

3 Boyutlu Yazıcı Materyallerinin Cerrahi ve Hemşirelik Alanında Kullanımına Bakış

Kıymet ÖZTEPE YEŞİLYURT*

Öz

Son yıllarda bilgisayar yazılımlarındaki gelişmelerle birlikte, üç boyutlu yazıcıların farklı sektörlerdeki kullanımları daha sık gündeme gelmiş ve yaygınlıkları artmıştır. Günümüzde ise üç boyutlu baskı materyalleri sağlık alanında; özellikle cerrahi uygulamalarda, implant-doku tasarımlarında, eczacılık alanında, biyo baskı organ üretimi ve medikal enstrüman üretimlerinde yaygın olarak kullanılmakta, bunun yanında tıp-sağlık eğitimi gibi alanlarda ve sağlık bakım hizmetlerinde de yer almaktadır. Bu derlemede, üç boyutlu yazıcı materyallerinin sağlık alanındaki kullanım alanlarının açıklanması, cerrahi ve hemşirelik alanındaki kullanımının etkinliğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Üç boyutlu yazıcı materyalleri kullanılarak verilen hemşirelik eğitimleri ile hemşirelerin daha teknik ve donanımlı hale gelerek, beceri kazanabilecekleri yönünde olumlu etkilerinin olacağı öngörülmektedir. Cerrahi alanda ise, üç boyutlu yazıcı materyallerinin öğrenci eğitimlerinde kullanımları sonucunda, özellikle zorlayıcı anatomik ve patolojik koşullarda öğrenmeyi daha iyi geliştirdiği ve eğitimlerin daha iyi anlaşıldığı, kadavra malzemeleriyle karşılaştırıldığında ise üç boyutlu yazıcı materyallerinin daha ucuz olduğu ve eğitimlerde insan dokusu yerine kullanılabilmesi sonucuna ulaşılmıştır. Cerrahi ve hemşirelik alanındaki eğitimlerde; üç boyutlu yazıcı materyallerine daha kolay ulaşılabilmesi, eğitim uygulamalarında bu materyallerin etkinliğinin vurgulanması, materyallerin kullanımının artırılabilmesi açısından önemlidir.

Anahtar Sözcükler: Cerrahi, hemşirelik eğitimi, printing, üç boyutlu.

Overview of the Use of 3D Printer Materials in Surgical and Nursing Areas

Abstract

In recent years, with the developments in computer software, the use of three-dimensional printers in different sectors has come to the fore more frequently and their prevalence has increased. Today, three-dimensional printing materials in the field of health; it is widely used especially in surgical applications, implant-tissue designs, pharmacy, bio printed organ production and medical instrument production, as well as in fields such as medicine-health education and health care services. In this review, it is aimed to explain the usage areas of three-dimensional printer materials in the field of health and to examine the effectiveness of their use in the field of surgery and nursing. It is predicted that nurses will become more technical and equipped and have positive effects on gaining skills with the nursing education given using three-dimensional printer materials. In the surgical field, as a result of the use of three-dimensional printer

Derleme Makale (Review Article)

Geliş / Received: 28.08.2022 & **Kabul / Accepted:** 07.07.2023

DOI: <https://doi.org/10.38079/igusabder.1168001>

* Sorumlu Araştırmacı, Doktora Öğrencisi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, Türkiye; Arş. Gör., Hakkari Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Hakkari, Türkiye.

E-posta: kymtoztepe@hotmail.com [ORCID https://orcid.org/0000-0003-4106-8864](https://orcid.org/0000-0003-4106-8864)

materials in student education, it has been observed that learning is better developed especially in challenging anatomical and pathological conditions, and education is better understood. When compared to cadaver materials, it was concluded that three-dimensional printer materials are cheaper and can be used instead of human tissue in training. Easier access to three-dimensional printer materials in education in the field of surgery and nursing and emphasizing the effectiveness of these materials in educational practices are important in terms of increasing the use of materials.

Keywords: Surgery, nursing education, printing, three-dimensional.

Giriş

Gelişen teknoloji ile bilim sürekli olarak değişim göstermekte ve büyük ilerlemeler içerisinde birçok alanda farklı çalışmalar ortaya çıkmaktadır^{1,2}. Özellikle sağlık alanında teknolojiye büyük önem verilmiş ve birçok uygulama sağlık alanına uyarlanmaya çalışılmıştır. Hızlı değişim gösteren bu süreçlerde 3 boyutlu (3B) yazılım teknolojileri tüm alanlarda önemli bir yer almaya başlamıştır¹. Bu materyallerin üretimi 1980'lerin ortalarında başlamış, 1990'lı yıllarda ise 3B materyaller bilgisayarlı tomografilerin yardımıyla, anatomik yapıların görselleştirilmesine katkıda bulunmuşlardır³.

3B baskı, hazır olarak herhangi bir yerden alınan veya kişisel olarak oluşturulan 3 boyutlu modelin, 3B yazıcıdan üst üste iki boyutlu (2B) katmanların sıralanmasıyla katı bir şekilde maddesel çıktısının alındığı işlemidir². Temelde 3B yazıcılar, bilgisayar desteği ve kontrolü ile üç boyutlu nesnelere oluşturup, yalnızca ihtiyaç duyulduğu kadar ham madde kullanarak üretim gerçekleştirirler. Üretimde öncelikle materyale ait çizimlerin yapılmasıyla başlayan süreci, dilimleme, yazdırma ve tamamlama süreçleri takip eder. Bu yönleri ile 3B yazıcıların sektörlerde kişiye özel üretim yapılabilmesi ve yaşamın her alanında daha yaygın kullanılabileceği belirtilmektedir^{1,2}. Endüstri alanında yaygın olarak kullanılan 3B yazıcı materyallerinin günümüzde, tıp, hemşirelik eğitimi ve sağlık bakım hizmetlerinde kullanımlarının hızla arttığı gözlenmektedir^{2,3}. Literatürde 3B yazıcı materyallerinin çoğunlukla; kardiyotorasik cerrahi, beyin cerrahisi, ağız ve yüz-çene cerrahisi, ortopedi, plastik cerrahi, transplantasyon, üroloji ve vasküler cerrahi gibi cerrahinin farklı alanlarında yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir^{4,5}.

