

5. Sınıf Öğrencilerine Anlatılan Toraks Anatomisi Dersi Kapsamında 3D Printer ile Basımı Yapılmış Mediasten Modelinin Lenf Nodu İstasyonlarını ve Zonlarını Öğrenmedeki Etkisi

Effect of Mediastinum Model Printed with 3D Printer on Learning Lymph Node Stations and Zones within the Scope of Thoracic Anatomy Course Explained to 5th Grade Students

¹Nevin Aydın, ²Didem Arslantaş, ³Meryem Cansu Şahin, ¹Nilgün Işıksalan Özbülbül, ⁴Mehmet Salih Özcan, ⁴Ceren Fettahlı, ⁴Ömer Furtuna, ⁴Halime Başaran, ⁵Muharrem Bolluk

¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Ana Bilim Dalı, Eskişehir, Türkiye

²Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Ana Bilim Dalı, Eskişehir, Türkiye

³Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kütahya, Türkiye

⁴Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, 2. Sınıf öğrencisi, Eskişehir, Türkiye

⁵Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, 3. Sınıf öğrencisi, Eskişehir, Türkiye

Özet: Çalışmamızda mediasten lenf nodlarının BT incelemelerde doğru anlaşılması ve akılda tutulması özellikle tıp öğrencileri için zor bir süreç olup bu süreci kolaylaştırmak adına 3D yazıcı ile basımı yapılmış mediasten modelini beşinci sınıf öğrencilerinin eğitiminde kullanarak öğrenmedeki etkisini ölçmeyi hedefledik. Bu çalışma ESOGÜ Tıp Fakültesi'nde 15.02.2018-15.05.2019 tarihleri arasında prospektif olarak beşinci sınıf öğrencilerinin Radyoloji stajı içerisinde anlatılan Toraks Anatomisi dersi kapsamında iki döngü halinde yapıldı. Beşinci sınıf öğrencilerine önce teorik ders anlatılıp, IASLC (International Association for the Study of Lung Cancer) lenf nodu haritasına göre 1-14 aralığındaki lenf nodu istasyonları ve zonları kesitsel iki boyutlu görsellerle desteklenerek anlatıldı. Daha sonra dersin pratik saatinin sonunda yazılı onamı alınmış öğrenciler iki gruba ayrıldı, bir gruba lenf nodu istasyonları ve zonları power point ders materyalleriyle anlatıldı. Diğer gruba Ultimaker 3 Extended üç boyutlu (3D) yazıcı ile katman birikimli modelleme yöntemi ile yapılan mediasten modelinden faydalanılarak anlatım yapıldı. Sonuçlar SPSS'de bağımlı örneklem t testi ile analiz edilip sonuçlar tablo haline getirildi. Bağımlı örneklem t testine göre 3D yazıcı ile basımı yapılan mediasten modeli ile anlatılan öğrenci grubu, power point ile anlatılan öğrenci grubuna göre daha fazla soru sayısı ortalamasına sahip olup anlamlı farklılık saptandı (t: 3.07, p:0.05). 3D yazıcı tıp eğitiminde anatomik yapıları göstermede, pratik yaptırma önemli bir yere gelmiştir. Mediastinal lenf nodları gibi zor, kafa karıştıran anatomik lokalizasyonlarda 3D yazıcı ile ders anlatımını desteklemek öğrenciler için olumlu sonuçlar verecektir

