





Araştırma Makalesi | Research Article

YAPAY TEMPORAL KEMİK İLE DİSEKSİYON VE SANAL GERÇEKLIK CERRAHI ANATOMİ EĞİTİMİ UYGULAMALARININ YARARLILIĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ

UTILITY ANALYSES OF ARTIFICIAL TEMPORAL BONE DISSECTION AND VIRTUAL REALITY SURGICAL ANATOMY TRAINING APPLICATIONS

  Murat Öztürk^{1*},  Bülent Topuz²,  Serkan Aytaç Kılıç³

¹Kocaeli Üniversitesi, Tıp Fakültesi, KBB Ana Bilim Dalı, Kocaeli, Türkiye. ²Pamukkale Üniversitesi, Tıp Fakültesi, KBB Ana Bilim Dalı, Denizli, Türkiye. ³İskenderun Devlet Hastanesi, KBB, Hatay, Türkiye.



Öz

Amaç: Bu çalışmanın amacı yapay temporal kemik modelinde diseksiyon ile sanal gerçeklik cerrahi anatomi eğitimin yararlılığının araştırılmasıdır.

Yöntem: Yapay temporal kemik ile diseksiyon gerçekleştiren ve sanal gerçeklik ile cerrahi anatomi eğitimine katılan uzmanlık öğrencilerinden anket ile geribildirim alındı ve uygulamaların yararlılığı değerlendirildi.

Bulgular: Yapay kemik ile diseksiyon %90,7 faydalı ve çok faydalı, %87,5 gerçek anatomiye uygun, %78,1 gerçek kemiğe benziyor ve çok benziyor bulundu. Faydası az ya da faydasız değerlendiren olmadı. Sanal gerçeklik eğitimi ise %87,5 faydalı ve çok faydalı olarak bulundu.

Sonuç: Her iki yöntemde yüksek oranda faydalı olarak değerlendirilmiştir. Olası ekonomik, lojistik, etik avantajları, tekrarlanabilir ve kolay ulaşabilir olmaları nedenleri ile klasik eğitim ile kombine olarak kullanılmaları faydalı görünmektedir.

Anahtar Kelimeler: Temporal kemik, yapay kemik, mastoidektomi, sanal gerçeklik

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study is to analyze the utility of artificial temporal bone dissection and virtual reality surgical anatomy training applications.

Method: The utility of the applications was analyzed by the feedback survey of the residents who participate the artificial temporal bone dissection and virtual reality surgical anatomy training courses.

Results: The artificial bone dissection was considered 90.7% beneficial or very beneficial, 87.5% similar to real anatomy, 78.1% similar or very similar to real bone. No one considered it little beneficial or useless. The virtual reality training was considered 87.5% beneficial or very beneficial.

Conclusion: Both methods were considered highly useful. When combined with standard training, they seem to be beneficial due to their repetitive and easily available nature, as well as potential economic, logistical, and ethical advantages.

Keywords: Temporal bone, artificial bone, mastoidectomy, virtual reality

* İletişim kurulacak yazar/Corresponding author: Murat Öztürk; Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi, KBB Ana Bilim Dalı, 41001, Umuttepe, İzmit, Kocaeli, Türkiye.

Telefon/Phone: +90 (262) 303 75 00, e-mail/e-posta: muratozturk@kocaeli.edu.tr

Başvuru/Submitted: 20.01.2025

Kabul/Accepted: 03.02.2025

Online Yayın/Published Online: 28.02.2025

Giriş

Temporal kemiğin birçok hastalığının cerrahi tedavisinde mastoidektomi ilk ve önemli aşamayı oluşturmaktadır. Kulak cerrahilerinin bu temel basamağı iyi bir anatomik bilgi ve el becerisini gerektirmektedir. Bu cerrahiye yeni başlayanların gerek mikroskop gerekse tur kullanma yeteneklerini geliştirebilmek için öncelikle kadavra üzerinde mastoidektomi gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Fakat kadvraya ulaşmakta yaşanan teknik, ekonomik ve lojistik problemler, etik kaygılar ve olası enfeksiyöz ajanların bulaşı gibi çekinceler, yeterli sayılarda kadavra diseksiyonu yapılmasını güçleştirmektedir. Cerrahi anatomi ve tekniklerin iyi bilinmesi de çok önemlidir, fakat bölgenin anatomisinin görece karışık ve küçük olması, önemli yapıları içermesi, modellerle göstermekteki güçlükler, bu eğitimi zorlaştırabilmektedir. Genel olarak Kulak Burun Boğaz Hastalıkları eğitiminde, kendine has zorluklar içeren kulak cerrahilerinin öğrenilmesinin yeni ve farklı eğitim yöntemleri ile desteklenmesi yararlı olacaktır.