Sonuç olarak 3B yazıcı materyallerinin cerrahinin çeşitli alanlarında kullanıldığını inceleyen çok sayıda araştırmanın var olduğu görüldü⁶⁻²². Ancak 3B yazıcı materyallerinin, cerrahi hemşireliği ve hemşirelik eğitimlerine yönelik kullanımlarının incelendiği ulusal ve uluslararası çalışmaların sınırlı sayıda olduğu sonucuna ulaşıldı²³⁻²⁶. Bu doğrultuda bu derlemenin amacı 3B yazıcı materyallerinin, cerrahi ve hemşirelik alanındaki kullanımlarına ilişkin bilgi vermektir.

Bu saptamadan yola çıkılarak planlanan bu derlemenin sonuçlarının bir bütün olarak değerlendirilmesi, 3B yazıcı materyallerinin hemşirelik alanına ve uygulamalarına entegre edilmesinin önünü açacak ve uygulama alanı giderek genişleyen 3B yazıcı materyallerinin cerrahi

ve hemşirelik alanındaki eğitimlerdeki etkinliğini artırarak, kullanımlarındaki sınırlılıkların belirlenmesine de katkı sağlayabilecek bir örnek oluşturacaktır.

Sağlık Alanında 3B Yazıcı Materyallerinin Kullanımı

2B yazıcılarda üretilmeyen dokusal özelliklerin geliştirilen yazılımlar sayesinde 3B yazıcılarla sağlanabilmesiyle sağlık alanında, kullanılan eğitim materyalleri başta olmak üzere birçok kullanım alanının olduğu görülmüştür^{3,27,28}.

3B baskı materyalleri sağlık alanında hayatları kurtarmaya ve iyileştirmeye yardımcı uygulamalarıyla; kardiyotorasik cerrahi, kardiyoloji, beyin cerrahisi, gastroenteroloji, ağız ve yüz-çene cerrahisi, oftalmoloji, kulak burun boğaz, ortopedi, plastik cerrahi, transplantasyon, üroloji ve vasküler cerrahi, radyasyon onkolojisi, çocuk bakımı, pulmonoloji alanlarında kullanılmaktadır^{4,5}.

Tüm bu alanlara yönelik, 3B yazıcılarla anatomik modeller üretilbildiği gibi hastalara özel modeller de üretilmektedir^{3,27,28}. Hastalara özel medikal ve cerrahi cihazlar, uzuv protezleri, dental ve implant uygulamaları, diş hizalayıcıları, yardımcı işitme cihazları bu teknolojiyle üretilirken; yumuşak doku organ üretimi/hücre baskısında, biyomedikal iskelet sistemleri ve cerrahi enstrüman, kadavra üretiminde, radyolojik ve farmakolojik uygulamalarda 3B baskı kullanımının yaygınlaştığı görülmektedir^{1,29-31}.

Bu uygulamalara; İngiltere’de 3B yazıcı ile leğen kemiği üretilerek hastanın değnekle yürümesinin sağlanması¹, Belçika’da 2 ayrı hastaya 3B yazıcı ile üretilen yüz ve çene naklinin gerçekleştirilmesi³⁰, Hollanda’da ise kafatası naklinin uygulanması³⁰, Türkiye’de Sabancı Üniversitesi’nde 3B yazıcı kullanılarak aort damarı doku örneğinin üretilmesi³¹ ve daha birçok örnek verilebilir^{1,30}. Ayrıca bu yazıcılarla üretilen materyallerin hasta, öğrenci ve cerrahların eğitimlerinde kullanımlarının artacağı belirtilmektedir^{23,28,32,33}.

3B Yazıcı Materyallerinin Cerrahi Alanda Kullanımı

Cerrahi alanda medikal eğitim, ameliyat öncesi planlama, ameliyat sırası oryantasyon, doku-organ üretimi ve cerrahi enstrüman üretimine olanak sağlayan 3B materyallerin ameliyat başarısını artırmada yaygın kullanıldığı, cerrahların daha hızlı düşünebilmelerine ve teknik zorluklarla daha kolay baş edebilmelerine yardımcı olduğu bilinmektedir^{1,34}.

Schamauss ve ark.’ın (2013) çalışmasında ameliyat öncesi planlamada kullanılan 3B kalp modelinin sterilize edilerek ameliyat sırasında oryantasyonu artırmak için kullanılabilmesi belirtilirken⁶; Ayoub ve ark.’ın (2014) çalışmasında ise bilgisayarlı tomografi görüntülerinden üretilen mandibula modellerinin, planlanmış mandibular osteotomileri yapmak için kullanılabilmesi ifade edilmiştir⁷.