Anahtar Kelimeler: pilomatriksoma, selim tümörler, çocuk

Abstract: The aim of this study was to determine the effect of mediastinum lymph nodes on CT examinations and to measure the effect of using 3D printer-mediated mediastinum model in the education of fifth grade students in order to facilitate this process. This study was carried out in two cycles in the scope of Thorax Anatomy, which was described prospectively between the dates of 15.02.2018-15.05.2019 in the 5th grade students of ESOGU Faculty of Medicine. Fifth grade students were informed firstly and the lymph node stations in 1-14 range and their zones were supported by cross-sectional two-dimensional images according to IASLC (International Association for the Study of Lung Cancer) lymph node map. Then, at the end of the practical time of the course, students with written informed consent were divided into two groups; one group was told with lymph node stations and zones with power point course materials. The other group was described by using the Ultimaker 3 Extended three-dimensional (3D) printer and the mediastinum model with layer cumulative modeling method. The results were analyzed with dependent sample t test in SPSS and the results were tabulated. According to the dependent sample t test, the group of students described with the mediastin model printed by 3D printer had a higher mean number of questions than the student group described by power point and a significant difference was found (t: 3.07, p: 0.05). The 3D printer has an important place in demonstrating the anatomical structures and practicing in medical education. In difficult, confusing anatomical localizations such as mediastinal lymph nodes, it will give positive results for the students to support the lecture with the 3D printer.

Keywords: three-dimensional printer; layered modeling; mediastinum; thorax.

ORCID ID of the authors: N.A. 0000-0003-1949-2765 D.A.0000-0002-5263-3710, M.C.Ş. 0000-0002-5743-3734, N.I.Ö. 0000-0002-6122-9584, M.S.Ö. 0000-0002-6122-9584 C.F. 0000-0002-9387-6604 0000-0002-1901-2568, Ö.F. 0000-0002-1901-2568, H.B. 0000-0001-9951-552X, M.B.0000-0002-1561-1336

Received 21.05.2019

Accepted 09.10.2019

Online published 18.06.2020

Correspondence: Nevin AYDIN, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Ana Bilim Dalı, 26480, Eskişehir.
drnevinaydin@gmail.com

Cite this article as:

Aydin N, Arslantaş D, Şahin MC, Işıksalan Özbülbül N, Özcan MS, Fettahlı C, Furtuna O, Başaran H, Bolluk M. Effect of Mediastinum Model Printed with 3D Printer on Learning Lymph Node Stations and Zones within the Scope of Thoracic Anatomy Course Explained to 5th Grade Students. *Osmangazi Journal of Medicine*, 2020; 42(4):428-433 **Doi:** 10.20515/otd.568552

1. Giriş

3D yazıcıların medikal kullanım alanları günümüzde çok çeşitlidir. Bunlardan birisi de tıp eğitimidir. 3D yazıcılar verilerini bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans (MR) datalarından alır. İlk defa Charles Hull 1980'lerin başında 3D yazıcı teknolojisini bulmuş ve sterolithografi şeklinde isimlendirmiştir (1). Yıllar içinde cerrahi branşlarda (2), hastaya spesifik protez hazırlama (3), simülasyon (4), hasta eğitimi (5), tıp fakültelerinde öğrenci eğitimi (6) gibi birçok alanda kullanılmıştır. Komplike anatomik yapıların 3D ile modellenmesi üç boyutlu düşünmeyi kolaylaştırdığından bize göre önemlidir. Toraks radyolojisinde komplike anatomik yapılardan biri de mediastendir. Özellikle mediastendeki lenf nodlarının lokalizasyonunu doğru anlamak akciğer kanser evrelemesinde doğru tanı ve tedaviye yönlendirecektir. Mediastendeki lenf nodları Uluslararası Akciğer Kanseri Çalışma Topluluğu (International Association for the Study of Lung Cancer (IASLC)) tarafından 14 istasyona ve 7 zona ayrılmıştır (7),(8). Bu lenf nodlarının BT incelemelerde doğru anlaşılması ve akılda tutulması özellikle tıp öğrencileri için zor bir süreçtir. Bu süreçte çeşitli basılı ve elektronik kaynaklar kullanılmasına rağmen, öğrencilerin bu anatomik yapıları görsel olarak üç boyutlu uzayda düşünmeleri zorlayıcı olmaktadır.

Üç boyutlu yazıcılar hastaların BT görüntüleri ve bilgisayar destekli modelleme programlarını kullanarak boyut olarak birebir ölçülerde katı modellerin üretimine imkan sağlamaktadır. Üretilen katı modeller in vivo ve in vitro çalışmalarda kullanılmasının yanı sıra yüksek çözünürlükte görsel kalite imkanı sunduğundan eğitim materyali olarak da kullanılabilir.

