

Çocuk cerrahisi öğrenci eğitiminde üç boyutlu modellerin kullanılması: Süreç ve ilk izlenimler

Şenol EMRE , Musa Batuhan YOLCU , Sinan CELAYİR 

Istanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Çocuk Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Öz

Amaç: Çocuk cerrahisi öğrenci eğitiminde 3 boyutlu yazıcı ile üretilmiş eğitim modellerinin üretimi ve çocuk cerrahisi stajında kullanımı ile ilgili deneyimlerimizin ve sürecin sunulmasıdır.

Gereç ve Yöntem: Çocuk cerrahisinin ilgi alanına giren 5 ana doğumsal hastalık modeli (anorektal malformasyonlar, özofagus atrezileri, vezikoiüreteral reflü, koledok kistleri, jejunioileal atreziler) 3 boyutlu bilgisayar programı ile tasarlandı. Üç boyutlu yazıcı ile basılan modeller, üretim sonrası düzenleme (post-produksiyon) işlemlerinden geçirildi. Beşinci sınıf tıp fakültesi öğrencilerinin çocuk cerrahisi staj eğitimi sırasında 2018 yılında 3 grupta teorik ve uygulama derslerinde eğitim amaçlı kullanıldı. Bir yarıyıl süresince staj sonu memnuniyet anketleri ile geri bildirim alındı.

Bulgular: Planlanan tüm eğitim modellerinin tasarım ve baskı işlemi sonuçlandırıldı. Modellerin teorik ve uygulamalı derslerde kullanıldığı 3 grupta anket geribildirimlerinde öğrenciler bu yeni eğitim yönteminden memnun olduğunu bildirdi. Olumsuz geribildirim saptanmadı.

Sonuç: Bu çalışma kapsamında, çocuk cerrahisine özgü hastalık modelleri 3 boyutlu yazıcılar ile üretilmiştir. Üç boyutlu modelleme ile yalnızca basılı materyaller ile değil, artırılmış gerçeklik ve bununla zenginleştirilmiş modern eğitim modellerinin kullanılması da olası duruma gelmektedir. Anket geribildirimleri bu modellerin çocuk cerrahisi staj eğitimine olumlu katkı yaptığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Üç boyutlu yazıcı, eğitim modelleri, özofagus atrezisi, koledok kisti, anorektal malformasyon, vezikoiüreteral reflü, intestinal atrezi

Abstract

Use of three dimensional printed models in the training of medical students in pediatric surgery: First impressions

Aim: The aim of this study is to present the process of the manufacturing three-dimensional (3d) printed educational models and our experiences related to using these models in the training of pediatric surgery students.

Material and Methods: Models of five main congenital disease groups related to pediatric surgery (esophageal atresia, anorectal malformations, vesicoureteral reflux, choledochal cysts, jejunioileal atresias) were designed using a 3-dimensional computerized program. The models printed using 3D printers were passed through post-production processes. These models were used for training purposes in students' theoretical and practical curriculum during internship of the fifth grade medical students' in 3 groups in 2018. Feedbacks were obtained with the post-internship surveys throughout one semester.

Results: Design and printing processes of all planned models were achieved. The survey feedbacks showed that the students who were in the groups which these models were used in theoretical and practical lessons reported their satisfaction with these models. There was no negative feedback.

Conclusion: Within the frame of this study models of the diseases specific to pediatric surgery were produced using 3D printers. With use of 3D not only printed materials but also augmented reality and enriched education are becoming possible options. The survey results indicated that these models have positive effects on the "students' education" in pediatric surgery.

Keywords: 3d printer, educational models, esophageal atresia, choledochal cyst, anorectal malformation, vesicoureteric reflux, intestinal atresia

Giriş

Üç boyutlu yazıcılarla üretilen eğitim materyallerinin öğrenci eğitiminde kullanılmasının eğitim başarısı ve

öğrenci memnuniyetine etkisini değerlendirmek üzere planlanan bu ileriye dönük çalışma 5. sınıf çocuk cerrahisi stajı yapan öğrencilere yönelik planlanmıştır.