Kardiyak cerrahi alanında yapılan çalışmalara göre, cerrahi öncesi planlama ve cerrahi sırası oryantasyonda 3B materyallerin konjenital kalp anomalilerini, ventriküler septal defekt gibi kalp

hastalıklarını, kompleks patolojileri ve karmaşık anatomileri anlamada; cerrahi sırasında ise karar vermede çok yararlı, yardımcı ve etkili araçlar olduğu sonucuna ulaşılmıştır⁸⁻¹³. Yine ameliyat öncesi planlama sürecinde 3B materyallerin maksillofasial cerrahide orbital ve mandibular rekonstrüksiyonda^{14,15}; beyin cerrahisinde, kraniyofasiyal, kafa tabanı ve servikal omurga rekonstrüksiyonda¹⁶; ortopedik cerrahide kemik fiksasyon plakalarının prefabrikasyonu ve kemik lezyonlarının eksizyonunun planlanmasında; kardiyotorasik cerrahi ve kardiyak transplantasyonda karmaşık konjenital kalp kusurları ve trakeobronşiyal varyasyonların haritalanmasında¹⁶; vasküler cerrahide aort diseksiyonu ve abdominal aort anevrizmasının endovasküler onarımında¹⁷; ürolojide parsiyel nefrektomide¹⁸; kulak burun boğaz cerrahisinde frontal sinüs defektlerinin rekonstrüksiyonunda¹⁹ ve genel cerrahide hepatektomi ve karaciğer transplantasyonunda²⁰⁻²² kullanıldığını gösteren çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır.

Hasta anatomisini doğru şekilde yansıtan 3B materyallerin ameliyat öncesi ve sırasında cerrahlara kılavuzluk ettiği ve girişimin süresini kısaltmaya yardımcı olduğu vurgulanmaktadır^{35,36}.

3B baskı materyallerindeki en büyük sınırlılık, üretim aşamasında harcanan zaman ve maliyetlerinin yüksek olmasıdır³. 3B baskının şu anda aşırı pahalı ve üretimlerinde sınırlamaların olduğunu, sınırlı yazılım yapılarak bu konuda bilgili personele ihtiyacın fazla olduğunu, bu materyallerin öğretim maliyetini büyük ölçüde artırdığını ifade eden çalışmalarda, bu teknolojilerin; cerrahi süresini kısaltması, düşük maliyetli yazıcıların piyasaya sürülmeye başlaması ile materyallerin taşınabilir olması, hızlı, basit ve ayrıntılı baskı özelliklerinin sağlanması gibi faydaları göz önünde bulundurulduğunda 3D baskıların daha da gelişmesiyle bu maliyetlerin azalacağı ve klinik öğretimde daha yaygın kullanılabilmesi belirtilmektedir³⁷⁻³⁹.

Eğitim alanına kullanılan 3B materyallerine yönelik çalışmalardan; Hsieh ve ark.'nın (2018) çalışmasında 3B baskı ile sinüs ve kafatası tabanı anatomisinin modeli basılmış, eğitim verilmiş ve anketlerle sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu teknolojinin, cerrahi eğitim ve preoperatif planlamada ve kadavra diseksiyonuna ek/alternatif bir simülasyon aracı olarak kullanılabilmesi görülmüştür⁴⁰.

Costello ve ark.'ın yürüttüğü bir diğer çalışmada ise konjenital kalp hastalığı anatomisini öğrencilere öğretmek için 5 ventriküler septal defekt (VSD) vakasının modelleri oluşturulmuş ve 29 tıp öğrencisinin öğretiminde bu kalp modelleri kullanılmıştır. Sonuç olarak; modellerin eğitimde kullanılmasıyla, tüm öğrencilerin VSD'ler ile ilgili bilgi düzeylerinde, bilgi raporlamalarında ve yapıları kavramsallaştırmalarında önemli gelişmeler olduğunu belirtilmiştir²⁴.

Kardiyak anatomiye öğrenmek ve 3B baskı materyallerinin kadavra materyallerine karşı etkinliğini değerlendirmek için 52 katılımcı ile yürütülen Lim ve ark.'ın (2016) çalışmasında, kardiyak anatomi bilgisini inceleyen bir ön test uygulanıp, kadavra materyalleri, 3B baskılar ve

kadavra materyallerinin/3B baskıların (birleşik materyaller) bir kombinasyonu kullanılıp eğitim verilmiş, daha sonra bir son-test uygulanmış. Eğitim gruplarının karşılaştırılması sonucunda, 3B baskı materyallerinin kullanıldığı eğitim grubunun skorlarının anlamlı olarak daha yüksek olduğu saptanmış, 3B baskı materyallerinin kullanımının kadavra materyallerine göre anatomi eğitiminde belirli faydalar sağlayabileceği ve kadavra tabanlı müfredatlara ek olarak kullanımlarının ve sürekli değerlendirmelerinin uygun olabileceği sonucuna ulaşılmıştır⁴¹.

Emre ve ark.'nın (2018) çalışmasında ise çocuk cerrahisi ile ilgili 5 patolojinin incelenmesine ilişkin öğrencilerle yapılan eğitimin sonucunda; kullanılan modellerde boyut ve renkli materyal kullanımı konusunda yeni tasarımların gerekli olduğu, model sayısının artırılması gerektiği, modellerin alt kısmına etiketle açıklamaların yazılabileceği, QR kod ile ders notlarına link verilebileceği sonucuna ulaşılmıştır²⁹.

Çalışmaların genelinde 3B yazıcılarla spesifik modellerin üretilebilmesiyle, eğitim materyallerinin daha çok anatomi eğitimlerinde kullanıldığı görülmüş ve cerrahi uygulamalarda anatomik karmaşıklığın ve patolojik çeşitliliğin daha iyi anlaşılabilmesi belirtilmiştir^{4,24,42}.