Çalışmamız bu eğitim sürecini kolaylaştırmak adına 3D yazıcı ile basımı yapılmış mediasten modelini beşinci sınıf öğrencilerinin eğitiminde kullanarak öğrenmedeki etkisini ölçmeyi hedeflemektedir.

2. Gereç ve Yöntem

Bu çalışma ESOGÜ Tıp Fakültesi'nde 15.02.2018-15.05.2019 tarihleri arasında prospektif olarak beşinci sınıf öğrencilerinin Radyoloji stajı içerisinde anlatılan Toraks Anatomisi dersi kapsamında iki döngü halinde yapıldı. Beşinci sınıf öğrencilerine önce teorik ders anlatılıp, IASLC(International Association for the Study of Lung Cancer) lenf nodu haritasına göre 1-14 aralığındaki lenf nodu istasyonları ve zonları kesitsel iki boyutlu görsellerle desteklenerek anlatıldı. Daha sonra dersin pratik saatinin sonunda yazılı onamı alınmış öğrenciler iki gruba ayrıldı, bir gruba lenf nodu istasyonları ve zonları power point ders materyalleriyle anlatıldı, diğer gruba Ultimaker 3 Extended 3D yazıcı ile katman birikimli modelleme yöntemi ile yapılan mediasten modelinden faydalanılarak anlatım yapıldı.

Etik

Çalışmamız için Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alınmış (26.02.2019 tarih ve 25 sayılı) İyi Klinik Uygulamalar Kılavuzu ve Helsinki Bildirgesi ilkeleri uyarınca gerçekleştirilmiştir.

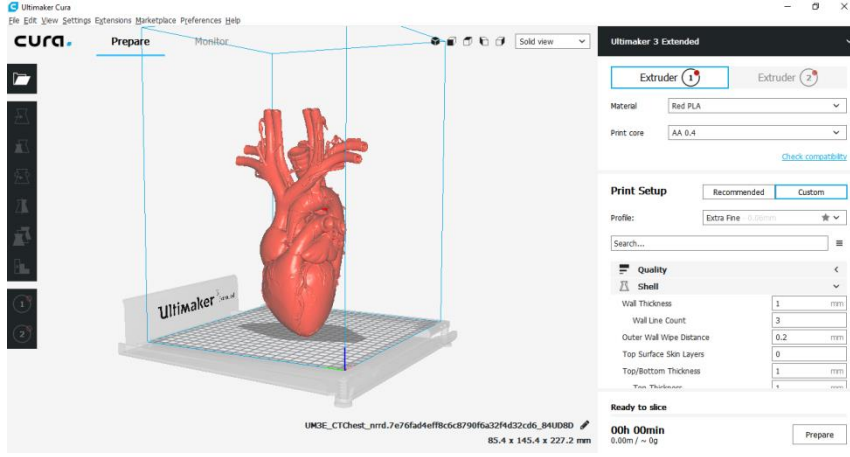
Üç Boyutlu Yazıcı ve Modelleme

Ultimaker 3 Extended 3D yazıcı FDM (fused deposition modeling) teknolojisi ile çalışan çapları 0.25-0.8 mm arasında değişebilen çift nozzle'a sahiptir. Yazdırma alanı 197 x 215 x 300 mm olan yazıcının filament çapı 2.85 mm'dir ve katman çözünürlüğü 20-600 mikron arasında değişmektedir. Ekstruderlerin X ve Y eksenindeki hareketi doğruluğu 12.5 mikron, Z eksenindeki hareketi doğruluğu ise 2.5 mikron'dur. 20-100 °C arasında ısıtılabilen cam düzlem üzerine 30 - 300 mm/s arasındaki hızlarla baskı yapılabilir.

