere gerçek tıbbi teşhis ve tedavi ortamlarını simüle edebilen bu teknolojiler, geleneksel simülasyonlarda mümkün olmayan eğitim programlarına ulaşılmasını sağlamaktadır (9). Haptik, dokunma hissi ve kontrolün bilgisayar uygulamalarıyla etkileşimde kullanılmasına yönelik bilim dalı olarak tanımlanır. Haptik eğitim simülasyonları, kuvvet (ilerlemeye karşı direnç) ve dokunsal geri bildirim ile geliştirilen bilgisayar tabanlı bir simülasyonlardır. Haptik deneyimi, öğrencilerin öğrenme sürecine katkıda bulunmaktadır (2). Son yıllarda, sanal gerçeklik simülasyonları, geleneksel beceri eğitimi müfredatını geliştirmek için tamamlayıcı bir araç olarak diş hekimliği eğitimine entegre edilmiştir. Bu yaklaşım, diş hekimliği öğrencilerinin gerçek hastalarla etkileşime girmeden önce hazırlanmalarına yardımcı olmaktadır. Diş hekimliği eğitimindeki geniş öğrenme kapsamı, öğretimi desteklemek ve öğrenme deneyimini geliştirmek için sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik kullanımı için çok sayıda fırsat sunmaktadır (1,10).

Diş Hekimliği Eğitiminde Dijital Eğitim Metodları

1. Klinik Öncesi Eğitimde Kullanılan Dijital Eğitim Metodları

Çoğu üniversitede diş hekimliği öğrencilerinin eğitimi hala geleneksel laboratuvar tekniklerini içeren öğretim yöntemlerine odaklanmaktadır. Konvansiyonel teknikler ile diş hekimliği öğrencileri tarafından hazırlanan ve öğretim üyeleri tarafından değerlendirilen preklinik uygulamaları, uygulamayı değerlendiren denetçiler arası farklılıktan veya aynı denetçinin farklı zamanlarda yaptığı değerlendirmeler açısından değişim gösterebilmektedir. Bu durumda öğrencinin hazırladığı uygulamaya yönelik objektif bir değerlendirme süreci mümkün olmamaktadır böylece öğrencilerin uygulamalarına dair geri bildirim almaları zorlaşmakta ve kendilerini geliştirme süreci olumsuz olarak etkilenmektedir. Diş hekimliğinde sanal gerçeklik uygulamalarını içeren dental simülasyonlar; preklinik eğitiminde sanal hastalar üzerindeki uygulamaların objektif değerlendirmesine olanak sağlamaktadır. Bu yöntemler ile geri bildirim sürecinin konvansiyonel tekniklere göre daha hızlı ve objektif oluşu öğrencinin klinik gelişim sürecini olumlu yönde etkilemektedir (11,12) (Tablo 1).

Tablo 1. Diş hekimliğinin farklı disiplinlerine ait klinik öncesi eğitimde kullanılan bazı sanal gerçeklik sistemleri ve dijital eğitim modelleri.

Kullanım Alanları	Materyal	Üretici
Operatif ve restoratif diş hekimliği eğitimi	DentSim Dentify Virtual Reality Dental Training System (VRDTS) Simodont Dental Trainer Virteasy Dental Trainer	DenX, İsrail Egas Moniz School of Health and Science, Portekiz Novint Technologies & Harvard School of Dental Medicine, ABD MOOG Inc. & Academic Centre for Dentistry Amsterdam, Hollanda) HRV Simulation, Fransa
Dental morfoloji ve protetik diş tedavisi eğitimi	Geneva System AR-TCPT CDS-100 Simodont Dental Trainer	University of Geneva, İsviçre Ulaşılamadı EPED Inc, Tayvan MOOG Inc. & Academic Centre for Dentistry Amsterdam, Hollanda)
Çocuk diş hekimliği eğitimi	Simodont Dental Trainer	MOOG Inc. & Academic Centre for Dentistry Amsterdam, Hollanda)
Oral ve maksillofasiyal cerrahi ve periodontoloji eğitimi	Implant Real-time Imaging System Forsslund System iDental PerioSim Virtual Reality Patient Model (VRPM)	EPED Inc, Tayvan Forsslund Systems AB, İsveç Ulaşılamadı University of Illinois at Chicago, ABD Ulaşılamadı
Temel tıp bilimleri eğitimi	Dijital mikroskoplar Sanal gerçeklik ile oluşturulmuş anatomi modelleri Sanal patoloji lamaları	

a. Endodonti ve Operatif/Restoratif Diş Hekimliğinde Kullanılan Dijital Eğitim Metodları