Alındığı tarih: 05.07.2018

Kabul tarihi: 18.07.2018

Yazışma adresi: Uzm. Dr. Şenol Emre, Kartaltepe Mah. İncirli Cad. Kıbrıs Sok. No:12/8, Bakırköy / İstanbul - Türkiye

e-mail: senolemre@hotmail.com

Yazarların ORCID IDs bilgileri:

Ş.E. 0000-0001-9526-7151

M.B.Y. 0000-0003-3904-8151

S.C. 0000-0002-6737-0570

Ancak çalışmanın 3 boyutlu yazıcılarla eğitim materyallerinin üretimi aşama sürecinde edinilen ilk sonuç ve tecrübelerin bu konuda çalışma yapmak isteyenlere yönelik olarak irdelenmesinin ve kendi içinde ayrıca değerlendirilmesinin yararlı olacağı düşüncesiyle çalışmacılar bu süreci daha detaylı irdelenmiş ve bu ön rapor niteliğindeki çalışma oluşturulmuştur.

GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon biriminin 19.08.2016 tarih ve 57591 sayılı desteği ile gerçekleştirilmiştir.

A - Genel Akış / Flow Chart

A1. Üç boyutlu modelleme / Three-dimensional (3D) modelling

Çocuk cerrahisi alanında seçilen anorektal malformasyon, özofagus atrezisi, vezikotüretal reflü, koledok kisti, jejunoleal atrezi olmak üzere 5 farklı hastalık bilgisayar ortamında Autodesk 3dsMax programı ile iki boyutlu çizimler, radyolojik görüntülemeler ve cerrahi tecrübeye elde edilen veriler ışığında, gerçek anatomik özelliklerine uygun olarak 3 boyutlu olarak modellenir.

A2. Üç boyutlu basım / 3D printing

Elde edilen 3 boyutlu model Autodesk 3dsMax programından 3d basılabilir biçim (printable format) olan STL (STereoLithography) olarak dışarı aktarılır (Export). Bu dosya Autodesk Meshmixer programına içeri aktarılarak (Import) hata düzeltme (Repair) işlemi yapılır.

Düzenlenen STL dosyası 3 boyutlu baskı için kullanılan "Ultimaker 2 Extended +" 3 boyutlu yazıcısının kendi yazılımı olan Ultimaker Cura programına aktarılır (Import) . Modelin boyutları, organik çizim hatları ve pratikte, klinikte, öğrenci eğitiminde kullanımda işlevselliği, boyut ve ağırlık açısından kullanım kolaylığı dikkate alınarak ölçeklendirilip yine düzenlenir. Basım için kullanılacak polilaktik asit (PLA) baskı malzemesi (filament), baskı ağızlığı (nozzle), hız, destek malzemesi miktarı (infill ve support) gibi özellikler, basılacak modele göre ayarlanır. Bu yapı-

lan ayarlamalardan sonra model "G-code" dosya biçiminde kaydedilir. Bu G-code dosyası bellek kartına (SD Card) aktarılır ve bellek kartı 3 boyutlu yazıcıya takılır. Üç boyutlu yazıcının kendi ekranı üzerindeki arayüzü vasıtasıyla sırasıyla baskı (Print), ".gcode uzantılı dosya" adımlarıyla basılacak model seçilmiş olur. Üç boyutlu yazıcının püskürtücü (extruder) ve tablası ısıtılıp baskı başlar.

A3. İnce ayar / Fine-tuning

Modeller genellikle yuvarlak ve oval hatlara sahip olması dolayısıyla basılırken yazıcının kendi yazılımındaki algoritmaya göre belirlenen (G-code dosyası), basımı zor olan model üzerindeki bölümler için destek noktalarına gereksinim duyar. Bu destek yapılarının baskı işleminden sonra temizlenmesi gerekir. Kısaca 3 boyutlu yazıcıda basılan model, temizleme (destek materyalinin modelden ayrıştırılması), zımparalama (Grade P500 su zımparası), renklendirme (astar, akrilik, polyester) gibi aşamalardan geçirilir.