Hastaların BT görüntüleri üzerinden mediasten ve kalp modelleri 3D Slicer (v. 4.10.1) programı kullanılarak bilgisayar ortamında modellendi. 3D Slicer programında oluşturulan STL dosyası mesh oluşturmak ve yazdırma kesitlerini oluşturmak için

Ultimaker Cura (v 3.8.1) programına aktarılmıştır. Bu program üzerinden nozzle ve yatak sıcaklığı, hız, rezolüsyon gibi yazdırma

parametreleri belirlenmiştir (Şekil 1). PLA filamenti için uygulanan yazdırma parametreleri tabloda gösterilmiştir (Tablo 1).



Şekil 1. Ultimaker Cura programında kalp modelinin basım parametrelerinin hazırlanması.

Tablo 1. PLA filamenti için uygulanan yazdırma parametreleri

Nozzle Çapı	0.4 mm
Nozzle Sıcaklığı	200 °C
Build Plate Sıcaklığı	60 °C
Build Plate Yüksekliği	Active Leveling
Doluluk Oranı	%70

Mediasten, kalp ve sternum modelleri Ultimaker Cura programında oluşturulan gcode dosyaları kullanılarak Ultimaker 3 Extended 3D yazıcısında üretildi (Şekil 2).



Şekil 2. Ultimaker 3 Extended 3D yazıcısında üretilen mediasten modelleri.

İstatistiksel analiz

Mediastinal lenf nodlarından 11-14. lenf nodlarının sınırları mediasten modeli dahilinde tam olarak gösterilemediğinden bu lenf nodları çalışma dışı bırakıldı. Beşinci sınıf öğrencilerine proje öğrencileri tarafından yaklaşık 15 soruluk çoktan seçmeli lenf nodu istasyonları ve zonları ile ilgili 15 dakikalık sınav uygulandı. Bu çalışma protokolü iki kere beşinci sınıf staj döngüsüne uygulanıp iki boyutlu ve 3 boyutlu görseller kullanılan öğrenciler gruplandırıldı. Her grubun sınav başarısı değerlendirilip iki grup birbiri ile kıyaslandı. Toplamda altmış 5. sınıf staj öğrencisi sayısına ulaşıldığında çalışma sonlandırıldı. Sürekli değişkenler ortalama±standart sapma (SS) şeklinde gösterildi ve bağımlı örneklem t testi

Tablo 2. 3D yazıcı grubu ve 2D grubu arasındaki bağımlı örneklem t testine göre farkı gösteren tablo.

Denemeler	n	Ortalama ± SS	İstatistiksel Analiz Sonucu
3D yazıcı	30	11.23±2.51	t=3.07 sd=29 p=0.05
Power point (2D)		8.63±3.28	

4. Tartışma ve Sonuç

Sterolitografi sistemi .stl formatı kullanarak bilgisayar bazlı dizayn edilmiş dosyaları 3D yazıcılar'a elektronik olarak iletir (9). 3D yazıcı teknolojisi imalat sanayide prototip üretimi için yıllardan beri kullanılmaktadır (1). Çok sayıda .stl dosyaları ticari amaç için elde edilebilir (1). Bizde çalışmamızda internette bulunan hazır .stl dosyası kullandık. Bunun yardımı ile en uygun mediasten modeli elde ettik. 3D yazıcılar tıp alanına 2000'li yılların başında girmiş olup ilk diş implantları, protezler ile başladı (9), (10). 3D yazıcı teknolojisinin tıpta geldiği son nokta hasta tedavi planlanması, hasta eğitimi, cerrahi alet, protez, tıp eğitimi başlıkları altında toplanabilir (11). Tıp eğitiminde 3D anatomik modeller kadavra diseksiyonuna yardımcı olmak amaçlı kullanılmaya başlamıştır (12). Lim ve ark eksternal kardiak anatomide 3D

uygulanıldı. İstatistiksel analizler IBM SPSS 20.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) kullanılarak değerlendirildi. P değeri ≤ 0.05 anlamlı kabul edildi.