Endodonti ve operatif/restoratif diş hekimliğinde klinik öncesi eğitim öncelikle fantom kafalar ve plastik modeller üzerinde gerçekleştirilmektedir. Son gelişmeler ışığında bu branşlarda öğrenme deneyimini iyileştirmek için sanal gerçeklik ve dokunsal teknoloji simülatörlerinin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Dokunsal teknoloji, dokunsal ve gerçekçi kuvvet geri bildirimi sağlayan ve kullanıcıların gerçek hayattaki durumlara çok benzeyen senaryolara katılmasına olanak tanıyan sanal gerçeklik sistemleridir (13). Literatürde restoratif ve endodontik tedaviler için farklı sanal gerçeklik teknikleri tanıtılmıştır. DentSim sistemi (Şekil 1) restoratif diş hekimliği eğitimi için tasarlanmış öncü sanal gerçeklik sistemlerinden biri olarak öne çıkmaktadır (13).



Şekil 1. DentSim sistemi.

Bu sistem, öğrencilere simüle bir hasta üzerinde klinik prosedürleri uygulayabilecekleri bir platform sunarak gerçek zamanlı görsel takip, geri bildirim ve performans değerlendirmesi sağlar. Dentify olarak adlandırılan sanal gerçeklik aracı ise; görsel, işitsel ve dokunsal uyarıların birleştiren bir ortamdır. Bu araç; kullanıcının başına takılan sanal gerçeklik ekranı, dental türbine benzeyecek şekilde tasarlanmış bir haptik kalem, simülasyon senaryolarını ayarlamak ve seçmek için düğmelerin yanı sıra gerçek diş preperasyonu işlemini taklit eden 3D sesler içeren bir kontrolör içerir. Kullanıcı baskın eliyle sanal türbini çalıştırırken, baskın olmayan elini ise simülatörü etkinleştirmek ve farklı vakaları seçmek için kullanır (2). Bu sistemin yanı sıra Virtual Reality Dental Training System (VRDTS) ve Moog Simodont Dental Trainer kavite preperasyonları için, Virteasy Dental Trainer (Şekil 2) ise çürük uzaklaştırma pratiğinde operatif diş hekimliğinde kullanılmaktadır (13). Bir diğer sanal gerçeklik uygulaması ise Carpegna ve ark. tarafından tanıtılmıştır, bu uygulamada ise endodontik mikrocerrahi işlemleri için simülasyonlar bulunmaktadır

(12). Chen ve ark. ise asistanların endodontik mikrocerrahi eğitiminde kullanılmak üzere 3D kemik ve yapay perapikal lezyonların bulunduğu sanal gerçeklik uygulamaları üzerinde çalışmışlardır (14).



Şekil 2. Virteasy Dental Trainer.

b. Protetik Diş Tedavisi Eğitiminde Kullanılan Dijital Eğitim Metodları

Tüm tedavi yöntemlerinde olduğu gibi protetik tedaviler de gerçek hastalar üzerinde çalışmanın ilk deneyimi öğrenciler için streslidir. Protetik diş tedavisi eğitimi genellikle prelinik uygulama için fantom kafalar, plastik dişler veya bazı durumlarda çekilmiş doğal dişler gerektirir. Dijital teknolojilerin gelişmesiyle birlikte, protetik diş tedavisi eğitiminin prelinik aşaması farklı sanal gerçeklik yöntemleriyle zenginleştirilmiştir. Bu alanda kullanılan sanal gerçeklik sistemlerinden birisi diş anatomisi eğitimi için tasarlanmış Geneva System'dir ayrıca bazı diş gruplarının yontularının yapılabildiği AR-TCPT sistemi de mevcuttur. Optik konumlandırma sistemi, optimum diş açısının, derinliğinin ve bol miktarda yazılım dersinin 3D gerçek zamanlı doğru geri bildirimi sağlayan CDS-100 sistemi de gerek operatif gerekse protetik tedavilere dair klinik öncesi eğitimlerde kullanılmaktadır. Bir diğer sanal gerçeklik