Cerrahideki kullanım alanlarından bir diğeri olan doku ve organ üretimine yönelik çalışmalarda cilt, kemik, kalp dokuları, vasküler greftler, trakeal splint dokuları üretilirken, bu teknolojinin aynı zamanda aort damarı dokusunun geliştirilmesinde ve triküspit kalp kapağı üretiminde de kullanılabileceği keşfedilmiştir^{30,36}.

Bu yönde organ transplantasyonuna yönelik Akpek (2017) tarafından yapılan çalışmada triküspit kalp kapakçığının üretilmesiyle organların biyo uyumlu yazıcılarla üretilebileceği görülmüş³⁶; Dai ve ark.'ın (2016) çalışmasında glioma tanılı hastada gliomagenezin ve ilaç direncinin araştırılması için 3B yazıcılarla üretilen vivo tümör ortamını taklit eden modifiye bir glioma kök hücre modeli oluşturulmuş ve üretilen modelde glioma kök hücrelerinin kemoterapi tedavisine olan direnci değerlendirerek, hücrenin biyolojisi hakkında bilgi sahibi olunabilmiştir⁴³.

Çallı ve ark.'ın (2015) çalışmasında da 3B yazıcılarla kan damarlarının üretilebildiğini gösteren çalışmaların varlığı vurgulanmış; Çelebi ve ark.'ın (2017) çalışmasında ise kafatası hasarı olan hastanın bilgisayarlı tomografisinden yararlanılarak hasarlı bölgede kullanılacak implant üretilmiş ve tetkik amaçlı uygulanacak cerrahi girişimin zorunlu olmadığı görülmüştür^{44,45}.

İncelenen çalışmalara göre 3B yazıcı materyallerinin cerrahi alana olan katkıları sayesinde maliyetlerin azaltılabileceği ve ameliyatların daha kolay planlanabileceği öngörülmektedir.

Hemşirelik Alanında 3B Yazıcı Materyallerinin Kullanımı

Teknolojideki gelişmeler hemşirelikte klinik uygulamalar ve eğitim sürecinde önemli bir yer alırken, gelişen teknolojiyle mesleki eğitimde, eğitime dahil edilebilecek öğrenme modellerinin geliştirilmesi ve kullanımlarının yaygınlaştırılması önem taşımaktadır¹.

Hemşirelik alanında gelişen teknolojilerden biri olan 3B yazıcı materyallerinin genellikle eğitim ve simülasyon amaçlı kullanıldığı görülmektedir^{25,46} (Tablo 1).

Tablo 1. Hemşirelikte 3B yazıcı materyallerinin kullanımı ile ilgili çalışmalar

Araştırmanın Adı	Yazar /Yıl	Araştırmanın Türü	Örneklem Grubu	Araştırmanın Sonucu
Use of 3D Models of Congenital Heart Disease as an Education Tool for Cardiac Nurses	Biglino ve ark. ⁴⁸ 2017	Kesitsel Araştırma	n: 100	Çalışma kapsamında, 100 hemşireye 9 adet 3B yazıcı materyali ile verilen kompleks kardiyak anatomi eğitiminin yetişkin ve pediatrik kardiyoloji hemşireleri tarafından beğenildiği görülmüş, modellerin genel anatominin anlaşılmasında ve tedaviden sonra anatomik karmaşıklığın değerlendirilmesine yardımcı olduğu bulunmuştur. 3B modellerin eğitim/öğretim amaçlı olarak iyileştirilmesine yönelik uygulamalarda eğitim alan hemşireler, pediatrik patoloji ile ilgili lezyonu vurgulamak için daha fazla açıklamaya, etiket kullanımına ve renk kullanımına ihtiyaç duyulduğunu vurgulamışlardır. 3B hastaya özel modellerin, yetişkin ve pediatrik kardiyoloji hemşirelerinin eğitimlerinde kullanılmalarının konjenital kalp hastalıklarının anatomisini anlamada yararlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
'Just-in-Time' Simulation Training Using 3D Printed Cardiac Models after Congenital Cardiac Surgery	Oliveri ve ark. ²⁵ 2016	Nitel Araştırma	n: 70	Çalışmada kalp modelleri, konjenital kalp ameliyatı geçiren 10 hasta için hazırlanmıştır. Cerrahi işlemin hemen sonrasında kalp cerrahi ve yoğun bakım doktoru tarafından, pediatrik kalp yoğun bakım ünitesi için çalışanlara (her hastaya özel olarak hazırlanmış bu 3B modelleri kullanılarak) eğitim verilmiştir. Eğitime katılan 22 doktor, 38 hemşire ve 10 yardımcı bakım personeline anket uygulanarak eğitimin etkinliği değerlendirilmiştir. Hemşirelerin doktorlara kıyasla bu materyalleri, standart materyallere göre daha yararlı bulduğu, yapılan cerrahi işlemi tanıma ve yeteneklerini geliştirmede, klinik yönetimi artırmada faydalı bulduğu görülmüş, 3B kalp modellerinin konjenital kardiyak cerrahi girişimlerin sonrasında kullanılmasının, multidisipliner yoğun bakım ekiplerinin eğitimlerinde, süreç yönetimini kolaylaştırıcı yönde fayda sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.
Involving Patients, Families and Medical Staff in the Evaluation of 3D Printing Models	Biglino ve ark. ²⁶ 2016	Nitel Araştırma	n: 52	Çalışmada, medikal eğitim, preoperatif planlama ve medikal pratik için 3B modeller ile 13 hasta, 15 hasta/ailisi, 14 doktor ve 11 hemşireye verilen eğitimin iletişim ve öğrenme becerilerinde önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Tüm

