



SAĞLIKTA GELİŞEN TEKNOLOJİ: ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR

Nurten ARSLAN¹, Birgül YAYLACI¹, Nur Deniz EYÜPOĞLU¹, Meltem KÜRTÜNCÜ²

¹Bülent Ecevit Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği Ana Bilim Dalı, Zonguldak, Türkiye

²Bülent Ecevit Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği Ana Bilim Dalı, Zonguldak, Türkiye

ÖZET

Giriş ve Amaç: 3B (üç boyutlu) baskı materyalleri ilerleyen tıbbi görselleştirmenin kullanımıyla birlikte eğitimde, araştırma alanlarında ve sağlık bakım hizmetlerinde, hızla yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmanın amacı; 3B yazdırma teknolojilerinin sağlık alanında kullanımını tanıtmak, hemşirelik mesleğinde kullanım ilişkisini açıklamak ve ülkemizde ve dünyada nasıl kullanıldığını incelemektir. **Yöntem:** 3Byazıcı, teknoloji, sağlık alanı, hemşirelik anahtar kelimeleri kullanılarak Google akademik, pubmed arama motorları kullanılarak son on yılda yapılan çalışmalar incelenmiştir. **Bulgular:** Yapılan literatür incelemesi sonucunda 3B yazdırma teknolojilerinin cerrahi uygulama, eczacılık, simülasyon üretimi, medikal enstrüman, ortez-protez üretimi, organ ve doku üretimi, sağlık eğitimi gibi alanlarda kullanımının yaygın olduğu saptanmıştır. **Tartışma ve Sonuç:** Son yıllarda baskı teknolojisindeki ve bilgisayar yazılımlarındaki ilerlemeler sonucunda 3B yazıcılar farklı sektörlerde varlığını ortaya koyarak kullanımı ve yaygınlığı giderek artmaktadır. Standart ve alışlagelen endüstriyel tasarım ve üretim anlayışının dışında yeni bir üretim modeli olan hızlı prototipleme gelişmektedir. Hızlı prototipleme ile sektörlere ve kişilere yönelik ihtiyaca özel, düşük maliyetli üretim imkanı, bireysel yaratıcılıkların ve yeni fikirlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Çalışmada 3B yazdırma teknolojilerinin sağlık alanında kullanımı üzerine bir araştırma yapılmıştır. 3B yazdırma teknolojisinin eğitim, sağlık, hemşirelik ve sosyal bilim alanlarında kullanılabilmesi, sonuç olarak öğrencilerin daha becerili, teknik ve donanımlı hale gelerek hemşirelik uygulamalarında olumlu etkisi olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: 3B yazıcı, teknoloji, sağlık alanı, hemşirelik

EMERGING TECHNOLOGY IN HEALTH: THREE-DIMENSIONAL PRINTING

ABSTRACT

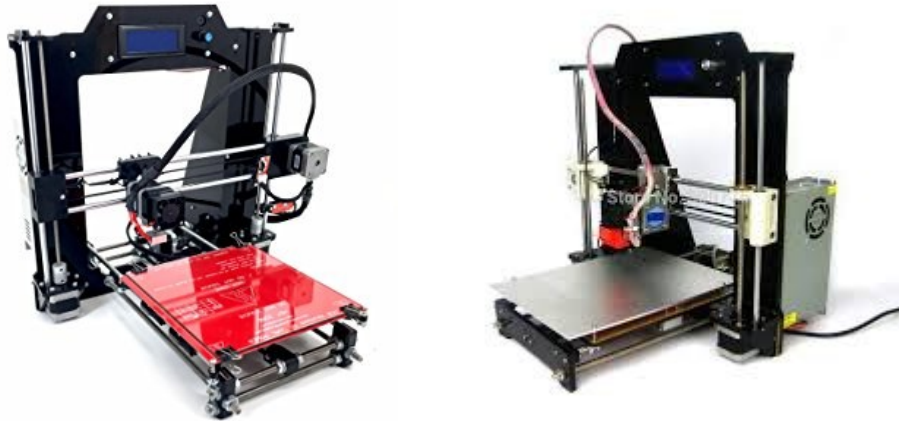
Introduction and Aim: With the use of developing medical visualization, three dimensional printing materials have become widespread rapidly in education and in search interests and in healthcare service. The aim of this work is to introduce the use of three dimensional printing technologies in healthcare field and to explain their relationship in nursing profession and to examine how they are used in the world. **Method:** Studies in recent ten years are examined by being used key words -three dimensional printing, technology, healthcare field, nursing- and by being used Google academic and pubmed search engines. **Findings:** After the literature review, it has been confirmed that the use of three dimensional printing technologies is widespread around fields such as surgical practice, pharmacy, simulator training, medical instrument, orthosis prosthesis production, organ and tissue production and health education. **Discussion and Result:** As a result of progresses of printing technology and computer software in recent years, three dimensional printing has increased gradually its usage and prevalence by revealing its existence in different sectors. Except for standard and ordinary industrial sense of design and production, rapid prototyping being a new production model has improved. In this labour, it has been worked on the availability of three dimensional printing technologies in the healthcare field. It has

been thought that three dimensional technologies can be used in technical, health, nursing, and social science fields of the education and so they will leave a positive impression on nursing practice by rendering the students more skilled, technical and equipped.

Keywords: Three dimensional printing, technology, healthcare field, nursing.

1. GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknoloji yaşam kalitesini arttırabilecek tüm alanlarda dinamik bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu dinamiklik insanları sürekli değişime ve yeniliğe yönlendirmektedir. İnsanın girişimci ve yenilikçi yapısı girişimciliği ve inovasyonu yaşama entegre etmektedir. İnovasyonun ve girişimciliğin getirdiği bileşim sayesinde 3B yazılım teknolojileri hayatımızda önemli bir yer almaya başlamıştır. 3B baskı, kişisel olarak oluşturulan ya da herhangi bir yerden hazır olarak bulunan üç boyutlu modelin, katı bir şekilde 3B yazıcıdan çıktısının alındığı teknolojik işlemdir. Bu katı maddesel çıktının alınması ve elde edilmesi iki boyutlu (2B) katmanların üst üste sıralanmasıyla meydana gelmektedir. 3B baskı teknolojisi, günümüz endüstrisi sanayisinde de kullanılmakta olup; kesme ve delme gibi geleneksel işleme yöntemleri ile malzemenin çıkarılması esasına dayalı tekniklerden farklı bir yazdırma yöntemi olarak kabul görmektedir[1]. 3B baskı teknolojisi ile üretim gerçekleştirilirken talaş kaldırma yöntemi yerine yalnızca ihtiyaç duyulduğu kadar ham malzeme kullanılması bu teknolojiyi geleneksel işleme tekniklerinden farklı kılmaktadır[1, 2, 3]. Bu farklılık sektörlerde kişiye özel üretimin gerçekleşebilmesini sağlamaktadır. Bu sayede 3B yazıcı teknolojisinin giderek yaşamın her alanında yaygın olarak kullanılacağı düşünülmektedir. 3B yazıcılar temel olarak, bilgisayar desteği ile kontrolü sağlanan üç boyutlu ürün/nesne oluşturabilen bir robot türüdür. Şekil 1’de 3B yazıcı örneği verilmiştir[1, 4, 5].