B - Üç Boyutlu Modellerin Üretimi

Autodesk 3dsMax programı ile ilk olarak özofagus atrezisi anomalisinin 5 tipi (Resim 1a) bilgisayar ortamında 3 boyutlu olarak modellendi ve STL dosya biçiminde dışarı aktarıldı (Resim 1b). Modeller Autodesk Meshmixer programına aktarılıp basıma uygun duruma getirmek için ilk basamak olan hata düzeltme (repair) işlemi yapıldı (Resim 1c). Daha sonra bu model Ultimaker Cura yazılımına aktarıldı ve baskı için ölçeklendirme ve baskının kalitesini etkileyen diğer ayarlamalar yapıldı. Dilimleme (Slice) işlemi yapılarak ".gcode" uzantılı 3 boyutlu yazıcıda baskıya hazır duruma gelen dosya kaydedildi (Resim 1d). Elde edilen bu dosya bellek kartına yüklendi ve kart 3 boyutlu yazıcıya takıldı. Üç boyutlu yazıcının arayüz ekranından sırasıyla baskı (Print) komutu ve bellek kartı içerisindeki ".gcode" dosya seçildi. Yazıcı püskürtücü (nozzle) ve baskı tablasını ısıtmaya başladı (PLA için nozzle ~ 200°C, tabla ~ 60°C). Daha sonra baskı başladı ve basım bittiğinde yazıcı otomatik durdu (Resim 2). Model kolay bir şekilde tabladan kaldırıldı. Model basılmış haldedir, ancak üzerinde bazı noktalarında destek için fazlalık materyal vardır (Resim 3a) ve temizlenmesi gerekir. Modeli temizleme işleminde destek dokudan ayrıştırmak için eğe-

seti, drill, pense, eğri karga burun, neşter uçlu maket bıçakları, vb. el aletleri kullanıldı (Resim 3b). Bu işlemden sonra model yalın bir durumda elde edilmiş oldu (Resim 3c). Astar ve boyama sonrası parçalar durumundaki model birleştirildi. Özofagus atrezisi modelleri birden çok parçaya sahip olması dolayısıyla pratikte ve klinikte kullanım zorlukları olmaktadır. Bu sorunu gidermek amacıyla modele özgü teşhir ayaklığı (stand) tasarlanıp 3 boyutlu yazıcı ile üretilme aşamalarından geçirilerek geliştirilmiştir (Resim 3d). Veziköüretal reflü modelinde ise sıvı polyester akrilik boya ile renklendirilerek modele dökülmüş ve reçine durumunda dondurulmuştur. Böylece idrar ile dolu mesane ve toplayıcı sistem görüntüsü elde edilmiştir (Resim 3e).

İlk olarak özofagus atrezisi tipleri (5 adet) teşhir ayakları (5 adet) ile basılıp birleştirilerek üretilmiştir (Resim 4a).

İkinci olarak belirlediğimiz hastalık olan anorektal malformasyon tipleri (5 erkek, 5 kadın) (Resim 4b), özofagus atrezisindeki aynı yöntem ve yazılımlar kullanılarak sıfırdan modellenip 3 boyutlu yazıcıyla üretilmiştir.

Üçüncü, dördüncü ve beşinci hastalık modeli olarak sırasıyla koledok kistleri (5 adet) (Resim 4c), veziköüretal reflü dereceleri (5 adet) (Resim 4d), jejunoleal atrezi tipleri (5 adet) (Resim 4e) ilk iki hastalık

modeli için uygulanan yöntemler aynı şekilde uygulanarak üretimleri gerçekleştirilmiştir.

C - Öğrenci Eğitiminde Kullanım ve Verilerin Elde Edilmesi

C1. Öğrenci eğitiminde uygulama

Üretilen eğitim materyalleri konuyla ilgili ders sırasında öğretim üyeleri tarafından öğrencilere gösterildi. Aynı materyallerle çocuk cerrahisinde pratik uygulamalar dersinde (röntgen filmleri ve tıbbi materyalin tanıtımı ve çocuk cerrahisinde kullanımı içeriklidir) öğrencilerle interaktif olarak yine irdelendi. (Resim 5).