of Congenital Heart Disease				katılımcılar 3B modelleri ve bu tür modellerin hastaya özel geliştirilmesini beğendiklerini ifade etmişlerdir. Hastaların 3B modellerin 'içeride neler olduğunu' hayal etmelerine yardımcı olabileceğini belirttikleri görülürken, ebeveynlerin ise bu materyallerin genç insanlarda merak uyandırabileceğini ifade ettiği tespit edilmiştir. Klinisyenlerin öğretimin bu tür yeni teknolojinin en uygun uygulaması olabileceğini belirttikleri, hemşirelerin ise konjenital kalp hastalıklarına odaklanan bu çalışma sırasında 3B modellerin öğrenme deneyimlerini geliştirdiğini ifade ettikleri görülmüştür.
Application of 3D Printing Technology Combined with PBL Teaching Model in Teaching Clinical Nursing in Congenital Heart Surgery	Tan ve ark. ³⁷ 2021	Vaka Kontrol Çalışması	n:132	Çalışmada konjenital kalp cerrahisi klinik hemşirelik eğitiminde probleme dayalı öğrenme öğretim modeli ile 3B teknolojinin uygulanmasını keşfetmeyi ve doğuştan kalp cerrahisinde klinik hemşireliğin öğretim kalitesini daha da iyileştirilmesi amaçlanmıştır; 132 hemşire 2 gruba ayrılarak bir grup 3B baskı materyalleriyle diğer grup ise geleneksel öğretim yöntemleriyle eğitilmiş, öğretim sürecinden sonra sonuçları değerlendirmek için 2 grup hemşirelik öğrencisine anket uygulanmış ve değerlendirilmiştir. Geleneksel gruba karşılaştırıldığında, 3B baskı grubu tarafından doldurulan anketlerden alınan puanların daha yüksek, klinik hemşirelik düşünme yeteneği, kapsamlı öz değerlendirme ve öğretim memnuniyetinin geleneksel gruptan istatistiksel olarak daha anlamlı olduğu ve 3B baskı teknolojisiyle eğitimde daha iyi sonuçlar elde edildiği bulunmuştur.
Application of 3D Printing in the Development of Training Simulation for Nursing Students	Lioce ve ark. ⁴⁷ 2020	Klinik uygulama	n: Belirtilmemiş	Çalışmada, hemşirelik öğrencileri için 3B baskı uygulaması ile eğitim simülasyonları geliştirilmiş, simülasyonlar; bir krikotirotomi eğiticisi, bir damar bulucu, bir onişektomi eğiticisi, bilek atelleri ve parmak atelleri, bir iğne enjeksiyon pedi eğiticisi ve bir dikiş pedi eğiticisinden oluşmuştur. Bu çalışmada krikotirotomi eğiticisi ile, hastada bir hava yolu oluşturmak için deri ve krikotiroid membrandan bir kesi yapıldığını gösteren eğitimler verilmiş, damar bulucu ile deriye, yağ dokusuna ve oksijenli kana nüfuz edecek ancak oksijensiz kana nüfuz etmeyecek ve damarların koyu görünmesine neden olacak bir ışıktan oluşan sistemle damarların daha kolay bulunması sağlanmıştır. Onişektomi eğiticisi ile bir turnağın veya ayak turnağının bir kısmının veya tamamının çıkarılması gösterilmiş, bilek ve parmak atellerinin

				bileğe özel olarak yerleştirilmesi sağlanmıştır. İğne enjeksiyon pedi eğiticisi ile doku katmanlarının simülasyonu izlenmiş, sütür pedi eğiticisi ile de bir apsenin delinip, temizlenmesi ve yarının dikilme süreci yönetilmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği hemşirelik fakültesindeki eğitimlerde kullanılan 3B materyallerin, hemşirelik öğrencilerine uygulamalı deneyimler sağlamada, öğrencilerin belirli becerileri daha düşük maliyetle uygulamalarına yardımcı olmada ve bu becerileri güvenli bir öğrenme ortamında kazanmalarını sağlamada kullanıldığı görülmektedir.
3B Baskı Teknoloji ile Tasarlanan Terapötik Nebülizatör Cihazı ile Yapılan İnhaler Tedavinin Çocukların Psikososyal Semptomlarına Etkisi: Pilot Çalışma	Kürtüncü ve ark. ⁴⁹ 2019	Yarı Deneysel (Pilot çalışma)	n: 15	Hemşireler tarafından yapılan çalışma, 15 çocuk ve ebeveynleri ile gerçekleştirilmiş; 3B yazıcılarla geliştirilen terapötik nebülizatör cihazıyla uygulanan tedavinin çocukların psikososyal semptomlarına olan etkileri araştırılmıştır. Kullanılan bu teknoloji sayesinde, standart nebülizatör kullanmaları sırasında ağlama, korku, kaçma semptomları gözlenen çocuklarda psikososyal semptomların azaldığı ve tedavi sırasında ağlama, korku, kaçma gibi davranışlarının olmadığı görülmüştür.
Toenail Removal Simulator and Earwax Removal Simulator: 3D Printed Models for Enhancing Simulation-Based Experiences for Training Nursing Students	Couch ve ark. ⁵⁰ 2021	Klinik uygulama	n: Belirtilmemiş	Bu çalışmanın yapıldığı üniversitede, 3B yazıcılarla hemşirelik öğrencilerinin eğitimlerinde kullanılmak üzere batık ayak tırnağı çıkarma simülatörü ile yabancı cisim kulak içi temizleme simülatörü modelleri üretilmiştir. Eğitimde öğrencilerin kullanımına sunulan 3B modelleme ile geliştirilen iltihaplı bir ayak parmağını taklit eden model ile öğrencilerinin batık tırnak eksizyonu, tırnağın halka bloğu şeklinde çıkarılması ve tırnağa total ablasyon uygulaması gibi prosedürlerin uygulanabileceği görülmüştür. Bunun yanında 3B baskı ile (kulak kiri çıkarılması işlemi de dahil olmak üzere) tasarlanmış olan yabancı cisim çıkarma simülatörü ile kulak kiri ve yabancı cisimlerin kulaktan çıkarılması işlemlerinin öğrenciler tarafından rahatlıkla uygulandığı izlenmiştir. Uygulamaların sonucunda eğitimciler, bu simülatörlerin hemşirelik öğrencileri için çok fayda sağladığını ve modellerin özelliklerinin daha da geliştirilebileceğini üreticilere iletmışlerdir.
3D Printed Anatomical Models for Training Nursing Students	Lioce ve ark. ⁵¹ 2020	Klinik uygulama	n: Belirtilmemiş	Alabama Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu'nda hemşirelik öğrencilerinin eğitimi için insan kalbi, insan beyni, plasenta ve Lomber 1'de (L1) kompresyon kırığından oluşan 3B