3. Bulgular ve Analizler

5. sınıf öğrencilerinin 15 soruluk çoktan seçmeli lenf nodu istasyonlarına yönelik yapılan testleri proje öğrencileri tarafından cevap anahtarı baz alınarak değerlendirilip, sonuçlandırıldı. Sonuçlar SPSS'de bağımlı örneklem t testi ile analiz edilip sonuçlar tablo haline getirildi(Tablo 2). Bağımlı örneklem t testine göre 3D yazıcılar ile basımı yapılan mediasten modeli ile anlatılan öğrenci grubu, power point ile anlatılan öğrenci grubuna göre daha fazla soru sayısı ortalamasına sahip olup anlamlı farklılık saptandı (t: 3.07, p:0.05).

yazıcıları ve kadavra kalbini öğrenciler üzerinde denemişler ve test sonucu 3D yazıcılarla öğretilen öğrenciler testte daha başarılı olmuştur (13). Ayrıca 3D yazıcılar ile elde edilmiş anatomik modelleri asistanlar, tıp öğrencileri için sanal cerrahi planlamada, cerrahi simülasyonda vb. alanlarda kullanılmaktadır (14), (15). Biz çalışmamızda 3D yazıcıları tıp öğrencilerinin eğitiminde kullandık. IASLC mediastinal lenf nodlarını 14 istasyona ve 7 zona ayırmıştır (16), (17). Beşinci sınıf öğrencilerinin pratik saatinde mediastinal lenf nodu istasyonlarından 1-10'a kadar olan lenf nodları bir gruba 3D model ile anlatılmış olup, diğer gruba power point sunumuyla anlatıldı. 1. Lenf nodu istasyonu supraklaviküler zon olarak adlandırılan alt servikal, supraklaviküler, sternal çentik lenf nodları olup alt sınır manibriumun superior marjini ve klavikula, üst sınırı krikoid kartilajın alt sınırıdır. Çalışmada 3D model ile anlatılan gruba krikoid kartilaj mediasten içerisinde olmamasından dolayı her iki gruba da krikoid kartilaj power pointten gösterilmiştir. 2. Lenf nodu istasyonu üst paratrakeal lenf nodu olarak da adlandırılmakta olup trakeanın sol lateral duvarı ile 2R (right) ve 2L (left) olarak ayrılır. 2. Lenf nodu istasyonunun üst sınırı manibriumun üst sınırı, her iki akciğer apeksleri ve lateralde plevral boşluk olup 2R'nin alt sınırı ise sol brakiosefalik venin kaudal marjininin trakea ile kesiştiği sınırdır. 2L'nin alt sınırı ise aortik arkusun superior

sınırdır. 3A lenf nodu istasyonun (prevasküler lenf nodu) üst sınırı akciğer apeksleri, alt sınırı karina seviyesidir. 3P lenf nodu istasyonu (retrotrakeal lenf nodu, prevertebral lenf nodu) trakea posteriorunda izlenir. Üst sınırı akciğer apeksleri, alt sınırı karinadır. 4R (sağ alt paratrakeal lenf nodu) lenf nodu istasyonunun üst sınırı sol brakiosefalik venin kaudal marjininin trakea ile kesiştiği nokta olup alt sınırı azigos veninin alt sınırıdır. 4L (sol alt paratrakeal lenf nodu) lenf nodu istasyonunun üst sınırı aortik arkusun superior kısmı, alt sınırı sol ana pulmoner arterin üst sınırıdır. 4L ile 5. Lenf nodu istasyonunu ayıran ligamentum arteriosumdur. 5. Lenf nodu istasyonu (subaortik lenf nodu istasyonu, aortapulmoner pencere seviyesi) ligamentum arteriosumun lateralidir. 5. Lenf nodu istasyonunun üst sınırı aortik arkusun alt sınırı, alt sınırı ise sol ana pulmoner arterin üst sınırıdır. 6. Lenf nodu istasyonu(paraaortik lenf nodu) aortik arkusun anterior ve lateral kesimi olup üst sınırı aortik arkusun anteriorundan geçen hayali teğet halindeki çizgi, alt sınırı aortik arkusun alt sınırıdır. 7. Lenf nodu istasyonunun (subkarinal lenf nodu, subkarinal zon) üst sınırı karina, alt sınırı solda alt lob bronşunun üst sınırı, sağda bronkus intermediusun üst sınırıdır. 8. Lenf nodu istasyonu (paraözofajial lenf nodu) özofagus çevresindeki lenf nodlarıdır, üst sınırı 7. Lenf nodu istasyonunun alt sınırı ile aynı olup solda alt lob bronşunun üst sınırı, sağda bronkus intermediusun üst sınırıdır. 8. Lenf nodu istasyonunun alt sınırı ise diyaframdır. 9. Lenf nodu istasyonunun (pulmoner ligament lenf nodları) üst sınırı alt pulmoner venler, alt sınırı diyaframdır. 10. Lenf nodu istasyonu (hiler lenf nodları) ana bronşlar ve hiler vasküler yapılar çevresindeki lenf nodlarıdır. 10. Lenf nodu istasyonunun üst sınırı sağda azigos veninin alt rimi, solda sol pulmoner arterin üst sınırıdır. 10. Lenf nodu istasyonunun alt sınırı interlobar alandır (16), (17).