Şekil 1. 3B yazıcı (RepRap Prusa)[1].

3B (Three-Dimensional Printing) baskı materyali üretimi endüstri alanında yaygın olarak kullanılmakla birlikte tıp eğitiminde ve sağlık bakım hizmetlerinde kullanımı yenilikçi yaklaşımlar sayesinde günümüz koşullarında giderek artmaktadır. Özellikle teknolojik gelişmelerin yarattığı etkiler sonucunda tıbbi görselleştirme ürünleri eğitim alanında giderek yaygın halde kullanılmaya başlanmıştır. Bu derlemede, 3B baskı materyalinin kullanım ve üretimi, günlük yaşamda sağlık ve eğitimdeki kullanımlarını belirlemek amacıyla literatür incelenmesi amaçlanmıştır.

2. 3B YAZDIRMA TEKNOLOJİSİNİN KULLANIM VE ÜRETİM SÜRECİ

3B yazıcıların hayata entegre olması sayesinde dijital ortamda örnek olarak kullanılacak modeller somut nesnelere halinde üretilebilmekte ve kullanıma sunulmaktadır. Teknik anlamda 3B yazıcılar, dijital ortamda mevcut olan bilgisayar destekli tasarım dosyalarının kullanılması sayesinde üretilmesi planlanan fiziksel nesnelere ince katmanlar şeklinde üretilmektedir[6].

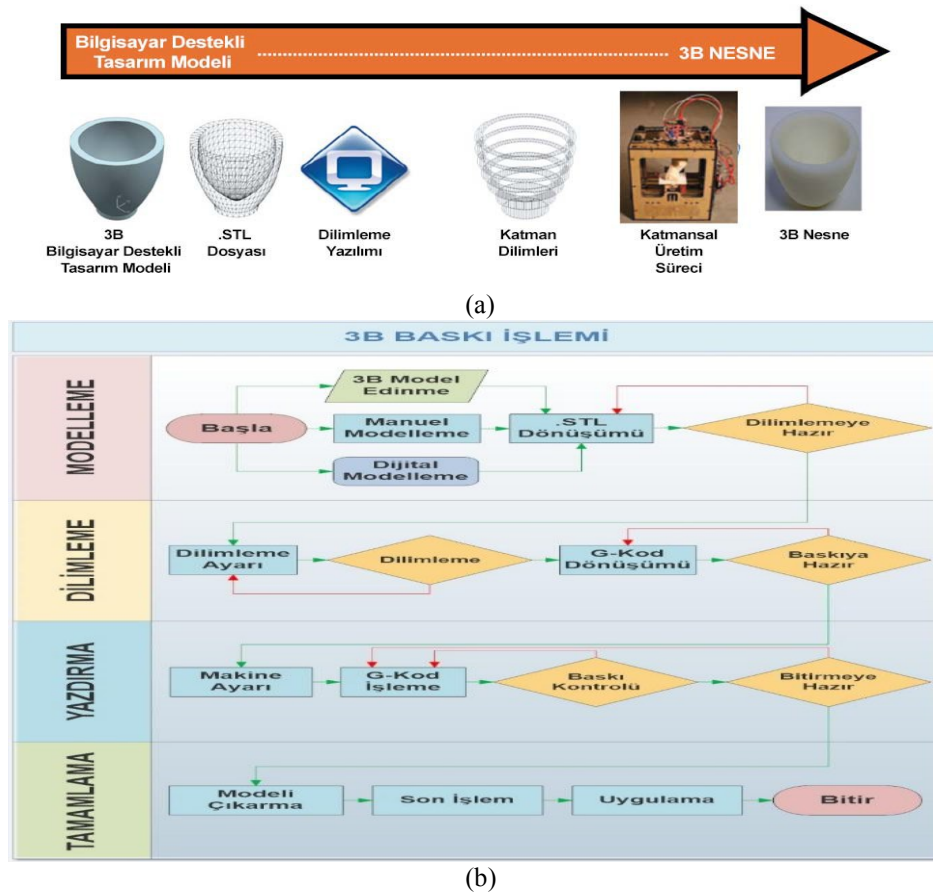
3B yazdırma teknolojileri adı altında pek çok kavram yer almaktadır. Bunlar 3 boyutlu yazıcılar, 3 boyutlu modelleme yazılımları, 3 boyutlu tarayıcılar ve 3 boyutlu mürekkep şeklinde karşımıza çıkmaktadır. 3 boyutlu yazıcılar modellenen nesnelere fiziksel nesnelere oluşturabilmek için var olan 3 boyutlu modelleme yazılımlarına gereksinim duyulmakta ve bu anlamda bilgisayar destekli programlardan yararlanılmaktadır[6-8].

AutoCAD, 3DS MAX gibi bilgisayar destekli profesyonel 3B yazılımlarından SketchUp, Tinkercad, Autodesk123D gibi web tabanlı yazılım olaral amatör tasarımcılar tarafından kolaylıkla kullanılan ve sıklıkla tercih edilen bu yazılımlara kadar çok geniş tercih seçenekleri olan yazılım çeşitleri mevcuttur[4, 6]. Bu yazıcılarda 3B fiziksel nesnelere üretilebilmek için bu nesnelere öncelikle bu yazılımlarda dijital olarak 3B modeller çizilmekte ve bu modeller ince katmanlar halinde dilimlenerek 3B yazıcılar aracılığıyla üretilmektedir. Bu dijital modellerin üretimi için 3B mürekkep olan ince tel (filament) hammadde kullanılarak kullanılmaktadır. Bu hammaddeler oyun hamuru, seramik, reçine, plastik, toz, cam, metal alaşımları ve çeşitli metaller gibi maddelerdir. Bunun yanı sıra gıda sektöründe kullanılan yiyecek hammaddeleri ve biyomedikal ürünler için kullanılan biyomateryal malzemeler de sıklıkla kullanılabilir[4, 6, 7, 9].

3B materyallerin üretiminde kullanılan yazılımlar sayesinde 2B (Two-Dimensional Printing) yazıcılarda elde edilemeyen dokunsal özelliklerin 3B yazıcılarla ürünlere aktarılabilmesi sayesinde sağlık alanında başta eğitim materyalleri olmak üzere pek çok ürünün kullanımına teşvik etmiştir.

Bu teknolojiyle doğru anatomik ürünler üretilmekte ve kesitsel karşılaştırmalı görüntüler üzerinde spesifik hasta modelleri kullanılabilir. Bu amaçla 3B yazıcılarla sağlık alanında pek çok ürün üretilmiş ve sağlık sektörüne giriş yapmıştır[3, 10-13].

3B yazdırılabilir modellerin yazdırma işlemi 3B tarayıcı aracılığıyla ya da bilgisayar destekli tasarım yazılımı ile oluşturulan, somut fiziksel nesneye ait dijital çizimlerin yapılması ile oluşmaya başlar. Bu teknoloji ile yazdırma işlemi sırasıyla dört temel süreçten oluşur. Bu süreçler modelleme süreci, dilimleme süreci, yazdırma süreci ve tamamlama sürecidir[1, 14]. 3B yazıcılarda katmansal üretim süreci ve 3B yazıcıların kullanım akış diyagramı Şekil 2(a) ve 2(b)'de verilmiştir.