				<p>anatomik modeller geliştirilmiş; insan kalbi modeli, öğrencilerin modeli tutarak, manipüle ederek, yakından bakarak kalbin şeklini ve yapısını daha iyi anlayabilmelerine olanak sağlamış; beyin modeli ise multipl skleroz hastalarındaki lezyonları daha iyi anlamalarını ve daha kolay görselleştirmelerini sağlayarak, hastaların teşhislerinin nedenini ve lezyonların büyümesi ve gelişmesiyle hastalığın ilerlemesini anlamalarına yardımcı olmuştur. Simülasyon eğitim senaryolarına eklenen 3B bu modeller ile öğrencilere ihtiyaç duydukları uygulamalı deneyimler sağlanmış ve belirli becerileri, güvenli bir ortamda uygulamalarına olanak tanınmıştır.</p>
--	--	--	--	---

İncelenen çalışmalara göre 3B materyallerin hemşirelerin anatomi eğitimlerinde kullanıldığı, bu alana yönelik geliştirilen materyallerin daha kullanışlı olduğu ve anatomik karmaşıklığın daha kolay anlaşıldığı, öğrencilerin daha teknik ve donanımlı hale gelerek, beceri kazanabilecekleri yönünde olumlu etkilerinin olacağı yönünde genel bir sonucuna ulaşılmaktadır^{25,47,48} (Tablo 1).

3B yazıcılarla üretilen materyaller ile yapılan eğitimlerde; öğrencilerin fizyopatolojileri daha iyi anlayarak, dokunma ve görme duyularını geliştirebilecekleri, böylelikle öğrenmeye aktif katılımlarının artacağı öngörülmektedir^{3,47}.

Tablo 1’de hemşirelik alanında 3B yazıcı materyallerinin kullanımı ile gerçekleştirilmiş çalışmalar incelenmiştir.

Sonuç olarak, bu materyallerin kullanımıyla, öğrencilerin kendi düşüncelerini somut fiziksel modellere dönüştürerek hayal güçlerini geliştirebilecekleri ve ders kapsamında öğrenilen soyut bilgileri somutlaştırarak tam ve kalıcı öğrenmeyi daha kolay gerçekleştirebilecekleri ifade edilmektedir³⁰.

Sonuç ve Öneriler

Bu derleme ile 3B yazıcı materyallerinin, hemşirelik alanında kullanımlarına yönelik yapılan araştırmalar sonucunda, sağlık alanında birçok amaçla kullanılmakta olan bu teknolojinin, cerrahi ve hemşirelik alanındaki öğrencilerin eğitimlerinde kullanımlarının uygun ve yararlı olduğu görülmektedir (Tablo 1).

3B yazıcı materyallerinin cerrahi ve hemşirelik alanındaki öğrencilerinin eğitimlerinde daha fazla kullanılabilmesini ortaya çıkaran araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu teknolojinin her alanda olduğu gibi hemşirelik alanında da geliştirilip, yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu konuda yapılacak ilave eğitim çalışmaları ile bu eğitim materyallerinin daha kapsamlı incelenmesi gelecekte önem kazanacaktır. Bu çalışma ile gelecekte üretilecek olan 3B yazıcı materyallerinin her alanda

kullanımlarının artacağı gibi, hemşirelik alanında da kullanımlarının artırılması ve cerrahi alandaki eğitimlerde kullanımının yaygınlaşarak cerrahi hemşireliği alanına da katkı sağlaması hedeflenmiştir.

3B yazıcı materyallerinin cerrahi ve hemşirelik alanındaki öğrencilerin eğitimlerinde ve klinik uygulamalarda kullanımlarının artırılabilmesi için daha fazla 3B yazıcı materyallerinin üretilmesi, eğitim çalışmalarının yaygınlık kazanması ve klinik uygulamalara yansıtılması önerilmektedir.