Mediastinal lenf nodlarını doğru bilmek akciğer kanseri evrelemesi için önemlidir. Güncel olarak akciğer kanseri sınıflamasında

TNM 8 kullanılmakta olup mediastendeki patolojik lenf nodları PET-BT ile değerlendirilse de N1, N2, N3' e karar verebilmek amacıyla lenf nodlarının anatomik lokalizasyonuna hakim olunmalıdır (18). Bu nedenle lenf nodlarının sınırlarını bilmek tanı ve tedaviyi yönlendirecektir. 3D yazıcıların mediastinal lenf nodları gibi zor anatomik yapıların öğrenme pratiğine katkısını değerlendirmek amacıyla yaptığımız çalışmamızda 3D yazıcılarla basılan mediasten modelinin kullanıldığı öğrenci grubu, power point ile anlatılan öğrenci grubuna göre daha başarılı olmuştur. Bunu 3 boyutlu düşünmeye, ders esnasında rutin ders anlatım tekniklerinden farklı olarak 3D görselin öğrencilerin dikkatini çekmesine ve ellerinde ders esnasında inceleyebilecekleri ders materyallerinin olmasına bağlayabiliriz.

3D yazıcılar tıp ve mühendislik araştırmalarında gün geçtikçe önemli bir yer almaktadır. 3D baskılama sayesinde gerekli şekillerde modellenebilen ve anatomiye uygun tasarlanabilen prototipler zaman ve maliyet açısından önemli avantaj sağlamaktadır. Tıp Fakülteleri'nde teorik eğitimin yanı sıra uygulamalı öğrenme metodları da gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Stanford üniversitesi gibi önde gelen bir çok üniversite, gelişen teknoloji sayesinde kadavra ya da radyolojik görüntülerin yanı sıra sanal gerçeklik (VR), 3D hologram ve 3D baskılama yöntemlerini eğitim yöntemi olarak kullanmaktadır. Bunun yanı sıra bu üniversiteler gelişen teknolojiyi klinik ve cerrahi branşlarına entegre ederek hasta tedavilerinde de bu yöntemleri aktif olarak kullanmaktadır. Gelişen teknoloji sayesinde mediastinal lenf nodları gibi zor, kafa karıştıran anatomik lokalizasyonlarda 3D yazıcılar ile ders anlatımını desteklemek öğrenciler için olumlu sonuçlar vereceğini düşünmekteyiz. 3D modellerin eğitim üzerindeki katkısını inceleyen çalışmalar sayesinde yakın gelecekte Tıp Fakülteleri'nde Similasyon ve Sanal Gerçeklik Laboratuvarları kurularak efektif eğitim modelleri oluşturulacağını öngörmekteyiz.