uygulamasını olan restoratif ve operatif diş hekimliği eğitimlerinin yanı sıra protetik diş tedavisi eğitiminde de kullanılan Simodont Dental Trainer (Şekil 3) sisteminde hastalardan elde edilen tarama görüntülerinden bir senaryo hazırlanmakta ve hasta başı uygulamaya geçmeden önce öğrencilere bu senaryo üzerinde diş preperasyonu yaptırılarak yapılan preperasyonlar objektif bir şekilde değerlendirilebilmektedir (13,15–17). Literatürdeki çalışmalar, sanal gerçeklikle çalışmanın öğrencilerin gerçek hastaların tedavilerine başlamadan önce hatalarını değerlendirmelerine olanak sağladığını, özgüvenlerini artırdığını, stres seviyelerini düşürdüğünü ve klinik yetkinliklerini geliştirdiğini bildirmektedir (18,19).



Şekil 3. Simodont Dental Trainer.

c. Çocuk Diş Hekimliği Eğitiminde Kullanılan Dijital Eğitim Metodları

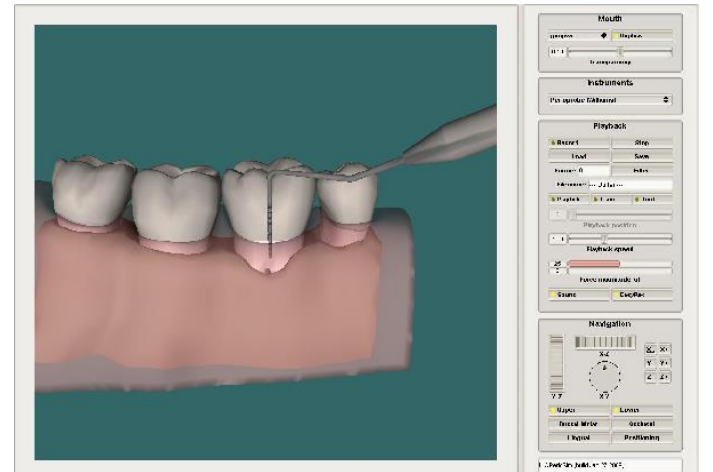
Diş hekimlerinin hastaları yatıştırmak ve davranışlarını yönetmek için harcadıkları zaman, yaygın çocuk diş hekimliği prosedürlerini tamamlamak için mevcut zamanı sınırlayabilmektedir. Bu nedenle, diş hekimliği öğrencilerinin pediatrik restoratif prosedürler konusunda klinik öncesi eğitim almaları çok önemlidir. Bu eğitim, öğrencilerin klinik becerilerini geliştirmelerine yardımcı olacak ve bu prosedürleri çocuk hastalarla klinik bir ortamda daha güvenli ve verimli bir şekilde gerçekleştirmelerini sağlayacaktır. Diğer operatif ve protetik diş hekimliği eğitiminde kullanılan Simodont sanal gerçeklik sistemi, pediatrik prelinik eğitiminde de kullanılabilir. Bu sistemi geleneksel yöntemlerle karşılaştıran bir çalışma sonucunda sanal gerçekliğin

pediatrik diş hekimliği eğitiminde etkili bir tamamlayıcı araç olabileceğini ortaya koymuştur (4).