Şekil 2. (a) Katmansal üretim süreci[14], (b) 3B baskı işlemi akış şeması (3D printing flowchart)[15].

3. 3B YAZICILAR VE SAĞLIK ALANINDA KULLANIMI

3B yazıcılar ile ilgili kapsamlı bir literatür taraması yapıldığında kullanım alanlarının sağlıktan mühendisliğe, eğlence sektöründen eğitim sektörüne, otomotiv sanayisinden savunma sanayisine kadar birçok farklı alanda kullanıldığı görülmüştür[3, 11]. Bu anlamda bu çalışmaların son yıllarda giderek artış göstermiş olması dikkat çeken en önemli konulardan biridir. 3B baskı teknolojilerinde en yaygın kullanım ise mühendislik ve medikal alanlarında gerçekleşmiştir. Son 30 yılda medikal teknolojide açık ameliyatlardan minimal invaziv cerrahiye, eğitimde yüksek teknoloji simülatörlerinin kullanılmasına kadar büyük ilerlemeler görülmüştür. Ancak tüm bunların yanı sıra en son yenilik 3B yazıcıların medikal teknolojide kullanılmasıyla gerçekleşmiştir[3, 11, 12].


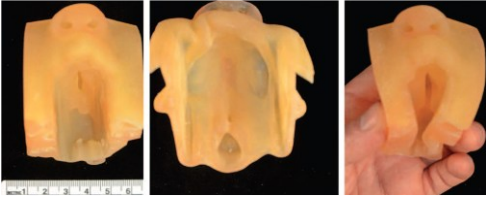
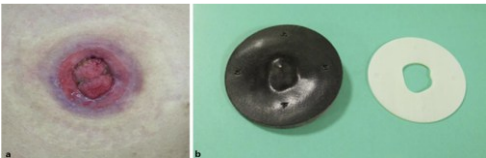
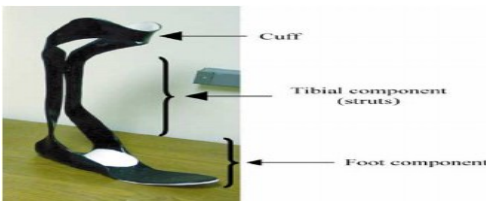
Bu teknolojiyle yapılan çalışmalar uzmanlık alanını içeren genel olarak ürün geliştirme çalışmaları, doku ve organ baskısı gibi çalışmalardır. Bu yazıcılar ile bireye özel cerrahi ve medikal cihazlar, yüz, kol, bacak gibi uzuv protezleri ve yardımcı işitme cihazları üretiminin yanı sıra, ağız ve diş sağlığı alanında dental ve implant uygulamaları ve bozuk diş anatomisinde kullanılan diş hizalayıcıları sıklıkla kullanılan uygulamalar arasında yer alır. Bunun dışında cerrahi enstrüman üretimi, yumuşak doku üretimi ve hücre baskısı, biyomedikal iskelet sistemleri ve kadavra kullanımı, ortopedik ayak gibi ürünlerin üretiminde 3B yazıcı uygulamaları giderek yaygınlaşmaktadır[16-21].

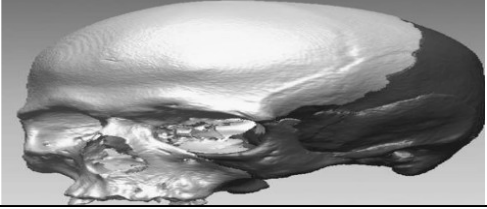



Sağlık alanında yurt içi ve yurt dışı yaygın kullanımına bakıldığında;

1. Anatomik modeller
2. Cerrahi planlama ve radyolojide kullanımı
3. Ortez-protez-implant üretim
4. Farmakolojik uygulamalar
5. Cerrahi enstrüman üretimi
6. Simülasyon ve eğitim alanında kullanımı ağırlık kazanmaktadır[11, 22-25].

Aşağıda Tablo 1’de 3B yazıcı teknolojisi ile sağlık alanında üretilen bazı ürünlere yer verilmiştir.

Tablo 1. 3B baskı teknolojileri ile üretilen bazı ürünler.

Referans	Yapılan ürünler	
Palousek et al., [8], (2014)	Üst ekstremite ortezi	
Lioufas et al., [21], (2016)	Cerrahi eğitimi için yarık damak patolojisi	
Tominaga et al., [27], (2016)	Stoma	
Faustini et al., [28], (2006)	Ayak-ayak bileği ortezi	

Fantini et al., [17], (2008)	Kafatası kemiği	
Murphy and Atala, [24], (2014)	Kemik, kırık, böbrek doku iskeleleri	
Singare et al., [29], (2005)	Alt çene implantı	
Gerrand, [30], (2014)	Pelvis kemiği	

3.1. Anatomik Modeller

3.1.1. Ameliyat Öncesi Planlama

Ameliyat öncesi planlamada ameliyat başarısını arttırmak için anatomik modeller yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak mevcut 2B teknolojileri ile radyolojik görüntüleri kullanarak anatomik model elde etmek zordur. Üç boyutlu baskı teknolojisi anatomik modellerin hızla fiziksel nesnelere dönüştürülmesine olanak tanır[3, 19]. Bu sayede cerrahi işlemlerden önce 3B modeller ile cerrahlar daha hızlı düşünebilir ve teknik zorlukların daha kolay tahmin edilebilir olmasına olanak sağlanmış olur[7]. Bu teknolojiyle yapılan bir çalışmada, bilgisayar destekli tasarım ve hızlı prototipleme ile hasar gören bir kafatasının 3B modeli oluşturulmuştur[17].

Ayoub ve arkadaşları (2014) yaptığı çalışmada insan mandibulasının bilgisayarlı tomografideki görüntüsünü kullanarak basılı modeller elde etmiştir. Bu çalışma ile maksillofasiyal cerrahide mandibula ve fibula görüntüleme ve sanal rekonstrüksiyon sonrasında cerrahlar, dijital olarak planlanmış mandibular osteotomilerini gerçekleştirmek ve ardından fibula kesitleri ile rekonstrüksiyon yapmak için bu teknolojiyi kullanmıştır[20, 31].

Schmauss ve arkadaşları (2013) yaptığı çalışmasında preoperatif planlamada kullanılan modellerin intraoperatif olarak da kullanılabileceğini belirtmiştir. Örneğin, basılan kalp sterilize edilebilir ve ameliyat sırasında oryantasyonu arttırabilir[32]. Benzer şekilde, nöroşirürjide, hastaya özgü patolojik alanların MR görüntüleri kullanılarak renklendirilip önemli yerler vurgulanabilir[33]. Bu yöntemle cerrahi öncesi ameliyatların daha iyi bir şekilde planlanması gerçekleştirilebilir[3].