Gelişen ve yaygınlaşan teknolojilerle birlikte 3D yazıcılarla uygun materyaller kullanılarak yapılan yapay temporal kemik modelleri ile diseksiyon ekonomik ve pratik bir şekilde kadavra temini sorununun aşılmasına yardımcı olmaktadır.¹ Böylelikle gerek temporal kemik anatomisine üç boyutlu olarak hâkim olma becerisi gerekse mikroskop ve tur kullanma becerileri geliştirilebilmektedir.

Bu çalışma ile, yerli olarak üretilen ve Türkiye’de yaşayan insanların tomografileri referans alınarak geliştirilen yapay temporal kemik modelinde Kulak Burun Boğaz Hastalıkları uzmanlık öğrencileri tarafından uygulanan cerrahi diseksiyonun ve sanal gerçeklik ile cerrahi anatomi eğitiminin verimliliğinin ve yararlılığının araştırılması hedeflenmiştir.

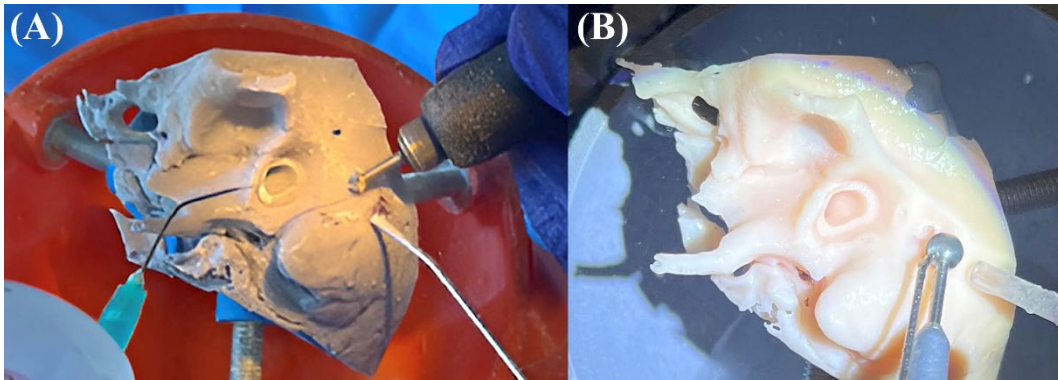
Yöntem

Bu pilot çalışma için 45. Türk Ulusal Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi Kongresi (2024, Girne, Kıbrıs) esnasında Türk Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi Derneği tarafından ücretsiz olarak düzenlenen yapay temporal kemik ile diseksiyon ve sanal gerçeklik ile