The crestal approach is less invasive than the lateral sinus lift technique, requires a smaller surgical area, and results in fewer postoperative complications. It also offers several advantages, such as reduced operation time, trauma, and postoperative morbidity. Researchers have described various techniques for crestal sinus lift, such as osteotome, balloon, and osseodensification (10, 11). The aim of this review is to investigate the clinical and radiological efficacy of minimally invasive crestal sinus lift methods. (13).

d. Oral Cerrahi Ve Periodontoloji Eğitiminde Kullanılan Dijital Eğitim Metodları

Sanal gerçeklik uygulamaları operatif ve protetik tedavi eğitimlerinde kullanılmasının yanı sıra periodontal tedaviler ve diş çekimi veya implant cerrahisi gibi işlemlere klinik öncesi hazırlık için de kullanılabilir. Implant Real-time Imaging System implant cerrahisi için, Forsslund System üçüncü molar diş çekimleri için, iDental ve PerioSim (Şekil 4) ise periodontal tedavilere pratiklik sağlaması açısından kullanılan sanal gerçeklik uygulamalarıdır. Ortognatik cerrahi vakalarının teşhis ve planlamasına yönelik eğitimlerde ise Virtual Reality Patient Model (VRPM) sistemi kullanılmaktadır (13,17,20).



Şekil 4. PerioSim.

e. Temel Tıp Bilimlerine Yönelik Dijital Eğitim Metodları

Temel tıp bilimlerine ilişki verilen eğitimlerde de dijital teknolojilerden yararlanılmaktadır. Anatomi eğitiminde öğrencilerin anatomik noktaları detaylı ve

daha rahat inceleyebilmesine olanak sağlayan sanal gerçeklik sistemleri, histoloji ve patoloji derslerinde konvansiyonel ışık mikroskobu ile incelemenin yerini alan ve incelenen bölgenin de detaylı bir analizini yapabilen dijital mikroskoplar, yine patoloji eğitiminde kullanılan sanal patoloji lamaları eğitim sürecinde gerek eğitmenler gerekse öğrenciler tarafından etkili yöntemler olarak değerlendirilmektedir (7,21).

2. Hasta Başı Eğitiminde Kullanılan Dijital Eğitim Metodları

Diş hekimliği eğitimi preklinik uygulamalar yanında klinik eğitimi de içermektedir (22). Dijital sistemlerin diş hekimliği uygulamalarına hızlı bir şekilde entegre olması ve öğrencilere klinik eğitimlerinde konvansiyonel yöntemlerin yanı sıra bu uygulamaların da aktarılması güncel bir eğitim süreci sağlama ve eğitimini tamamlamış bir diş hekiminin bu güncel metodlara hakim olması adına çok önemlidir (23). Dental restorasyonlarının CAD/CAM ile üretimi artık dünya çapında yaygın olarak kullanılmaktadır. Diş veya implant destekli restorasyonlar için CAD/CAM uygulamaları alanında, ağız içi tarama, sanal hasta kurulumu, estetik analiz, dijital gülüş tasarımı, restorasyon tasarımı ve farklı üretim yöntemleri dahil olmak üzere çeşitli konular protetik ve restoratif diş hekimliği eğitiminde ele alınabilir (24). Ortodonti eğitiminde, ağız içi tarama sonucu elde edilen sanal hasta üzerinde teşhis süreci ve tedavi planlamasına dair uygulamalar, braketler için rehber üretimi veya ortodontik aligner üretimine dair uygulamalar öğrencilerin güncel literatüre uygun bir eğitim almasını sağlayacaktır (24-26). Yapay zeka tabanlı dijital sistemler diş hekimliğinin diğer branşları yanı sıra periodontolojide de çeşitli cerrahi işlemler için kullanılan rehberlerin üretilmesinde ayrıca görüntü rehberliğinde periodontal cerrahi uygulamaları için kullanılmaktadır ve bu prosedürlerin klinik eğitimlere entegre edilmesiyle öğrencilerin beceri ve yetkinlikleri önemli ölçüde geliştirilebilir (24,27). İmplantolojide protetik olarak yönlendirilen cerrahi planlamalar için oluşturulan rehberlerin tasarımı ve üretimi bunun yanı sıra statik ve dinamik görüntü rehberliğinde implant cerrahisi uygulamalarıyla eğitim zenginleştirilebilir. Ayrıca müfredat, gömülü dişlerin görüntü kılavuzluğunda çekimi, sinüs kaldırma, greft planlama ve ortognatik cerrahi gibi daha karmaşık cerrahi prosedürler de dahil olmak üzere ileri cerrahi planlama eğitimi ile geliştirilebilir (24). Endodonti eğitiminde ise CAD-CAM teknolojisi ile üretilmiş rehberler ile giriş kavitesinin hazırlanıp tedavi uygulamaları ile yapılan tedavilerin doğruluğu sağlanarak mevcut klinik eğitim daha etkili hale gelebilir (13,24). Dijital ağız içi taramalı ölçü alma prosedürü uygulamalarında ve çeşitli protez veya ortodonti apareylerinin üretiminde, 3D baskı, dijital anestezi gibi modern dijital teknolojileri içeren pediatrik