3.1.2. Eğitim ve Öğretim

3B yazıcıların eğitim-öğretim alanında kullanımı incelendiğinde; yapılan ürünlerle öğrencilerin kendi düşüncelerini 3B yazıcı ile somut fiziksel modellere dönüştürerek, hayal güçlerini geliştirebileceği görülmektedir. 3B yazıcı sayesinde öğrenciler ders kapsamında öğrendikleri soyut bilgileri daha kolay

bir şekilde somutlaştırabilme olanağı bulabilmektedir. Bu teknoloji kullanılarak üretilen eğitim materyalleri sayesinde eğitim açısından tam ve kalıcı öğrenmeye yardımcı olmaktadır[16].

AbouHashem ve arkadaşları (2015) anatomi eğitiminde 3B yazıcıların kullanımı ve eğitime uyumunu araştırmıştır. Yaptığı çalışmada Macquarie Üniversitesi ve Batı Sidney Üniversitesi'nde mevcut anatomi eğitiminde kullanılan kemiklerin yüzey taraması yapılarak 3B teknolojiyi kullandıkları görülmüştür. Bu teknoloji sayesinde kadavra ve kemik elde etmede yaşanan zorluklar etik olarak ortadan kaldırılmıştır. Bunun yanı sıra her ne kadar eğitim amacıyla üniversite laboratuvarlarında yüksek kalitede kadavra ve kemik bulundurulabilse de bu materyaller hasta ve sağlıklı bireylerden oluşan çeşitlilikte değildir. 3B teknolojisiyle bu çeşitlilik sağlanabilmektedir[3, 23, 25, 26].

Niikura ve arkadaşları (2014) yaptığı çalışmasında üç boyutlu basılı modelleri kullanarak çoklu asetabular kırığı olan hastaların ameliyat öncesi bilgilendirilmesini kolaylaştırmıştır. Bu çalışmada üretilen model hastaların ameliyat için bilgilendirilmiş onamlarını alırken bir araç olarak da kullanılmıştır. Model, hasta memnuniyeti üzerinde olumlu etkiler yaratmış ve hastalar ve aileleri için durumun anlaşılmasını kolaylaştırmıştır. Ayrıca, Niikura ve arkadaşları bu modellerin gelecekteki eğitim amaçları için bir kütüphane ya da patoloji kataloğu oluşturması için saklanabileceğini ifade etmiştir[34].

Lioufas ve arkadaşları (2016) tıp öğrencilerine ve cerrahi stajyerlerine öğretim materyali olarak 3B modeller oluşturmak amacıyla yaptığı çalışmada, 8 ve 14 aylık iki çocuğun MR görüntülerinin kullanılarak yarık damak ve yarık dudak patolojisi olan 3B modeller oluşturmuştur. Bu modelle kusurun karmaşıklığını daha kolay açıklanmasına imkan sağladığını ifade etmiştir. Bu modellerin ameliyat öncesi ve sonrasında doktor-hasta ilişkisinin gelişimine yardımcı olmak için kullanılabileceğini belirtmiştir[21].

Sonuç olarak, gelecekte 3B yazıcıları sayesinde üretilen modeller hem hasta eğitiminde hem de öğrenci ve cerrahların eğitiminde yaygın olarak kullanılabileceği öne sürülmektedir[3, 21, 23, 25, 26, 34].

3.2. Cerrahi Enstrüman Üretimi

Bu teknoloji ile ameliyat öncesi planlamada kullanım kolaylığının varlığı ve ameliyat için cerrahlara ışık tutması cerrahi alanda kullanımını yaygınlaştırmaktadır. 3B baskı teknolojisi ile cerrahi müdahalede işleme özgülü, cerrahın ihtiyacını karşılamaya odaklanan, hem düşük maliyetli hem de ergonomik enstrüman üretimi mümkün olmaktadır. Karmaşık anatomik özelliklerin ameliyat öncesi dönemde anlaşılabilmesi, var olabilecek risklerin önceden saptanabilmesi, planlanacak cerrahi müdahalenin simüle edilebilmesi ve cerrahi ekip tarafından planlanan cerrahi girişimin ameliyat öncesi tartışılma olanağını sağlayabilmesi gibi avantajları olduğu bildirilmektedir[35, 36].

Souzaki ve arkadaşları (2015) hepatoblastom tanısı almış cerrahi müdahale planlanan üç yaşında bir çocuk olgusunda 3B teknolojisi ile karaciğer modeli üretmişler ve bu model üzerinde yaptıkları çalışmada planlanan cerrahi uygulamanın ve uyguladıkları cerrahi müdahalenin başarılı sonuçlarını bildirmişlerdir[37].

Tominaga ve arkadaşları (2016) stomalı hastalar için 3B yazıcıların kullanımını incelemiştir. Bu çalışmada stomayı bireye ayarlamak için ostomi torbalarının yüz plakaları Geomagic Free Form® grafikleri kullanılarak oluşturulmuştur. Rehber ile birlikte, hastalar 3B stoma modellerini kullanarak stoma bakımı yapmıştır. Stoma modelleri sadece hastaların kendi stomalarını anlamalarına yardımcı olmak için değil aynı zamanda stomayla ilgili sorunları inceleyen tıbbi personel üyeleri için de kullanılmıştır[27].

Ayoub ve arkadaşları (2014) yaptığı çalışmada maksillofasial cerrahide mandibula ve fibula modellemeleri, Niikura ve ark. (2014) pelvik ve asetabuler operatif müdahaleyi planlamak için 3B modellerinin kullanımı cerrahi enstrüman üretimine örnek olarak sunulabilir[20, 34].

VanKoeveering ve arkadaşları (2015) doğum öncesi fetal anomalilerin gebelikte saptanması amacıyla yaptıkları bir olgu sunumunda 3B baskı teknolojisini kullanmışlardır. Bu çalışmada gebeliğin 30. haftasında ultrasonda tespit edilen hava yolu tıkanıklığı ile karakterize olan fetal yüz deformitesini 3B yazıcı teknolojisiyle modellendirilmiş olup doğum öncesi fetal anomalileri modelleyen ilk çalışma olarak görülmektedir. Bu çalışma ile 3B modelleme ve baskı teknolojilerindeki son gelişmelerle, karmaşık fetal anatomisinin detaylandırılmasına yönelik ön çabalar umut verici bir sonuç ortaya koymuştur.

Hasta anatomisini doğru tanımlayarak yapılmış 3B baskı modelleri cerraha ameliyat öncesinde kılavuzluk eder. Cerrahi enstrümanların kılavuzu çalışma süresini azaltır[36, 43, 44].

3.3. Ortez - İmplant Üretimi

Ayak-ayak bileği ortez (AFO) çalışmaları alt ekstremitte işlevi bozulmuş kişiler için yürüme performansını artıran cihazlardır. Bu kapsamda yapılan bir çalışmada ayak-ayak bileği ortez tasarımlarının ham maddeleri tartışılmıştır. Çalışmaya göre seçici lazer sinterleme (SLS) isimli etken madde ortez tasarımları için ideal olduğuna kanıt getiriyorken aynı maddenin üç boyutlu yazıcılarda da kullanıldığı vurgulanabilir[22, 28].