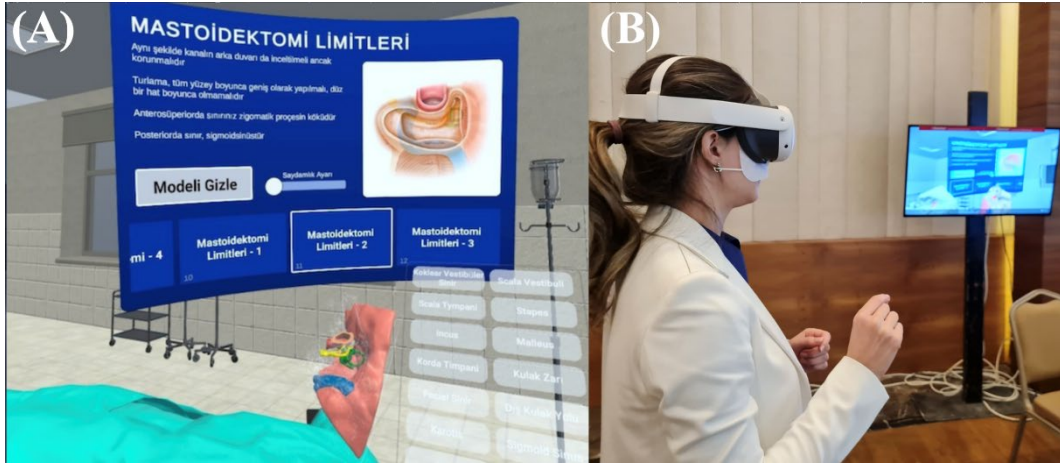
cerrahi anatomi eğitimi kursları değerlendirmeye alındı. Farklı asistanlık kıdem yılında olan ve daha önce mastoidektomi yapmış ya da yapmamış asistanlardan oluşan ve Türkiye’nin farklı şehirlerindeki eğitim kurumlarında çalışan 50 kişilik kursiyerlere kurs sonrasında online anket düzenlendi. Tüm katılımcıların gönüllülük esası ile 10 soruluk ankete katılması rica edildi, katılmak istemeyen veya anketi doldurmamayanlar çalışma dışı bırakıldı. Bu geribildirim anketi ile katılımcıların detaylı olarak 5 yıllık uzmanlık eğitiminin hangi kıdem yılında yer aldıkları, daha önce temporal kemik diseksiyon kursuna katılıp katılmadıkları, daha önce mastoidektomi gerçekleştirip gerçekleştirmedikleri ortaya konuldu, yapay temporal kemik modelini anatomiye uygunluk ve gerçek kemik hissi verme oranı, genel olarak diseksiyon ve sanal gerçeklik deneyim ve yararlılıklarını değerlendirmeleri istendi. Değerlendirme soruları genel olarak 5 seçeneekli giderek artan ya da azalan sayısal olarak ilişkilendirilmiş cevaplar ile değerlendirildi. Ankete katılanların cevaplarının ortalamaları alınarak farklı kategorilerde yapay modelin yararlılığı ve verimliliği araştırıldı. Benzeri kursların etkinliğinin artırılması için varsa katılımcıların önerileri ayrıca ortaya konuldu.

Bu kurs için Piri Teknoloji® (Çanakkale, Türkiye) tarafından üretilen S001 modeli yapay temporal kemik (Resim 1) ve Sanal Gerçeklik sistemi (Resim 2) kullanıldı. Modeller Blender (The Blender Foundation, Hollanda), Sanal Gerçeklik ise Unity (Unity Software, Danimarka) yazılımı kullanılarak yaratılmıştır. Teknik çizimler için Fusion 360 (Autodesk, San Francisco, Amerika Birleşik Devletleri) yazılımı, anatomik nesnelerin üzerine detaylı dokular eklemek için Substance Painter (Adobe, San Jose, Amerika Birleşik Devletleri) kullanılmıştır. Tüm katılımcılara operasyon mikroskobu, cerrahi tur ve aspirasyon sistemi kurularak temporal kemik diseksiyonu yapma imkânı sağlandı. Kurs esnasında katılımcılara tecrübeli eğitimciler eşlik etti.

Sanal Gerçeklik kursu için ise kursiyerlere öncesinde kısa bir adaptasyon eğitimi verildi, sanal maketlerin tutulması, yönünün değiştirilmesi ve menüler arasında dolaşabilmeleri sağlandı. Deneyim esnasında sürekli olarak teknik destek verildi, kursiyerin gördükleri ve hareketleri monitöre yansıtılarak eğitmen ve teknik ekip tarafından görülebilmesi de sağlandı.



Resim 1. Yapay temporal kemik diseksiyon modeli: A ve B



Resim 2. Sanal gerçeklik ile cerrahi anatomi eğitimi: A. Sanal gerçeklik model ve eğitim menüsü görünümü, B. Uygulamanın dışarıdan görünümü.

Çalışma için Yerel Etik Kurul'dan KOU-GOKAEK-2024/498 numarası ile etik kurul onayı alındı. Dataların toplanması ve değerlendirilmesi için Google Forms (CA, ABD), Microsoft Excel (Washington, ABD) ve Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi (SPSS) (Chicago, ABD) kullanıldı.