diş hekimliği prosedürlerinin de diş hekimliği eğitimine kazandırılması önemlidir (28,29). Ağız içi ve ağız dışı dijital görüntüleme tekniklerinin kullanımı öğrencilerin teşhis ve tedavi süreçlerini kapsamlı bir şekilde anlamalarını sağlayacaktır (30). Radyografik görüntüler üzerinden hastaların teşhis süresini kısaltarak tedavi verimliliğini artırmaya yarayan yapay zeka tabanlı bazı yazılımlar bulunmaktadır. Overjet, çürük ve kemik kaybını tespit etmek için dijital radyografileri analiz eden bir sistemdir. VideHealth geniş bir dental radyografi veri tabanını kullanarak çürük, kist ve tümörleri belirlemekte, çürüklerin gözden kaçma oranını %43 azaltırken yanlış teşhis oranını %15 düşürmektedir. Diagnocat ise CBCT verilerinden STL formatında 3D modeller oluşturarak maksilla ve mandibulayı segmentlere ayırabilmektedir. Dijital radyografilerin yapay zeka ile analiz edilmesi, diş hekimliği pratiğinde teşhis doğruluğunu ve tedavi planlamasını iyileştirmektedir (31).

3. Teorik Eğitim Sürecinde Kullanılan Dijital Eğitim Metodları

Yapay zeka, hem klinik öncesi hem de teorik eğitimin gelişiminde önemli bir rol oynamış ve bu süreçte çeşitli e-öğrenme sistemleri geliştirilmiştir. Canvas, Blackboard ve Moodle gibi platformlar, eğitime kişiselleştirilmiş ve uyarlanabilir yaklaşımlar sunarak geleneksel pedagojik yöntemleri değiştirmiştir. Blackboard (Blackboard Inc, ABD), çevrimiçi kursların oluşturulmasını destekleyen ve ses, video, ekran paylaşımı, sohbet ve kayıt gibi özellikler sunan bir platformdur. Eğitmenler kurs ayarlarını yönetebilir ve öğrenciler mobil uygulama aracılığıyla içeriğe erişebilir. Canvas (Instructure Inc. ABD), işbirlikçi öğrenmeyi teşvik eden tartışma forumları ve grup projeleri ile öğrenci etkileşimini artırır. Moodle (Moodle Pty Ltd, Avustralya), çok çeşitli çevrimiçi kaynaklara erişim sağlayan ve eğitmen - öğrenci etkileşimini destekleyen bir sistemdir. Öz değerlendirme testleri gibi araçlarla öğrenme sürecinin değerlendirilmesine olanak tanır. Bu platformlar, eğitimin dijital dönüşümünün merkezinde yer almakta, öğrenme ve öğretme süreçlerini daha etkili hale getirmektedir (32-37) (Tablo 2).

Tablo 2. Klinik eğitime entegre edilebilecek bazı dijital diş hekimliği konuları.