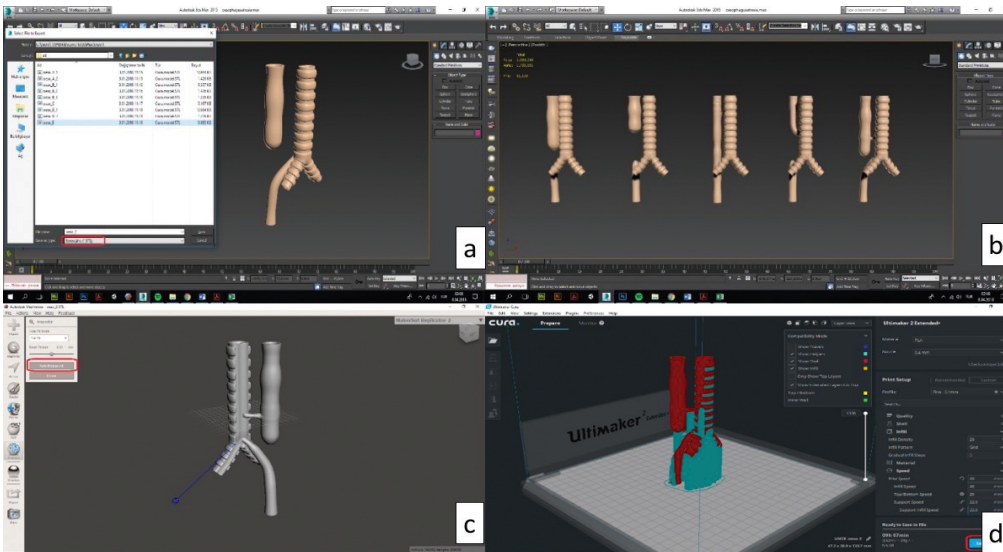
C2. Anket değerlendirmeleri

Üç boyutlu yazıcılarla üretilmiş materyallerin teorik eğitimde ve pratikte uygulamada kullanımı ile ilgili olan beğeni, yergi, öneri ve eleştirileri tıp fakültesi dekanlığınca hazırlanan ve her staj sonrası öğrenciler tarafından yanıtlanan standart anket sonuçları ile değerlendirildi.

BULGULAR

ÜRETİM AŞAMALARI ve SONUÇLARI

1. Üç boyutlu modelleme / 3D modelling



Resim 1a, b, c ve d. Eğitim modellerinin 3DsMax yazılımı ile tasarımı, Mash Mixer ve Ultimaker CURA yazılımı ile baskıya hazırlanması.



Resim 2. Ultimaker 2 Extended + yazıcının hazırlanması.