Bulgular

Kursa katılım gösteren 50 kişi içerisinde 44 katılımcının, uygun şekilde anket ile geribildirimleri ve değerlendirmeleri çalışmamıza dahil edildi. Çalışmaya katılanların uzmanlık eğitimindeki kıdem yılları değerlendirildiğinde; katılımcıların 9'u (%20,5) 5.yıl, 7'si (%15,9) 4.yıl, 20'si (%45,5) 3.yıl, 8'i (%18,2) 2.yıl kıdeminde idi. On iki (%27,3) kişi daha önce temporal kemik diseksiyon kursuna katılmışken, 32 (%72,7) kişi daha önce herhangi bir diseksiyon kursuna katılmamıştı. Yirmi bir (%47,7) kişi daha önce mastoidektomi gerçekleştirmiş iken, 23 (%52,3) kişi daha önce hiç mastoidektomi gerçekleştirmemiş idi.

Yapay temporal kemik ile diseksiyon (Grafik 1) ve Sanal gerçeklik ile cerrahi anatomi eğitimi (Grafik 2) etkinlik ve yararlılığı değerlendirildiğinde ise;

Yapay temporal kemik ile yaşanan deneyim %68,8 çok faydalı, %21,9 faydalı, %9,4 orta olarak değerlendirdi, faydası az ya da faydasız olarak değerlendiren olmadı.

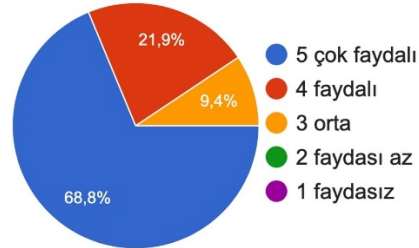
Yapay kemiğin gerçek anatomiye uygunluğu %87,5 uygun, %12,5 kısmen uygun olarak değerlendirildi, uygun değildi olarak değerlendiren olmadı.

Ne kadar gerçek kemik hissi verdiği değerlendirildiğinde %40,6 çok benziyor, %37,5 benziyor, %21,9 orta olarak değerlendirdikleri gözlemlendi, az benziyor ya da hiç benzemiyor olarak değerlendiren olmadı. Daha önce mastoidektomi yapan 22 (%50,0) katılımcının yanıtları ayrıca değerlendirildiğinde; %31,8 çok benziyor, %63,6 benziyor, %4,6 orta olarak değerlendirdikleri gözlemlendi, az benziyor ya da hiç benzemiyor olarak değerlendiren olmadı.

Katılımcıların tamamı (%100) "yapay temporal kemik ile diseksiyonu çalışma arkadaşlarınıza önerir misiniz" sorusuna evet yanıtını verdi.

Sanal gerçeklik ile eğitim %53,1 çok faydalı, %34,4 faydalı, %6,2 orta, %6,2 faydası az olarak değerlendirildi, faydasız olarak değerlendiren olmadı (Grafik 2).

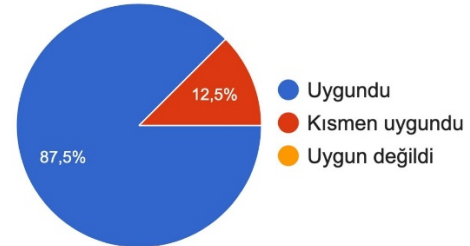
A. Yapay kemik ile temporal kemik diseksiyon deneyiminize 5 ile 1 arası bir not veriniz.



B. Yapay kemiğin turlama esnasında ne kadar gerçek kemik hissi verdiğini 5 ile 1 arasında değerlendiriniz.

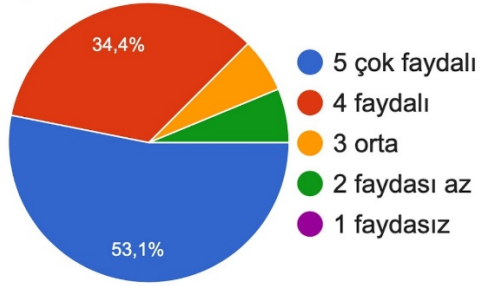


C. Yapay kemiği gerçek anatomiye uygunluk bakımından nasıl buldunuz?



Grafik 1. Yapay temporal kemik ile diseksiyonun değerlendirilmesi ve elde edilen sonuçlar: A. Deneyim ve faydalılık, B. Gerçek kemik hissi, C. Anatomiye uygunluk.