Gerrand (2014) yaptığı çalışmada klinisyenlerin 3B baskı modeliyle olan deneyimini aktarmıştır. Pelvik kondrosarkomu olan bir hasta için pelvik implant tasarımı yapmıştır. Bu çalışmada bireysel yararlanmanın söz konusu üzerinde durulsa da daha fazla hasta ile çalışılması gerektiği sonucuna ulaştıklarını belirtmişlerdir[30].

Palousek ve arkadaşları (2014) bir bilek ortezi tasarımı gerçekleştirmiştir. Bu çalışma ile insan ortezleri alanında bu teknolojilerin kullanılabilmesine örnek sunulmuştur. Bu teknoloji hastanın gereksinimlerini ve bireysel ihtiyaçlarını karşılayan bir teknoloji kolaylığı olarak karşımıza çıkmaktadır[8].

Hurson ve arkadaşları (2007) asetabular kırıkların değerlendirilmesi, sınıflandırılması ve preoperatif planlamasında hızlı prototiplemeyi değerlendirmek amacıyla yürüttüğü çalışmada asetabular kırık bulunan 20 hasta ile çalışmıştır. Hastaların standart bilgisayarlı görüntülemesinden yararlanarak modeller üretilmiştir. Her hasta için ayrı ayrı üretilen bu modeller ameliyat öncesi ameliyat cerrahına sunulmuştur. Bu çalışma sonucunda cerrahlar, modeller sayesinde kırığın yapısını anlamada çok yardımcı olduğunu belirtmişlerdir[38].

Singare ve arkadaşları (2005) Çin'de yaptığı bir çalışmada, tıbbi hızlı prototipleme tasarımı ile çene güçlendirme implantı yöntemlerini sunmuştur. Bu çalışmada anatomik açıdan doğru bir protez oluşturmak için preoperatif dönemde mandibulanın üç boyutlu modeli bilgisayarlı tomografi görüntüsü ile elde edilmiştir. Hastalar ortalama 1.5 yıl izlenmiştir. Sonuç olarak, alt çene implantı, çene güçlendirmede önemli sonuçlar vermiştir. Çalışma geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, intraoperatif uyum mükemmelliği ortaya çıktığı belirtilmiştir[29].

3.4. Doku ve Organ Üretimi

Son yıllarda yapılan çalışmalar biyoyumlu materyallerin, hücrelerin ve destekleyici bileşenlerin üç boyutlu fonksiyonel canlı dokulara 3B baskısının yapılmasını sağladı. 3B yazıcılar, çok tabakalı cilt, kemik, vasküler greftler, trakeal splintler ve kalp dokusu da dahil çeşitli dokuların üretimi için kullanılmıştır[24].

Türkiye'de bu çalışmaların en önemli örneklerinden birisinin Sabancı Üniversitesi tarafından gerçekleştirilen "Üç Boyutlu Doku ve Organ Basımı Projesi" olduğu söylenebilir. Üç boyutlu yazıcıları kullanarak canlı hücreleri kullanarak aort damarı doku örneği üretimi gerçekleştirilmiştir. Doku ve organ üretimi çalışmaları ise halen devam etmektedir[16].

Son yıllarda organ transplantasyonuna olan ihtiyacın artmasıyla birlikte Akpek (2017); 3B yazıcılarla ilgili yaptığı çalışmada triküspit kalp kapakçığı üretimi yapılmıştır. Bu çalışma ile organların biyoyumlu yazıcılarla üretimine teşvik edilmiştir[38].

Riesenkampff ve arkadaşları (2009) ise 3B baskı teknolojisinin konjenital kalp hastalıklarında kullanımını incelemiştir. Bu çalışmada oklu malformasyonu olan konjenital kalp için geliştirilen 3B maketin cerrahi öncesi klinik önemini değerlendirmek amaçlanmıştır. Bu amaçla çoklu malformasyonu olan konjenital kalp defektli 11 hastanın standart görüntüsü kullanılarak üç boyutlu maketi üretilmiştir. Bu maketler ameliyat öncesi cerrahlara cerrahi karar vermeyi destekleyen değerli ek bilgiler sağladığı belirtilmiştir. Ameliyat sırasında da modellerde gösterilen anatomi doğrulanmıştır[39].

Çelebi, Tosun ve Önçağ (2017) yaptığı çalışmada hasarlı bir kafatasının üç boyutlu yazıcı kullanılarak kafatası imalatı ve implant tasarımı üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada hastanın bilgisayarlı tomografi görüntüsünden yararlanılarak hasarlı kafatası yapısının 3B yazıcı ile baskısı yapılmış ve hasarlı bölgede kullanılabilir uygunlukta bir implant tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sayesinde bilgisayarlı tomografi verilerinden 3B çıktıları elde edilmiş ve bu çıktılar ile implant tasarımı öncesindeki tetkik amaçlı yapılacak olan cerrahi operasyonun zorunluluğunun ortadan kalkabileceği ve sürecin hasta lehine iyileşebileceği görülmüştür[40].

Çallı ve Taşkın (2015) yaptığı çalışmada CNBC ve BBC kaynağından elde ettiği bilgilere göre Modern Meadow isimli oluşumun üç boyutlu yazıcılarla doku ve deri üretimi çalışmaları yaptığını ve Organovo isimli bir girişimin de 2010 yılında işler durumda kan damarları üretmeyi başardığını belirtmiştir[41].

Dai ve arkadaşları (2016) yaptığı çalışmada 3B yazıcı teknolojisinin glioma tanımlı beyin tümörü vakasında kullanımını incelemiştir. Glioma, yüksek malignitesi, yüksek rekürrens oranı ve antikanser ilaçlara karşı yüksek direnç nedeniyle tedavisi zor bir tümör çeşididir. Gliomagenезin ve ilaç direncinin araştırılması için alternatif bir yöntem olarak kullanmak amacıyla 3B baskı teknolojileri kullanılarak in vivo tümör mikro ortamını yakından taklit eden in vitro tümör modelini kullanmak amaçlanmıştır. Bu çalışmada, ekstraselüler matrikse benzeyen modifiye 3B teknolojiyle glioma kök hücre modeli oluşturuldu. Bu çalışmada üretilen modelde glioma kök hücrelerinin hem kemoterapi ilaçlarına olan direnç değerlendirilebilmiş hem de gliomagenез, glioma kök hücre biyolojisi hakkında bilgi sağlanabilmiştir[42].

Yapılan çalışmalar incelendiğinde 3B yazıcı teknolojisi ile sağlık alanında maliyetin azalacağı, ameliyatın kolay planlanabileceği ve sağlık eğitimi alanında büyük fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

4. HEMŞİRELİK ALANINDA KULLANIMI

Gelişen teknoloji ile sağlık alanında 3B yazıcılarla ilgili multidisipliner çalışmalar artmaktadır. Bu kapsamda pek çok bilim dalı farklı alan ve çalışmalarda birleştirilerek, teknolojiden en üst seviyede faydalanarak bilimsel çalışmalara önemli katkıda bulunmaktadır. 3B yazıcı modellerinin kullanımında hemşirelik alanında da çalışılmış örnekleri görülmüş olup hemşirelik alanında kullanımı ağırlıklı olarak simülasyon ve eğitim amaçlı olduğu belirlenmiştir[11, 45, 46].