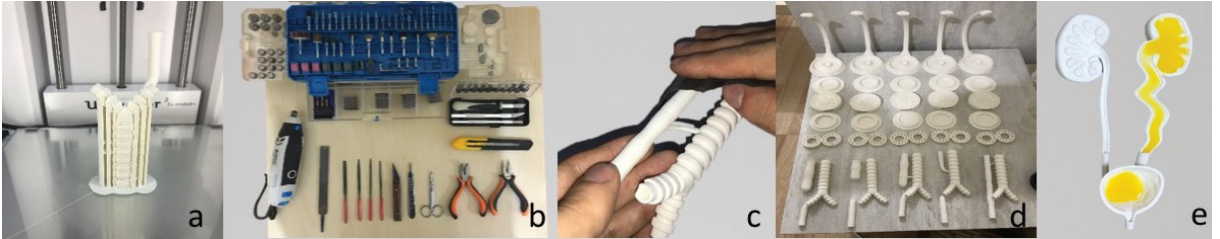
2. Üç boyutlu basım / 3D printing

3. İnce ayar / Fine-tuning

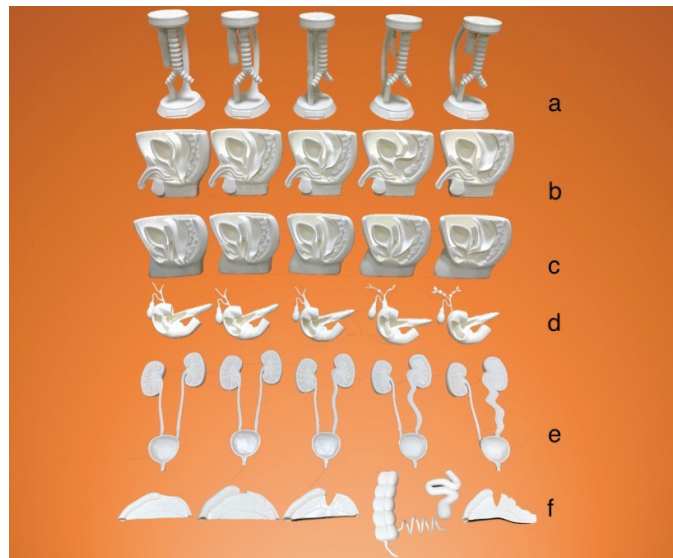
B - Üç Boyutlu Modellerin Üretimi

C1. Öğrenci geri dönüşümleri ve anket değerlendirmeleri

Öğrenciler pratik uygulamalar dersinde 3 boyutlu yazıcı modelleri ile ilgili olarak kendileriyle yapılan görüşmelerde modelde eksik gördükleri ve yapılmasının kendileri açısından daha yararlı ve eğitici olacağı konularda fikirlerini iletiler



Resim 3a, b, c, d ve e. Modellerin üretim sonrası düzeltme işlemleri ve işlemler sırasında kullanılan araçlar.



Resim 4a. Özofagus atrezileri, b) Erkekte anorektal malformasyonlar, c) Kızda anorektal malformasyonlar, d) Koledok kistleri, e) Vezikoureteral reflü dereceleri, f) İntestinal atreziler.



Resim 5. Üç boyutlu yazıcı ile üretilmiş eğitim modellerinin teorik eğitimde interaktif kullanımı.

C2. Çocuk cerrahisi stajı anket sonuçları

Çocuk cerrahisinde 3 boyutlu eğitim modelleri ile teorik ve pratik ve uygulamanın yapıldığı 2017-2018 ders yılı 5 sınıf öğrencilerinden 3 grupta anket sonuçları değerlendirildi. Gruplarda 3 boyutlu yazıcılarla ilgili olarak 17 geri bildirim mevcuttu. Bunlardan tamamı olumlu yönde olup 6 tanesi öneri içermekteydi. Öneriler ve görüşler:

- Model sayısının artırılması (n:4)
- Modellerin renklendirilmesi ve alt kısımlarına etiket ile açıklamalarının yazılması (n:2)
- QR kod ile hazırlanacak ders notlarına link verilmesi (n:1) şeklinde belirtilmişti.

TARTIŞMA

Üç boyutlu eğitim modellerinin medikal amaçlı kullanımı 3 boyutlu yazıcıların teknolojilerin gelişmesi, yaygınlaşması, ucuzlamaları ve sağlık sektörünün ilgi alanına girmesiyle son yıllarda belirgin bir şekilde artış göstermiştir⁽¹⁻⁴⁾.

Bu artış kullanım amaçlarına (doku ve organ üretimi, ortez-protez-implant üretimi, cerrahi planlama ve radyolojik uygulamalar, farmakolojik uygulamalar, cerrahi alet üretimi, eğitim uygulamaları vb..) yönelik değişiklikler gösterse de son 10 yılda bu alt başlık ve genel yapılan akademik metin taramalarında logaritmik artışlar söz konusudur⁽⁵⁻⁸⁾.