Sanal Gerçeklik Deneyiminize Faydalılık açısından 5 ile 1 arası bir not veriniz.



Grafik 2. Sanal gerçeklik ile deneyim faydalılık sonuçları.

Benzeri kursların daha faydalı olması için katılımcıların önerileri ise; diseksiyon için ayrılan sürenin uzatılması, eğitimci sayısının artırılması ve böylece diğer kursiyer ile ilgilenirken beklemek zorunda kalınmaması, çalışma ortamının geliştirilmesi, mikroskop ve tur kalitesi daha da iyi olabilir, farklı boyutta modellerin geliştirilmesi, anatomik yapıların renklendirilmesi, föy veya videolarla desteklenmesi, benzer kursların tekrarı ve artırılması ile tüm asistanların ulaşabilmesi, şeklinde oldu.

Tartışma

Temporal kemiğin cerrahi anatomisinin iyi bilinmesi ve mastoidektominin ideal bir şekilde yapılması kulak hastalıklarının cerrahi tedavilerinin temel basamaklarını oluşturmaktadır. Dolayısı ile özellikle uzmanlık eğitimi sırasında bu eğitimin iyi bir şekilde verilebilmesi şarttır. Bu amaçla en sık kullanılan eğitim metodu temporal kemik kadavra diseksiyonlarıdır. Kadavra diseksiyonu öncesi teorik içerikli ön hazırlık yapılması ve diseksiyonun tecrübeli eğiticiler ile gerçekleştirilmesi önemlidir. Kadavra diseksiyonlarının maaliyeti görece yüksek olmaktadır. Lojistik gereklilikler nedeniyle kadvraların transportunda zorluklar yaşanabilir. Potansiyel olarak kadvralar enfeksiyöz ajanları bulaştırabilir. Anatomik varyasyonlar, geçirilmiş travma ya da cerrahiler standardize diseksiyon yapılmasına engel olabilir. Kadavraya ulaşılsa dahi tekrar miktarı az sayılarda kalabilmektedir.

Kulak cerrahisinin ve özellikle tur kullanımının hassas bir şekilde yapılması gerekir. Önemli anatomik yapılar tanınmalı, hasara uğrayabilecek yapılara temastan kaçınılmalıdır. Kemik zincirin, semisirküler kanalların, fasiyal sinirin tanınması ve korunması gerekir. Isı ve mekanik hasar riski nedeniyle istemsiz tur teması yapılmamalıdır. Turun önemli anatomik yapılara hafif fakat kontrolsüz teması bile işitme kaybı ya da fasiyal paralizisi gibi ciddi komplikasyonlara neden olabilir. Yapay temporal kemik modeli ile yapılan uygulama anatomisinin anlaşılması, tur ve operasyon mikroskobu kullanılması, göz el koordinasyonu ve cerrahi becerinin gelişmesi açısından faydalı görünmektedir.

Bu pilot çalışma, Türkiye'de üretilmiş yapay temporal kemik modeli ile diseksiyonun faydalılığını ve yararlılığını değerlendiren ülkemizdeki ilk çalışmadır. Farklı asistanlık kademelerinde ve daha önce mastoidektomi yapmış ya da

yapmamış uzmanlık öğrencileri ile yapay temporal kemik diseksiyonunun etkinliği ve yararlılığı değerlendirilmiş, genel olarak yararlı, faydalı ve gerçek temporal kemiğe benzer bulunmuştur. Katılımcıların tamamı yapay temporal kemik ile diseksiyonu eğitim alacak diğer asistan arkadaşlarına önermiştir.

Ülkemiz dışındaki çalışmalar değerlendirildiğinde, yapay temporal kemik modelleri ile diseksiyonların yararlılığının ve validasyonunun araştırıldığı, genel olarak bu çalışmalarda yapay kemik ile diseksiyon eğitiminin faydalı ve yararlı olduğu ve olabileceği görülmüştür.^{1,2,3}

Üç boyutlu yazıcılar da kullanılan materyalin içeriği önem arz etmektedir ve uygun karışımlar hazırlandığında oldukça yüksek oranda gerçek kemik hissi elde edilebilmektedir. Çalışmamızda toplamda %78,1 oranda çok benziyor ve benziyor oranı görülmüş, az benzediğini ya da hiç benzemediğini düşünen olmamıştır. Gerçek kemiğe benzemesi yapılan diseksiyondan elde edilecek ve gerçek hayatta faydalı olabilecek diseksiyon el becerisinin gelişmesi ve tur ile kemik etkileşiminin anlaşılması açısından önemlidir.