Protetik ve Restoratif Diş Hekimliği Eğitimi	CAD/CAM uygulamaları: Ağız içi tarama Sanal hasta kurulumu Estetik analiz Dijital gülüş tasarımı Restorasyon tasarımları Restorasyon üretim yöntemleri
Ortodonti eğitimi	Sanal hasta üzerinde teşhis ve tedavi planlaması Braketler için rehber tasarım ve üretimi Ortodontik aligner tasarım ve üretimi
Periodontoloji eğitimi	Cerrahi rehber tasarım ve üretimi Görüntü rehberliğinde periodontal cerrahi
İmplantoloji eğitimi	Protetik olarak yönlendirilen cerrahi planlamalar için kullanılan rehberlerin tasarım ve üretimleri Statik ve dinamik görüntü rehberliğinde implant cerrahisi
Oral ve maksillofasiyal cerrahi eğitimi	Gömülü dişlerin görüntü kılavuzluğunda çekimi Sinüs lifting, greft cerrahisi ve ortognatik cerrahi gibi ileri cerrahi uygulamalar için planlamalar oluşturma
Endodonti eğitimi	CAD-CAM teknolojisi ile üretilmiş rehberler eşliğinde kök kanal tedavisi uygulamaları
Çocuk diş hekimliği eğitimi	Protetik veya ortodontik apareylerinin tasarım ve üretimleri Dijital anestezi
Oral ve maksillofasiyal radyoloji eğitimi	Ağız içi radyograflar, panoramik görüntüler, sefalometrik radyograflar ve bilgisayarlı tomografi gibi dijital görüntüleme tekniklerinin kullanımıyla etkili teşhis ve tedavi planları oluşturma

Dış Hekimliği Eğitiminde Dijital Teknolojilerinin Uygulanmasında Karşılaşılan Zorluklar ve Çözüm Önerileri

Hem prelinik eğitiminde kullanılan sanal gerçeklik sistemleri hem de günlük pratikte dijital diş hekimliği için ilgili cihazlar, ekipmanlar ve yazılımlar önemli miktarda finansal yatırım gerektirmektedir. Bu yenilikçi teknolojilerin potansiyel avantajlarına rağmen, etkili bir şekilde uygulanmalarını sağlamak ve öğrenciler için eğitim deneyimini geliştirmek için çeşitli zorlukların ele alınması gerekir (38). Öncelikli sorunlardan biri, bu sanal gerçeklik sistemlerini kullanma konusunda yetkin nitelikli eğitmenlerin yetiştirilmesidir. Donanımlı eğitmenler olmadan, bu teknolojilerin potansiyeli tam olarak gerçekleştirilemeyebilir. Ayrıca, eğitim oturumları sırasında meydana gelebilecek aksaklıkları gidermek için sağlam teknik destek sağlamak çok önemlidir. Teknik sorunlar öğrenme sürecini engelleyebilir ve hem eğitmenleri hem de öğrencileri hayal kırıklığına uğratarak eğitim modelinin olumsuz algılanmasına yol açabilir (39). Bir diğer önemli zorluk da bu yeni eğitim modeline geçiş yapan öğrencilerin adaptasyon sürecidir. Birçok öğrenci geleneksel öğrenme yöntemlerine alışkın olabilir ve sanal gerçeklik gibi sürükleyici teknolojilere adapte olmak ek destek ve kaynak gerektirebilir (39). Özel olarak hazırlanmış oryantasyon programları bu geçişi kolaylaştırarak öğrencilerin kendilerini daha rahat hissetmelerini ve yeni sisteme dahil olmalarını sağlayabilir. Ayrıca, sanal gerçekliğin diş hekimliği eğitimine dahil edilmesinin uzun vadeli etkilerinin anlaşılması, araştırmaya açık bir alan olmaya devam etmektedir. Araştırmacılar ve eğitmenler, bu eğitim yaklaşımının uzun vadede öğrencinin beceri kazanımını ve genel klinik performansını nasıl etkilediğini değerlendirmelidir (38). Bu engelleri aşmak ve diş hekimliği eğitiminde sanal gerçekliğin tüm potansiyelinden yararlanmak için çeşitli stratejiler uygulanabilir. Bunlar arasında daha uygun fiyatlı ve erişilebilir ekipmanlara yatırım yapmak ve böylece kurumlar için mali engelleri azaltmak yer almaktadır. Hedeflenen eğitim programları aracılığıyla bilgili eğitmenlerin sayısının artırılması da eğitim kalitesini artıracaktır. Ayrıca, öğrencilerin sanal gerçeklik eğitim modeline alışmalarına yardımcı olmak için yapılandırılmış destek sağlanması hayati önem taşımaktadır.