Kısaltmalar

3B: Üç boyutlu

2B: İki boyutlu

VSD: Ventricular septal defect

L1: Lomber 1

KAYNAKLAR

1. Arslan N, Yaylacı B, Eyüpoğlu ND, Kürtüncü M. Sağlıkta gelişen teknoloji: üç boyutlu yazıcılar. *International Journal Of Printing Technologies And Digital Industry*. 2018;2(2):99-110.
2. Aydın L, Küçük S. Üç boyutlu yazıcı-tarayıcı ile hastaya özel medikal ortez tasarımı ve geliştirilmesi. *Journal of Polytechnic*. 2017;20(1):1-8.
3. Sezer H, Şahin H. 3D baskı materyalinin eğitimde kullanımı: qua vadis? *Tıp Eğitimi Dünyası*. 2016;46:5-13.
4. Aimar A, Palermo A, Innocenti B. The role of 3d printing in medical applications: a state of the art. *Journal Of Healthcare Engineering*. 2019;2019:5340616..
5. Atalay HA, Değirmençtepe RB, Bozkurt M, Can O, Canat HL, Altunrende F. 3D teknolojinin tıpta ve ürolojide kullanım alanları. *Endoüroloji Bülteni*. 2016;9:65-71.
6. Schmaus D, Gerber N, Sodin R. 3D printing of models for surgical planning in patients with primary cardiac tumors. *J Thorac Cardio Surg*. 2013;145:1407-1408.
7. Ayoub F, Rehab M, O'Neil M, et al. A novel approach for planning orthognathic surgery: The integration of dental casts into 3D printed mandibular models. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2014;43(4):454-9.

8. Oliveira MAB, Santos CA, Brandi AC, Botelho PHH, Braile DM. Three-dimensional printing: is it useful for cardiac surgery? *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*. 2020;35(4):549-554. DOI: 10.21470/1678-9741-2019-0475.
9. Moore RA, Riggs KW, Kourtidou S, et al. Three-dimensional printing and virtual surgery for congenital heart procedural planning. *Birth Defects Res*. 2018;110(13):1082-1090.doi: 10.1002/bdr2.1370.
10. Bhatla P, Tretter JT, Chikkabyrappa S, Chakravarti S, Mosca RS. Surgical planning for a complex double-outlet right ventricle using 3D printing. *Echocardiography*. 2017;34:802-804.
11. Olejník P, Nosal M, Havran T, et al. Utilisation of three-dimensional printed heart models for operative planning of complex congenital heart defects. *Cardiol Pol*. 2017;75(5):495–501. doi: 10.5603/KP.a2017.0033.
12. Valverde I, Gomez-Ciriza G, Hussain T, et al. Three-dimensional printed models for surgical planning of complex congenital heart defects: an international multicenter study. *Eur J Cardiothorac Surgery*. 2017;52:1139-1148.
13. Ma XJ, Tao L, Chen X, et al. Clinical Application of three-dimensional reconstruction and rapid prototyping technology of multislice spiral computed tomography angiography for the repair of ventricular septal defect of tetralogy of fallot. *Genet Mol Res*. 2015;14:1301-1309.
14. Tsai MJ, Wu CT. Study of mandible reconstruction using a fibula flap with application of additive manufacturing technology. *Biomed Eng Online*. 2014;13:57. doi:10.1186/1475-925X-13-57.
15. Azuma M, Yanagawa T, Ishibashi-Kanno N, et al. Mandibular reconstruction using plates prebent to fit rapid prototyping 3-dimensional printing models ameliorates contour deformity. *Head Face Med*. 2014;10:45. doi:10.1186/1746-160X-10-45.
16. Chae MP, Rozen WM, McMenemy PG, Findlay MW, Spycha RT, Hunter-Smith DJ. Emerging applications of beside 3D printing in plastic surgery. *Front. Surg*. 2015;2(25):1-14. doi: 10.3389/fsurg.2015.00025.
17. Tam MD, Laycock SD, Bell D, Chojnowski A. 3-D printout of a DICOM file to aid surgical planning in a 6 year old patient with a large scapular osteochondroma complicating congenital diaphyseal aclasia. *J Radiol Case Rep*. 2012;6:31–7. doi:10.3941/jrcr.v6i1.889.
18. Silberstein JL, Maddox MM, Dorsey P, Feibus A, Thomas R, Lee BR. Physical models of renal malignancies using standard cross-sectional imaging and 3-dimensional printers: a pilot study. *Urology*. 2014;84:268–72. doi:10.1016/j.urology.2014.03.042 57.

19. Daniel M, Watson J, Hoskison E, Sama A. Frontal sinus models and onlay templates in osteoplastic flap surgery. *J Laryngol Otol.* 2011;125:82–5. doi:10.1017/S0022215110001799.
20. Igami T, Nakamura Y, Hirose T, et al. Application of a three-dimensional print of a liver in hepatectomy for small tumors invisible by intraoperative ultrasonography: preliminary experience. *World J Surg.* 2014;38(12):3163–6. doi:10.1007/s00268-014-2740-7 60.
21. Ikegami T, Maehara Y. Transplantation: 3D printing of the liver in living donor liver transplantation. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2013;10:697–8. doi:10.1038/nrgastro.2013.195.
22. Zein NN, Hanouneh IA, Bishop PD, et al. Three-dimensional print of a liver for preoperative planning in living donor liver transplantation. *Liver Transplantation.* 2013;19:1304–10. doi:10.1002/lt.23729.
23. Abouhashem Y, Dayal M, Savanah S, Strkal G. The Application of 3D printing in anatomy education. *Med Educ Online.* 2015;20:29847.
24. Costello JP, Olivieri LJ, Krieger A, et al. Utilizing three-dimensional printing technology to assess the feasibility of high-fidelity synthetic ventricular septal defect models for simulation in medical education. *World Journal of Pediatric Congenital Heart Surgery.* 2014;5(3):421-426.
25. Olivieri LJ, Su L, Hynes CF, et al. ‘Just-in-time’ simulation training using 3D printed cardiac models after congenital cardiac surgery. *World Journal For Pediatric And Congenital Heart Surgery.* 2016;7(2):164-168.
26. Biglino G, Capelli C, Leaver LK, Schievano S, Taylor AM, Wray J. Involving patients, families and medical staff in the evaluation of 3D printing models of congenital heart disease. *Communication and Medicine.* 2016;12(2-3):157-169. <https://doi.org/10.1558/cam.28455>.
27. Cantinoti M, Valverde I, Kutay S. Three-dimensional printed models in congenital heart disease. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2017;33(1):137-144.
28. Malik H, Darwood R, Shaunak S, et al. Three-dimensional printing in surgery: a review of current surgical applications. *J Surg Res.* 2015;199(2):512-522.
29. Emre Ş, Yolcu MB, Celayir S. Çocuk cerrahisi öğrenci eğitiminde üç boyutlu modellerin kullanılması: süreç ve ilk izlenimler. *Çocuk Cerrahisi Dergisi.* 2018;32(2):55-60.
30. Kuzu Demir EB, Çaka C, Tuğtekin U, Demir K, İslamoğlu H, Kuzu A. 3D yazdırma teknolojilerinin eğitim alanında kullanımı: Türkiye’deki uygulamalar. *Ege Eğitim Dergisi.* 2016;17(2):481-503.