Hemşirelik mesleğinde temel amaç, hasta bireylere optimal sağlığa ulaşmalarını sağlamak için bakım verme ve hasta bireylerin kendini güvende hissetmelerini sağlamanın yanı sıra hem hasta hem de sağlıklı bireylerinin sağlığını koruma ve geliştirmedir. Bu amaç doğrultusunda hemşire gelişen teknolojiye ve güncel bilgilere ulaşarak bakım vermedeki rolünü etkin bir şekilde kullanmaktadır[46-48]. Teknoloji hemşirelik alanında hem eğitim sürecinde hem de klinik uygulamalarda etkin bir şekilde yerini almıştır. Gelişen bu teknoloji ile hemşireliğin mesleki eğitiminde ise yeni ve eğitime entegre edilebilen öğrenme araçlarının kullanımı ve gelişimi gün geçtikçe artmaktadır. Simülasyon ile hemşirelik eğitiminde, kanıta dayalı uygulamalar öğrencilere sunularak onların mesleki becerilerinin gelişimine katkı sağlanmaktadır. Bu beceriler doğrultusunda hem klinik karar verme becerileri hem de klinik uygulamalarda mesleki bilgi ve donanımları gelişmektedir[11, 48-50]. Bu amaçla sağlık eğitiminde pek çok farklı yöntemler kullanılmakta ve simülasyon eğitimleri güncel gelişmeler arasında yerini almaktadır. Sağlık eğitiminde kullanılan simülatörler ise[51];

1. İleri teknoloji tekniği içermeyen simülasyonlar (low-tech simulations):

- 3 Boyutlu teknoloji ile üretilen organ modelleri
- Temel plastik manken/maketler

- Hayvan modelleri gibi modeller ve insan kadavraları ile simülasyon

2. İleri teknoloji tekniği içeren simülasyonlar (high-tech simulations):

- Görüntüye dayalı simülasyonlar
- Gerçeğe yakın ve gerçekçi, asıl şekline uygunluğu yüksek girişimsel simülatörler
- Gerçeğe yakın ve gerçekçi, üst teknoloji içeren interaktif kullanımlı insan simülatörleri
- Sanal gerçeklik ve dokunmatik sistemler olarak sıralanabilir.

Teknolojinin eğitime entegre olmasıyla eğitim alanında 3B yazıcılar ile spesifik modeller üzerinde yoğunlaşmaktadır. Hemşirelik öğrencilerine yönelik hazırlanan 3B modellerin baskısı anatomi eğitiminde kullanılmaktadır[52]. Kullanılan modeller sayesinde anatomik karmaşıklığın daha iyi anlaşılması ve yorumlanması sağlanmıştır.

Hemşirelerin ve hemşirelik öğrencilerinde modellerin öğrenmeye katkısını araştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada[53]; kardiyoloji hemşireleri için bir eğitim düzenlenmiş ve düzenlenen bu eğitimde hemşirelerin 3B modelleri daha eğitici olarak gördükleri belirlenmiştir. Hemşireler, 3B modelleri ile genel anatomi becerilerini daha çabuk kazandıklarını ve modellerin tedaviden sonra anatomik karmaşıklığı analiz edebilmeye yardımcı olduğunu belirtmiştir. Modeller, öğrenme sürecine olumlu katkı sağlamıştır[53].

Kim, Hansgen ve Carroll (2008) yaptığı çalışmada yapısal kalp hastalığı olan erişkin hastaların bakım ve tedavisinde hızlı prototiplemenin kullanımını incelemiştir. Mevcut invaziv ve non invaziv tekniklerle konjenital ve yapısal kalp hastalıkları hakkında geniş bilgi edinmek fazla zaman gerektirmektedir. Bu çalışmada 3B baskı teknolojisinin bu hastalıkların bakım ve tedavisi hakkında kullanımını amaçlamıştır. Yapılan bu çalışmada 3B baskı teknolojisinin cerrahi işlemlerden tanı ve tedaviye, medikal tedaviden bakıma kadar yaygın ve etkin bir kullanımı olduğu belirtilmiştir[57].

McMenamin ve arkadaşları (2014) yaptığı çalışmasında 3B baskı teknolojinin anatomi öğretiminde kullanımını incelemiştir. Mevcut kadavralar 3 B tarayıcılarla bilgisayar ortamına aktarılarak anatomiye uygun şekilde renklendirilip 3B yazıcı teknolojisi yardımı ile baskıları yapılmıştır. Modelleri inceleyen grup pek çok yönden anatomi eğitiminde kullanılan kadavralara benzer bir eğitim materyali olduğu sonucuna varmıştır[56].

AbouHashem ve arkadaşları (2015) anatomi eğitiminde 3B yazıcıların kullanımı ve eğitime uyumunu araştırmıştır. Yaptığı çalışmada Macquarie Üniversitesi ve Batı Sidney Üniversitesi'nde mevcut anatomi eğitiminde kullanılan kemiklerin yüzey taraması yapılarak 3B teknolojiyi kullandıklarını belirtmiştir. Bu teknoloji sayesinde kadavra ve kemik elde etmede yaşanan zorluklar etik olarak ortadan kaldırılmıştır[26].

Tominaga ve arkadaşları (2016) stomalı hastalarda 3B yazıcıların kullanımını incelemiştir. Bu çalışmada stoma modelleri sadece hastaların kendi stomalarını anlamalarına yardımcı olmak için değil aynı zamanda stomayla ilgili sorunları inceleyen tıbbi personel üyeleri için de kullanılmıştır. Çalışmada öğrencilerin ve stoma bakımı veren sağlık çalışanlarının bakım verici rolünü kolaylaştırdığı belirtilmiştir [27].

Olivieri ve arkadaşları (2016) 3B baskı teknolojisini kullanarak konjenital kalp cerrahisi ameliyatı olmuş hastaların klinik yönetimini sağlayacak simülasyon eğitimini geliştirmeyi amaçlamıştır. Bu amaçla konjenital kalp cerrahisi olan ve pediatrik kardiyak yoğun bakım ünitesinde takip edilen 10 hastanın preoperatif kesitsel kardiyak görüntülerinden 3B baskı modeli geliştirilmiştir. 3B modeli kullanarak postoperatif bakım konusunda bir simülasyon eğitimi oturumu gerçekleştirdi. Simülasyon eğitimine 22 hekim, 38 hemşire ve 10 yardımcı bakım personeli dahil edilmiş olup simülasyondan sonra eğitimin etkinliği incelenmiştir. Yapılan eğitim sonucunda 3B modellerin standart eğitim materyallerinden daha yararlı olduğu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Hemşireler, doktorlara kıyasla 3B eğitim materyallerini daha yararlı bulmuşlar ve yapılan cerrahi işlemi tanıma, klinik yönetimini artırma ve yeteneklerini geliştirme yönünde faydalı buldukları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu çalışma

multidisipliner bir ekip anlayışıyla çalışmayı gerektiren yoğun bakım ünitelerinde hemşireler için klinik yönetimi kolaylaştırıcı bir çalışma olarak sunulabilir[45].