Çalışma konusu olan tıp alanında eğitim materyalleri

üretim ve kullanımı ile ilgili de çalışmalar sıklaşmıştır. Ancak çocuk cerrahisi konusunda eğitim materyal üretim ve kullanımı ile ilgili çalışma sayısı çok sınırlıdır⁽⁹⁻¹²⁾.

Çocuk cerrahisi ilgi alanı doğumsal birçok patolojiyi içermektedir. Erişkinlerde rastlanmayan, özellikli ancak sayıca az rastlanan patolojilerin doğal olarak modellemesi konusunda yapılan çalışmalar da çok sınırlıdır. Bu nedenle çalışma kapsamında üretimi planlanarak gerçekleştirilen çocuk cerrahisinin ilgi alanına giren 5 patolojinin 3 boyutlu çizim ve tasarımları beklenenden daha uzun sürmüş, mukayese olasılığı olmadığından tasarımların gerek kalite ve kullanılabilirliği açısından, hangi ağırlık, boyutta yapılmaları konusunda bir anlamda deneme yanılma metoduyla karar verilmiştir. Bu da modellerin üretim sürecini uzatmıştır. Ayrıca öğrencilere yapılan ilk tanıtımlarda, gerek boyut ve gerekse renkli materyal kullanımı ile ilgili gelen yeni öneriler doğrultusunda yeni tasarımlar yapılması gereksinimi de ortaya çıkmıştır.

Ancak süreçte ilk modellerde gözlenen bu yavaşlama edinilen tecrübeler doğrultusunda son modellerin daha hızlı tasarım ve üretimlerine olumlu etki yapmıştır.

Süreçte çalışma planlayıcıları öğrencilerin kendi eğitimleri ile ilgili yeni bir çalışmanın yapılmasına çok olumlu bakarak katkı yapma konusunda çok istekli olduklarını da gözlemlemiş ve bunun sonucu tüm aşamalarda öğrenci katkısı alınmaya çaba gösterilmiştir. Çalışmacılar bunun proje sürecinde önemli bir motivasyon artırıcı etken olduğunu vurgularlar.

Tüm modellerin tamamlanması sonrası kullanıma sokulan bu eğitim materyalleri ile ilgili olarak öğrenci geribildirimlerinde, tasarım aşamasında öğrencilerle yapılan ilk geri bildirimlerle karşılaştırıldığında olumlu yönde çok belirgin bir artış gözlenmesi projenin öğrenci katılımı yapılmasının model kalitesinin artmasına olumlu yönde etki ettiğini de düşündürmektedir.

Çalışmanın 2 farklı ve kontrol gruplu çalışması henüz tamamlanmadığından anketlerde görülen bu olumlu geri bildirimlerin istatistiksel anlamlılığı kanıtlanma-

mıştır. Fakültede benzer eğitim yapan başka klinik bulunmaması ve bu tür eğitimin yararlılığı konusunda bu çalışmaya özgü bir öngörü oluşmasını engellemektedir.

Buna karşın çalışmacılar sürecin kendi dinamiklerinin, projede planlanan ana amaç doğrultusunda yeni çalışma alanları yaratma konusunda beklenilenden fazla yeni düşünce oluşturma konusunda ciddi katkılarının olduğu kanısındadırlar. Bu, özellikle tıp eğitiminde yeni yeni örnekleri görülen arttırılmış gerçeklik ile harmanlanmış eğitim materyalleri (Augmented reality-blended education) konusunda yeni projelerin yapılandırılmasına yol açmıştır⁽¹³⁾.

Ayrıca süreçte, 20. Ulusal Çocuk Cerrahisi Kongresi'nde 3 boyutlu yazıcıların çocuk cerrahisi alanında kullanımı ile ilgili bir panel sunumu yapılmıştır⁽¹⁴⁾.

SONUÇ

Üç boyutlu yazıcı ile çocuk cerrahisine özgü üretilen modelleri üretme sürecinin kendisinin, en az projeden beklenen yararlılık kadar önemli olduğunu düşündüğümüz ek bir katkı yapmıştır. Süreçteki öğrenci katılımları yeni üretim ve araştırma konularında ufuk açıcı ve motive edici bulunmuştur. Bu konuda yapılacak destekleyici ek çalışmalar ile bu yeni eğitim modellerinin daha kapsamlı irdelenmesi gelecekte önem kazanacaktır.