SONUÇ

Sonuç olarak, dijital eğitim sisteminin uzun vadeli fayda ve dezavantajlarının kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi, potansiyel sınırlamaların en aza indirilmesini ve gelişmiş teknolojilerin diş hekimliği eğitimine etkin entegrasyonunu sağlayarak, geleceğin diş

hekimlerinin klinik yetkinliklerini en üst düzeye çıkarmaya olanak tanıyacağı kanaatindeyiz.

KAYNAKLAR

1. Dzyuba N, Jandu J, Yates J, Kushnerev E. Virtual and augmented reality in dental education: The good, the bad and the better. *Eur J Dent Educ.* 2022;29:497-515.
2. Rodrigues P, Esteves A, Botelho J, et al. Usability, acceptance, and educational usefulness study of a new haptic operative dentistry virtual reality simulator. *Comput. Methods Programs Biomed.* 2022;221:106831.
3. Henzi D, Davis E, Jasinevicius R, Hendricson W. North American dental students' perspectives about their clinical education. *J Dent Educ.* 2006;70: 361–377.
4. Zafar S, Lai Y, Sexton C, Siddiqi A. Virtual reality as a novel educational tool in pre-clinical paediatric dentistry training: students' perceptions. *Int J Paediatr Dent.* 2020;30:791–797.
5. de Azevedo R de A, da Rosa WL de O, da Silva AF, Correa MB, Torriani MA, Lund RG. Comparative effectiveness of dental anatomy carving pedagogy: a systematic review. *J Dent Educ.* 2015; 79:914–921.
6. Zitzmann NU, Matthisson L, Ohla H, Joda T. Digital undergraduate education in dentistry: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17:3269.
7. Gönülol N, Kalyoncuoglu E. Education and learning in digital dentistry. *J Exp Clin Med.* 2021;38:163-167.
8. Tripathi S, Manoharan PS, Nagda S. Developing an instructional module of 'digital dentistry' for undergraduate prosthodontics curriculum. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2024;14:44–48.
9. Huang Y, Huang S, Liu Y, Lin Z, Hong Y, Li X. Application of virtual reality and haptics system Simodont in Chinese dental education: a scoping review. *Eur J Dent Educ.* 2025;29:585-593.
10. Moussa R, Alghazaly A, Althagafi N, Eshky R, Borzangy S. Effectiveness of virtual reality and interactive simulators on dental education outcomes: systematic review. *Eur J Dent.* 2022;16:14–31.