3B baskı teknolojilerin sağlık alanında kullanımının yanı sıra spesifik olarak hemşirelik alanında kullanıldığı çok az çalışma bulunmaktadır[45, 53]. 3B baskı teknolojisinin hemşirelik alanında daha fazla kullanılabilmesi için çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan çalışmalarda eğitim-öğretim materyali olarak 3B yazıcıların katkıları görülmektedir[26, 53-57]. Gelişmekte olan bu teknolojinin her alanda olduğu gibi hemşirelik alanında da yaygınlaştırılması gerekmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gelişen teknolojiyle bilim sürekli değişim ve yenilik içerisindedir. Teknolojik gelişmelerle pek çok alanda farklı çalışmalar ortaya çıkmış ve büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Özellikle insanlığın en çok ihtiyacı olan sağlık alanında teknolojiye önem verilmiş, her türlü uygulama sağlık alanına uyarlanmaya çalışılmıştır. 3B yazıcılar da teknolojinin gözdesi olarak hemen hemen her alandaki çalışmalarda ilgi odağı olmayı başarmıştır. Sağlık alanında pek çok amaçla kullanılan 3B yazıcıların hemşirelik alanında ağırlıklı olarak simülasyon ve eğitim amaçlı kullanıldığı görülmüştür. Sağlık alanında gerçekleştirilen bu yeniliklere ek olarak hemşirelik alanında 3B yazıcıların hem eğitimde hem de klinik uygulamalarda yaygın olarak kullanımının alana fayda sağlayacağı düşünülmüştür. Bu amaçla 3B yazıcıların hemşirelik alanında ilerleme kaydetmesi için daha fazla çalışmalar yapılması ve uygulamalara yansıtılması önerilmektedir.

6. REFERANSLAR

- [1] Aydın L, Küçük S. Üç boyutlu yazıcı-tarayıcı ile hastaya özel medikal ortez tasarımı ve geliştirilmesi. Journal of Polytechnic, 20 (1), 1-8, 2017.
- [2] Chimento J, Jason HM, Crane N. Three-dimensional printed tooling for thermoforming of medical devices. Rapid Pro Journal, 17 (5), 387-392, 2011.
- [3] Malik H, Darwood R, Shaunak S, Kulatilake P, Abdulrahman A, Mulki O, Baskaradas A. Three-dimensional printing in surgery: A review of current surgical applications. J Surg Res, 199(2), 512-522, 2015.
- [4] Vaezi M, Kai C, Meng S. Improving the process of making rapid prototyping models from medical ultrasound images. Rapid Pro Journal, 18 (4), 287-298, 2012.
- [5] Van Koeveering K, Morrison J, Prabhu P, Torres MFL, Mychaliska B, Treadwell C, Green E. Antenatal three-dimensional printing of aberrant facial anatomy. Pediatrics, 136 (5), 1382-85, 2015.
- [6] Olla P. Opening pandora's three-dimensional printed box. Technology and Society Magazine, 34 (3), 74-80, 2015.
- [7] Richard D. The 3D printing revolution. Harvard Business Review, 93 (5), 41-48, 2015.
- [8] Palousek D, Rosicky J, Koutny D, Stoklásek P, Navrat T. Pilot study of the wrist orthosis design process. Rapid Pro Journal, 20 (1), 27-32, 2014.
- [9] Lee J, Cudihy J, Kotov A. Three-dimensional cell culture matrices: State of the art. Tissue Eng Part B Rev, 14 (1), 61-86, 2008.
- [10] Sezer H, Şahin H. Üç boyutlu baskı materyalinin eğitimde kullanımı: Qua vadis?.TED, 15 (46), 5-13, 2016.
- [11] Buclkey T, Gordon C. The effectiveness of high fidelity simulation on medical surgical registered nurses' ability to recognise and respond to clinical emergencies. Nurse Educ Today, 31 (7), 716-721, 2011.
- [12] Krol E, Artzi D. Enhancing aerospace engineering students' learning with three dimensional printing wind-tunnel models. Rapid Pro Journal, 17 (5), 393-402, 2011.
- [13] Cantinoti M, Valverde I, Kutty S. Three-dimensional printed models in congenital heart disease. Int J Cardiovasc Imaging, 33 (1), 137-144, 2017.
- [14] Campbel T, Williams C, Ivanva O, Garrett B. Could three dimensional printing change the world? Technologies, potential and implications of additive manufacturing. Washington. October, 2011.
- [15] Aydın L, Kuçuk S, Kenar H. Design and construction of a 3D bioprinter for bioprinting of tissues and organs. Tip Tekno, 15, 153-157, 2015.

- [16] Demir K, Çaka C, Tugtekin U, Demir K, Islamoğlu H, Kuzu A. 3D yazdırma teknolojilerinin eğitim alanında kullanımı: Türkiye'deki uygulamalar. *Ege Eğitim Dergisi*, 17 (2), 481-503, 2016.
- [17] Fantini M, De Crescenzo F, Persiani F, Benazzi S, Gruppioni G. 3D restitution, restoration and prototyping of a medieval damaged skull. *Rapid Pro Journal*, 14 (5), 318-324, 2008.
- [18] Jirman R, Horák Z, Mazánek J, Reznicek J. Individual replacement of the frontal bone defect: Case report. *Prag Med Rep*, 110, 79-84, 2009.
- [19] Klein T, Lu Y, Wang Y. 3D printing and neurosurgery ready for prime time? *World Neurosurg*, 80 (3-4), 233-5, 2013.
- [20] Ayoub F, Rehab M, O'Neil M, Khambay B, Ju X, Barbnel J, Naudi K. A novel approach for planning orthognathic surgery: The integration of dental casts into 3D printed mandibular models. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 43 (4), 454-9, 2014.
- [21] Lioufas A, Quayle R, Leong C, McMenamin G. Three dimensionanl printed models of cleft palate pathology for surgical education. *Plast Reconstr Surg Glob Open*, 4 (9), 1-6, 2016.
- [22] Emre Ş, Yolcu B, Celayir S. Üç boyutlu yazıcılar ve çocuk cerrahisi. *Çocuk Cerrahi Dergisi*, 29 (3), 77-82, 2015.
- [23] Sugand K, Abrahams P, Khurana A. The anatomy of anatomy: A review for its modernization. *Anat Sci Educ*, 3 (2), 83-93, 2010.
- [24] Murphy S, Atala A. 3D bioprinting of tissues and organs. *Nature Bio*, 32 (8), 773-785, 2010.
- [25] Starosolski A, Kan H, Rosenfeld D, Krishnamurthy R, Annapragada A. Application of 3D printing for creating physical models of pediatric orthopedic disorders. *Pediatr Radiol*, 44, 216-221, 2014.
- [26] Abouhashem Y, Dayal M, Savanah S, Strkal G. The application of 3D printing in anatomy education. *Med Educ Online*, 20, 29847, 2015.
- [27] Tominaga T, Takagi K, Takeshita H, Miyamoto T, Matso A, Shimoda K, Nagayasu T. Usefulness of three-dimensional printing models for patients with stoma construction. *Case Rep Gastroenterol*, 10 (1), 57-62, 2016.
- [28] Faustini C, Neptune R, Crawford R, Stanhope S, Branch D. Selective Laser Sintering of Passive Dynamic Ankle Foot Orthoses. In *Proceedings of the 17th Solid Freeform Fabrication (SFF) Symposium*, the University of Texas. 2006; Austin, 14-16.
- [29] Singare S, Dichen L, Bingheng L, ZHENYU G, Yaxiong L. Customized design and manufacturing of chin implant based on rapid prototyping. *Rapid Pro Journal*, 11 (2), 113-118, 2005.
- [30] Gerrand C. Three dimensional printing: A clinician's experience. *The Bulletin of the Royal College of Surgeons of England*, 96 (7), 230-231, 2014.
- [31] Jirman R, Horak Z, Mazanek J, Reznicek J. Individual replacement of the frontal bone defect: Case report. *Prag Med Rep*, 110, 79-84, 2009.
- [32] Schmaus D, Gerber N, Sodin R. 3D printing of models for surgical planning in patients with primary cardiac tumors. *J Thorac Cardio Surg*, 145, 1407-1408, 2013.
- [33] Spotiswode S, Van Den Hever J, Chang Y, Engelhardt S, Du Plessis S, Nicolls F, Hartzenberg B, Gretschel A. Preoperative three-dimensional model creation of magnetic resonance brain images as a tool to assist neurosurgical planning. *Stereotact Funct Neurosurg*, 91 (3), 162-168, 2013.
- [34] Nikura T, Sugimoto M, Lee Y, Sakai Y, Nishida K, Kuroda R, Kurosaka M. Tactile surgical navigation system for complex acetabular fracture surgery. *Orthopedics*, 37 (4), 237-242, 2014.
- [35] Rankin M, Giovinco A, Cucher J, Watts G, Hurwitz B, Armstrong G. 3D printing surgical instruments: Are we there yet?. *J Surg Res*, 189 (2), 193-7, 2014.
- [36] Lo'pez-Arcas M, Arias J, Del Castillo L, Burgueño M, Navarro I, Morán J, Chamorro M, Martorell V. The fibula osteomyocutaneous flap for mandible reconstruction: A 15-year experience. *J Oral Maxillofac Surg*, 68 (10), 2377-2384, 2010.
- [37] Souzaki R, Kinoshita Y, Leiri S, Hayahida M, Koga Y, Shirabe K, Hara T, Maehaa Y, Hashizume M, Taguchi T. Three-dimensional liver model based on preoperative CT images as a tool to assist in surgical planning for hepatoblastoma in a child. *Pediatric Surgery International*, 31(6), 593-596, 2015.