Çıkar çatışması: Bu makalenin yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını bildirirler.

“Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje numarası 57591.”

KAYNAKLAR

- Andolfi C, Plana A, Kania P, Banerjee PP, Small S. Usefulness of three-dimensional modeling in surgical planning, resident training, and patient education. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2017;27(5):512-5. <https://doi.org/10.1089/lap.2016.0421>
- Cramer J, Quigley E, Hutchins T, Shah L. Educational material for 3D visualization of spine procedures: Methods for creation and dissemination. *J Digit Imaging*. 2017;30(3):296-300. <https://doi.org/10.1007/s10278-017-9950-0>
- Garcia J, Yang Z, Mongrain R, Leask RL, Lachapelle K. 3D printing materials and their use in medical education: a review of current technology and trends for the future. *BMJ Simul Technol Enhanc Learn*. 2018;4(1):27-40. <https://doi.org/10.1136/bmjstel-2017-000234>
- Randolph SA. 3D Printing: What are the hazards? *Workplace Health Saf*. 2018;66(3):164. <https://doi.org/10.1177/2165079917750408>
- Doucet G, Ryan S, Bartellas M, Parsons M, Dubrowski A, Renouf T. Modelling and manufacturing of a 3D printed trachea for cricothyroidotomy simulation. *Cureus*. 2017;9(8):e1575. <https://doi.org/10.1017/cem.2017.251>
- Kalejs M, von Segesser LK. Rapid prototyping of compliant human aortic roots for assessment of valved stents. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2009;8(2):182-6. <https://doi.org/10.1510/icvts.2008.194134>
- Khaled SA, Alexander MR, Wildman RD, Wallace MJ, Sharpe S, Yoo J, et al. 3D extrusion printing of high drug loading immediate release paracetamol tablets. *Int J Pharm*. 2018;538(1-2):223-30. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2018.01.024>
- Parotto M, Jansen JQ, AboTaiban A, Ioukhova S, Agzamov A, Cooper R, et al. Evaluation of a low-cost, 3D-printed model for bronchoscopy training. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2017;49(3):189-97. <https://doi.org/10.5603/AIT.a2017.0035>
- Burdall OC, Makin E, Davenport M, Ade-Ajayi N. 3D printing to simulate laparoscopic choledochal surgery. *J Pediatr Surg*. 2016;51(5):828-31. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2016.02.093>
- Hornung A, Kumpf M, Baden W, Tsiflikas I, Hofbeck M, Sieverding L. Realistic 3D-printed tracheobronchial tree model from a 1-year-old girl for pediatric bronchoscopy training. *Respiration*. 2017;93(4):293-5. <https://doi.org/10.1159/000459631>
- Kaye R, Goldstein T, Aronowitz D, Grande DA, Zeltzman D, Smith LP. Ex vivo tracheomalacia model with 3D-printed external tracheal splint. *Laryngoscope*. 2017;127(4):950-5. <https://doi.org/10.1002/lary.26213>
- Souzaki R, Kinoshita Y, Ieiri S, Hayashida M, Koga Y, Shirabe K, et al. Three-dimensional liver model based on preoperative CT images as a tool to assist in surgical planning for hepatoblastoma in a child. *Pediatr Surg Int*. 2015;31(6):593-6. <https://doi.org/10.1007/s00383-015-3709-9>
- Yolcu MB, Emre Ş, Celayir S. Artırılmış gerçekliğin çocuk cerrahisi ve çocuk ürolojisi eğitiminde kullanımı: ilk adımlar. Poster. 9. Ulusal Pediatrik Üroloji Kongresi Adana. 2018.
- Emre Ş. 3D yazıcıların çocuk cerrahisinde kullanımı. Panel. 34. Ulusal Çocuk Cerrahisi Kongresi Kıbrıs. 2016.