31. Şen B. (2017). Sağlıkta yeni umut ışığı 3D yazıcılar. Erişim Tarihi: 20.08.2022.
<http://www.baglantinoktasi.com.tr/saglikta-yeni-umut-isigi-3d-yazicilar/>.
32. Lioufas A, Quayle R, Leong C, McMenamin G. Three dimensionanl printed models of cleft palate pathology for surgical education. *Plastic Reconstructif Surgical Global Open*. 2016;4(9):1-6.
33. Starosolski A, Kan H, Rosenfeld D, Krishnamurthy R, Annapragada A. Application of 3D printing for creating physical models of pediatric orthopedic disorders. *Pediatric Radiology*. 2014;44:216-221.
34. Richard D. The 3D printing revoution. *Harvard Business Review*. 2015;93(5):41-48.
35. Levine P, Patel A, Sadeh B, Hirsch L. Computer aided design and manufacturing in craniomaxillofacial surgery: the new state of the art. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2012;23:288-293.
36. Akpek A. Triküspit kalp kapakçıklarınının 3B biyobaskı metotları ile fabrikasyonu. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 2018;22(2):740-745.
37. Tan H, Huang E, Deng X, Ouyang S. Application of 3D printing technology combined with PBL teaching model in teaching clinical nursing in congenital heart surgery: A case-control study. *Medicine*. 2021;100(20):e25918.
38. Pugliese L, Marconi S, Negrello E, et al. The clinical use of 3D printing in surgery. *Updates in Surgery*. 2018;70:381-388. <https://doi.org/10.1007/s13304-018-0586-5>.
39. Louvrier A, Marty P, Barrabe A, Euvrard E, Chatelain B. How useful is 3D printing in maxillofacial surgery? *J Stomatol Oral Maxillofacial Surgery*. 2017;118:206-212.
40. Hsieh T, Cervenka B, Dedhia R, Bradley ES, Steele T. Assessment of a patient-specific, 3-dimensionally printed endoscopic sinus and skull base surgical model. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. 2018;144(7):574-579.
41. Lim KH, Loo ZY, Goldie SJ, Adams JW, McMenamin PG. Use of 3D printed models in medical education: A randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. *Anat Sci Educ*. 2016;9(3):213-221.
42. Rengier F, Mehndiratta A, von Tengg-Kobligk H, et al. 3D printing based on imaging data: review of medical applications. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2010;5(4):335-341.
43. Dai X, Ma C, Lan Q, Xu T. 3D bioprinted glioma stem cells for brain tumor model and applications of drug susceptibility. *Biofabrication*. 2016;8(4):045005.

44. Çallı L, Taşkın K. 3D yazıcı endüstrisinin oluşturacağı yeni pazarlar ve pazarlama uygulamaları. 1. Uluslararası Ekonomi ve İşletme Kongresi (Iceb'15) 10 – 14 Haziran 2015 Gostivar /Makedonya
45. Çelebi A, Tosun H, Önçağ AÇ. Hasarlı bir kafatasının üç boyutlu yazıcı ile imalatı ve implant tasarımı. *International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry*. 2017;1(1):27-35.
46. Astin F, Carrol L, Ruppard T, et al. A core curriculum for the continuing professional development of nurses: Developed by the education committee on behalf of the council on cardiovascular nursing and allied professions of the ESC. *Euro J Cardio Nurs*. 2015;14(3):190-197.
47. Lioce L, Maddux G, Goddard N, et al. Application of 3D printing in the development of training simulations for nursing students. Proceedings of the 9th International Workshop on Innovative Simulation for Healthcare (IWISH 2020),7-12. doi:10.46354/i3m.2020.iwish.002.
48. Biglino G, Capelli C, Koniordou D, et al. Use of 3D models of congenital heart disease as an education tool for cardiac nurses. *Congenital Heart Disease*. 2017;12:113-118.
49. Kürtüncü M, Arslan N, Topçu T. 3B baskı teknoloji ile tasarlanan terapötik neblizatör cihazı ile yapılan inhaler tedavinin çocukların psikososyal semptomlarına etkisi: pilot çalışma. 4th International Congress on 3D Printing Technologies and Digital Industry 11-14 April 2019.
50. Couch A, Budisalich A, Maddux G, Budisalich K, Lioce L. Toenail removal simulator and earwax removal simulator: 3D printed models for enhancing simulation-based experiences for training nursing students. Peer Reviewed Paper Presented at AlaSim 2021
51. Lioce L, Maddux G, Goddard N, Fogle I. 3D printed anatomical models for training nursing students. Conference: Proceedings 13th International Conference of Education Research and Innovation (ICERI 2020), Seville, Spain. November 2020 DOI:10.21125/iceri.2020.0106.