- [38] Hurson C, Tansey A, O'Donnchadha B, Nicholson P, Rice J, McElwain J. Rapid prototyping in the assessment, classification and preoperative planning of acetabular fractures, *Injury*, 10, 1158-1162, 2007.
- [39] Riesenkauff E, Rietdorf U, Wolf I, Schnackenburg B, Ewert P, Huebler M, Alexi-Meskishvili V, Anderson RH, Engel C, Meinzer HP, Hetzer R, Berger F, Kuehne T. The practical clinical value of three-dimensional models of complex congenitally malformed hearts, *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 138(3), 571-580, 2009.
- [40] 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*, 1(1), 27-35, 2017.
- [41] Çallı L, Taşkın K. 3D yazıcı endüstrisinin oluşturacağı yeni pazarlar ve pazarlama uygulamaları, ICEB Uluslararası Vizyon Üniversitesi, Gostivar, Makedonya, 2015.
- [42] Dai X, Ma C, Lan Q, Xu T. 3D bioprinted glioma stem cells for brain tumor model and applications of drug susceptibility, *Biofabrication*, 8(4), 2016.
- [43] Levine P, Patel A, Sadeh B, Hirch L. Computer aided design and manufacturing in craniomaxillofacial surgery: The new state of the art. *J Craniofac Surg*, 23, 288-293, 2012.
- [44] Akpek A. Triküspit kalp kapakçıklarının 3B biyobaskı metotları ile fabrikasyonu. *Süleyman Demirel Üni Fen Bilimleri Ens Dergisi*, 2017, DOI: 10.19113/sdufbed. 57066-Online Yayınlanma: 27.10. 2017.
- [45] Olivieri J, Su L, Hynes F, Krieger A, Alfares A, Ramakrishan K, Nath S. "Just-in-time" simulation training using 3-d printed cardiac models after congenital cardiac surgery. *World J Ped Cong Heart Surg*, 7 (2), 164-168, 2016.
- [46] Astin F, Carrol L, Ruppert T, Uchmanowicz I, Hinterbühner L, Kletsios E, Ketchel A. 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*, 14 (3), 190-197, 2015.
- [47] Öztunc G. Hemşireliğin Doğası. İçinde: Aşti TA, Karadağ A, Eds. *Hemşirelik Esasları, Hemşirelik Bilim ve Sanatı*, Akademi Yayıncılık, İstanbul. 2012. syf.26.
- [48] Penedo M, Spiri C. Meaning of the systematization of nursing care for nurse managers. *Acta Paulista de Enferm*, 27 (1), 86-92, 2014.
- [49] Goriş S, Bilgi N, Korkut S. Hemşirelik eğitiminde simülasyon kullanımı. *Düzce Üni Sağlık Bilimleri Enst Dergisi*, 4 (2), 25-29, 2014.
- [50] Canter E, Shady E, Berntein D, Hsu T, Chrisant R, Kirklin K, Boucek M. Indications for heart transplantation in pediatric heart disease. *Circulation*, 115 (5), 658-676, 2007.
- [51] Ziv A. Simulators and Simulation Based Medical Education. In: Dent J, Harden M, eds. *A Practical Guide for Medical Teacher*. London: Elsevier Limited, 211-220, 2005.
- [52] Costelo P, Olivieri LJ, Krieger A, Thabit O, Marshal M, Yoo S, Kim P, Jonas R, Nath D. Utilizing three-dimensional printing technology to assess the feasibility of high-fidelity synthetic ventricular septal defect models for simulation in medical education. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*, 5, 421-426, 2014.
- [53] Biglino G, Capelli C, Despina K, Roberthaw D, Leaver K, Schievano S, Taylor A, Wray J. Use of 3D models of congenital heart disease as an education tool for cardiac nurses. *Congenit Heart Dis*, 12, 113-118, 2016.
- [54] Cubinter-Yerli 3D Modelleme Uygulaması. <http://www.erdeminanc.com/cubinter/> Accessed November 18, 2017.
- [55] Mavromnolakis G. 3D Printing Technology in Science and Engineering Education. A Best-Practice: Study, Design and 3D Print an Operational Model of a 2000 Year-Old Computer. *Proceedings of International Conference: Future of Education*, 5th Edition. Floransa, İtalya. 167-172, 2015.
- [56] McMenamin G, Quayle R, McHenry R, Adams W. The production of anatomical teaching resources using 3D printing technology. *Anatomi Sci Educ*, 7 (6), 479-486, 2014.
- [57] Kim S, Hansgen R, Carrol D. Use of rapid prototyping in the care of patients with structural heart disease. *Trends Cardio Medic*, 18 (6), 210-216, 2008.