11. Schlenz MA, Michel K, Wegner K, Schmidt A, Rehmann P, Wöstmann B. Undergraduate dental students' perspective on the implementation of digital dentistry in the preclinical curriculum: a questionnaire survey. *BMC Oral Health*. 2020;20:78.
12. Carpegna G, Scotti N, Alovise M, Comba A, Berutti E, Pasqualini D. Endodontic microsurgery virtual reality simulation and digital workflow process in a teaching environment. *Eur J Dent Educ*. 2025;29:479-485.
13. Kanwal L, Gulzar M, Idrees W, Ikram F, Sukhia RH, Fida M. The application of virtual reality and augmented reality in dentistry – a literature review. *J Pak Med Assoc*. 2024;74:126–131.
14. Chen Y, Liu L, Qiu S, Hu C, Wang L, Li Y, et al. Application of real-time augmented reality-guided osteotomy and apex location in endodontic microsurgery: a surgical simulation study based on 3D-printed alveolar bone model. *J Endod* 2023;49:880–888.
15. Slaidina A, Ozolins K, Berzina S, Abeltins A. Patient-specific virtual simulation in the clinical training for prosthetic dentistry. *Eur J Dent Educ*. 2023;29:561-569.
16. Lim E-J, Kim Y-S, Im J-E, Lee J-G. Mobile educational tool based on augmented reality technology for tooth carving: results of a prospective cohort study. *BMC Med Educ*. 2023;23:462.
17. Huang TK, Yang CH, Hsieh YH, Wang JC, Hung CC. Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applied in dentistry. *Kaohsiung J Med Sci*. 2018;34:243-248.
18. Serrano CM, Wesselink PR, Vervorm JM. First experiences with patient-centered training in virtual reality. *J Dent Educ*. 2020;84:607–614.
19. Towers A, Dixon J, Field J, Martin R, Martin N. Combining virtual reality and 3D-printed models to simulate patient-specific dental operative procedures – a study exploring student perceptions. *Eur J Dent Educ*. 2022;26:393-403.
20. Li Y, Ye H, Ye F, Liu Y, Lv L, Zhang P, et al. The current situation and future prospects of simulators in dental education. *J Med Internet Res*. 2021;23:e23635.
21. García-Robles P, Cortés-Pérez I, Nieto-Escámez FA, García-López H, Obrero-Gaitán E, Osuna-Pérez MC. Immersive virtual reality and augmented reality in anatomy education: a systematic review and meta-analysis. *Anat Sci Educ*. 2024;17:514–528.
22. Qutieshat AS, Abusamak MO, Maragha TN. Impact of blended learning on dental students' performance and satisfaction in clinical education. *J Dent Educ*. 2020;84:135–142.
23. Jackson TH, Zhong J, Phillips C, Koroluk LD. Self-directed digital learning: when do dental students study? *J Dent Educ*. 2018;82:373–378.
24. Cortes ARG (ed.). *Digital Dentistry: A Step-by-Step Guide and Case Atlas*. Wiley-Blackwell, 2022.
25. Tarraf NE, Ali DM. Present and the future of digital orthodontics. *Semin Orthod*. 2018;24:376–385.
26. Allareddy V, Atsawasuwan P, Frazier-Bowers S, Hong C, Huja S, Katebi N, et al. Orthodontic educational landscape in the contemporary context: insights from educators. *Semin Orthod*. 2024;30:369–378.
27. Preshaw PM, Ramseier CA, Loos BG, Balčiūnaitė A, Crnić T, Davey K, et al. Contemporary educational methods in periodontology. *J Clin Periodontol*. 2024;51:1–76.
28. Berrendero S, Hriptulova O, Salido MP, Martínez-Rus F, Pradiés G. Comparative study of conventional anesthesia technique versus computerized system anesthesia: a randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2021;25:2307-2315.
29. Khan MK. Modern digital pediatric dentistry with the advent of intraoral sensors, computer-aided design/computer-aided manufacturing, and three-dimensional printing technologies. *J Dent Res Rev*. 2022;9:195–201.
30. Putra RH, Doi C, Yoda N, Astuti ER, Sasaki K. Current applications and development of artificial intelligence for digital dental radiography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2022;51:20210197.
31. Ghaffari M, Zhu Y, Shrestha A. A review of advancements of artificial intelligence in dentistry. *Dent Rev*. 2024;4:1-13.
32. Cabrera BCC, Leal MC, Martínez JASA, et al. Artificial intelligence (AI) and learning management systems (LMS): a bibliometric analysis. *J Infrastruct Policy Dev*. 2025;9 8029.
33. Oudat Q, Othman M. Embracing digital learning: benefits and challenges of using Canvas in education. *J Nurs Educ Pract*. 2024;14:39-43.

34. Nassar AA, Rajeh MT. Blackboard in dental education: educators' perspectives during the COVID-19 pandemic: a qualitative study. *Adv Med Educ Pract.* 2022;13:629-639.

35. Flores-Piñas WV, Flores-Piñas H, Chiri-Saravia PC, Laura-De La Cruz KM. Moodle in distance education. *Puriq.* 2022;4:e417-e417.

36. de Castro Junior RC, Medeiros TC, Honório HM, Sant'Ana E, da Silva Santos PS. Moodle: teaching strategies in distance education in oral medicine. *Educ Res Int.* 2017;2017:4279141.

37. Kerkstra RL, Rustagi KA, Grimshaw AA, Minges KE. Dental education practices during COVID-19: a scoping review. *J Dent Educ.* 2022;86:546-573.

38. Gürbüz E, Ceylan E. Dijital diş hekimliğinde sanal gerçeklik: anket çalışması. *Yeditepe J Dent.* 2022;18:31-36.

39. Hu-Au E, Lee JJ. Virtual reality in education: a tool for learning in the experience age. *Int J Innov Educ.* 2017;4:215-226.