KAYNAKLAR

1. Schubert C, van Langeveld MC, Donoso LA. Innovations In 3D Printing: A 3D Overview From Optics To Organs. *Br J Ophthalmol*. 2014;98:159-61.
2. Esses SJ, Berman P, Bloom AI, Sosna J. Clinical Applications of Physical 3D Models Derived From MDCT Data and Created by Rapid Prototyping. *American Journal of Roentgenology*. 2011;196:W683-W688.
3. Tam et al. 3D Printing of an Aortic Aneurysm to Facilitate Decision Making and Device Selection for Endovascular Aneurysm Repair in Complex Neck. *Anatomy J Endovasc Ther*. 2013;20:863-7
4. Waran V, Narayanan V, Karuppiyah R, Owen SLF, Aziz T. Injecting realism in surgical training-initial simulation experience with custom 3D models. *J Surg Educ*. 2014 ;71:193-7.
5. Rengier et al. 3D printing based on imaging data: review of medical applications. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2010;5:335-41.
6. Estevez et al. A novel three-dimensional tool for teaching human neuroanatomy. *Anat Sci Educ*. 2010;3:309-17.
7. Rusch VW, Asamura H, Watanabe H et al The IASLC lung cancer staging project: a proposal for a new international lymph node map in the forthcoming seventh edition of the TNM classification for lung cancer. *J Thorac Oncol*. 2009 ;4:568-77.
8. Suwatanapongched T CT of thoracic lymph nodes. Part I: anatomy and drainage. *Br J Radiol*. 2006 ;79:922.
9. Gross BC, Erkal JL, Lockwood SY, Chen C, Spence DM. Evaluation of 3D printing and its potential impact on biotechnology and the chemical sciences. *Anal Chem*. 2014;86:3240-53.
10. Cui X, Boland T, D'Lima DD, Lotz MK. Thermal inkjet printing in tissue engineering and regenerative medicine. *Recent Pat Drug Deliv Formul*. 2012 Aug;6(2):149-55.
11. Ballard DH, Trace AP, Sayed A, Hodgdon T, Zygmunt EM, DeBenedictis CM, Smith SE, Richardson ML, Patel MJ, Decker SJ, Lenchik L. Clinical Applications of 3D Printing. *Academic Radiology*. 2018 Jan; Volume 25, Issue 1, Pages 52–65.
12. Trace AP, Ortiz D, Deal A, Retrouvey M, Elzie C, Goodmurphy C, Morey J, Hawkins CM. Radiology's Emerging Role in 3-D Printing Applications in Health Care. *J Am Coll Radiol*. 2016;13:856-62.e4.
13. Kah Heng Alexander Lim Zhou Yaw Loo Stephen J. Goldie Justin W. Adams Paul G. McMenamin. Use of 3D printed models in medical education: A randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. *Anatomical Sciences Education*. 2015; Volume 9, Issue 3 Frank AC, Rybicki J. Maintaining safety and efficacy for 3D printing in medicine. *3D Printing in Medicine*. 2017; 3:1.
14. Yoo SJ, Spray T, Austin EH, Yun TJ, van Arsdell GS. Hands-on surgical training of congenital heart surgery using 3-dimensional print models. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2017;153:1530-40.
15. Rusch VW, Asamura H, Watanabe H, Giroux DJ, Rami-Porta R, Goldstraw P; Members of IASLC Staging Committee. The IASLC lung cancer staging project: a proposal for a new international lymph node map in the forthcoming seventh edition of the TNM classification for lung cancer. *J Thorac Oncol*. 2009;4:568-77.
16. Suwatanapongched T, Gierada DS. CT of thoracic lymph nodes. Part II: diseases and pitfalls. *Br J Radiol*. 2006;79:999-1000. Epub 2006 Apr 26.
17. Asha Kandathil, Fernando U. Kay, Yasmmeen M. Butt, Jason W. Wachsmann, Rathan M. Subramaniam. Role of FDG PET/CT in the Eighth Edition of TNM Staging of Non-Small Cell Lung Cancer. *RadioGraphics*. Nov 13 2018.