Kadavraya kıyasla yapay temporal kemiklerin hepsinin aynı anatomik özelliklere sahip olması ve standardize olması, ilk kez bu cerrahi gerçekleştirecek adaylar açısından avantaj sağlayabilir. Yine her modelin aynı anatomik yapı ve ölçülere sahip olması eğitimcilerin oryantasyonunu ve farklı kişilere diseksiyon yaptırılmalarını kolaylaştırabilir görünmektedir. Ayrıca, farklı anatomik varyasyon ya da hastalık modelleri geliştirilerek, gerçek hayatta karşılaşılabilecek özel durumlar ve hastalıklar açısından tecrübe kazanımı da sağlanabilir ve bu kadavraya kıyasla önemli bir avantaj olabilir. Kadavra ile diseksiyonda bebek ya da erken yaşlarda kadavra bulmak zordur, özellikle koklear implant gibi cerrahiler daha küçük kemiklerde uygulanmaktadır. Yapay kemik ile istenilen boyutlarda modellerin yapılması mümkün ve kolaydır.

Ülkemizde ve benzer ekonomik koşullara sahip birçok ülkede kadvrada temporal kemik diseksiyonu görece maliyetli olması ve uygun şartların sağlanmasındaki güçlükler nedeniyle genellikle asistanlığın ileriki yıllarına bırakılmaktadır. Daha önce hiç tur kullanmamış bir adayın öncelikle yapay temporal kemik modelinde tur tutmayı ve kullanmayı öğrenmesi sağlanabilir görünmektedir. Böylece daha ekonomik ve pratik bir şekilde temporal kemik diseksiyon eğitimi verilebilir görünmektedir. Bu durum, kadavra ile eğitime kıyasla, daha erken yapabileme ve daha fazla sayıda tekrarlama şansı sağlayabilir.

Yapay kemikler gerçek kemiğin yerini almalı şeklinde düşünülmesinden değil, eğitimi kolaylaştırabilir, ulaşılabilirliği arttırabilir ve daha fazla tekrar sağlayabilir şeklinde düşünülmesi gerektiği kanaatindeyiz. Gelecekteki daha iyi anatomik modellemeler ve kemik hissi veren yapay kemikler yapılabilir. 3d yazıcı teknolojisindeki gelişmelerinde ek olumlu katkıları olacaktır. Modellerin yerli üretim olması maliyeti azaltabilir, lojistiği kolaylaştırabilir ve maliyeti azaltabilir. Daha yakın ve kolay ulaşılabilir iletişimle ülkemize ve hastalarımıza daha çok benzeyen modellerin yapılabilir.

Yapay kemik için kullanılan materyalin insan sağlığına zarar vermemesi (gerek temas gerek inhalasyonla) gerekmektedir. Bu nedenle zararsız maddelerin seçilmesi ve uygulama esnasında kadavra diseksiyonunda olduğu gibi, cerrahi önlük, eldiven, gözlük ve maske kullanılması gerekir. Turlama ile ortaya çıkan materyal parça ve tozu aspiratörlerin yardımı ile ortamdan uzaklaştırılmalıdır. İnsan sağlığına zarar vermeyecek materyaller kullanılarak üretilen yapay kemiklerle enfeksiyon riski ve etik sorunlarla karşılaşmayacaktır.

Sanal gerçeklik uygulaması eğitim alacakların ameliyathane ortamını taklit eder şekilde, kendilerini içinde hissettikleri bir kurulum ile, cerrahi anatomi ve maketleri 3 boyutlu olarak inceleme, yapıları ayrı ayrı ve birbiri içindeki ilişkilerini görme imkânı vermektedir.⁴ Normal bir maket modele kıyasla daha detaylı, büyük, farklı renklerle yapıların belirlenebildiği, birbiri ile ilişkilerin ve özellikle daha içte derinde kalan yapıların daha iyi ortaya konulabildiği bir uygulama ve öğrenme imkânı verebilmektedir. Yazılımda yapılacak güncellemelerle daha hızlı ve kolay bir şekilde maket ve modellerin güncellenmesi mümkün olabilmektedir. Karışık anatomisi nedeniyle temporal kemik eğitiminde her türlü imkân ve teknolojinin kullanılarak farklı öğrenme araçlarının eğitime dahil edilmesi mantıklı olacaktır. Klasik modellere kıyasla belirgin avantajı olmadığını gösteren çalışmalar olmakla birlikte, klasiğin dışında yeni ve farklı bir metot olması katılımcıların ilgisini çekebilmektedir ve farklı bir açı ile anatomi ve cerrahi yöntemlere bakma imkânı sunmaktadır.⁴ Yazılımların gelişmesi ve iyileştirmeler ile modellemelerin başarısı ve etkinliği de zamanla artabilir görünmektedir.

Çalışmanın limitasyonları değerlendirildiğinde ise; sadece 44 kişinin yanıtları değerlendirmeye alınmıştır, dolayısı ile örneklem büyüklüğü görece az olarak değerlendirilebilir. Daha fazla kişinin katıldığı kurslar ile veya birden fazla kursların toplam sonuçları ile daha güçlü sonuçlar elde edilebilir. Kursun bir kongre esnasında kısıtlı zaman ve ortamda değil, ameliyathane ya da diseksiyon merkezi gibi daha ideal bir ortamda yapılması da verimliliği artıracaktır.

Bu çalışma yapay temporal kemik modellerinin ve sanal gerçeklik ile temporal kemik cerrahi anatomi eğitiminin yararlılığını değerlendirildiği ülkemizdeki ilk çalışmadır. Yapay kemik ile temporal kemik diseksiyonu gerçek mastoidektomiye taklit edebilmektedir ve katılımcılar büyük oranda yararlı ve faydalı bulmuştur. Daha ekonomik ve ulaşılabilir olması, etik problemler içermemesi, enfeksiyon bulaş riski olmaması, daha fazla tekrarlanabilmesi gibi nedenlerle tercih edilebilir ve temporal kemiğin cerrahi anatomisinin anlaşılması ve el becerilerinin gelişmesini sağlayabilir görünmektedir. Görece karışık bir anatomisi olan temporal kemik için hem yapay modeller hem de sanal gerçeklik gibi alternatif eğitim yöntemleri cerrahi tecrübenin oluşmasına ve gelişmesine katkı sağlayacaktır. Klasik kadavra ve eğitim yöntemleri ile kombinasyonlar ile daha da iyi sonuçlar alınabilir.

Teşekkür

Gerçekleştirilen kurslara desteklerinden ötürü Türk KBB ve BBC Derneğine, Eğitimci desteklerinden ötürü Otoloji Nörootoloji Derneğine, Sayın Gülhan Konak (Duymer) ve Sayın Yahya Doğan'a (Piri Teknoloji) teşekkür ederiz.

Etik Standartlara Uygunluk

Çalışma için Yerel Etik Kurul'dan KOU-GOKAEK-2024/498 numarası ile etik kurul onayı alınmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarların çıkar çatışması yoktur.

Finansal Destek

Araştırma için herhangi bir destek alınmamıştır.

Yazar Katkısı

MÖ: Yazının tasarım, dizayn, veri toplanması, yazım, kritik gözden geçirme ve son onay aşamalarında rol almıştır; BT: Yazının tasarım, dizayn, kritik gözden geçirme ve son onay aşamalarında rol almıştır; SAK: Yazının dizayn, veri toplanması, son gözden geçirme aşamalarında rol almıştır. Tüm yazarlar yazının son halini onaylamaktadır.

Kaynaklar

1. Frithioff A, Frenndø M, Pedersen DB, Sørensen MS, Wuyts Andersen SA. 3D-Printed Models for Temporal Bone Surgical Training: A Systematic Review. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2021;165(5):617-625. doi:10.1177/0194599821993384
2. Boillat M, Bonnet AS, Groubatch F, Falanga A, Gillet R, Parietti-Winkler C. Analysis of the milling response of an artificial temporal bone developed for otologic surgery in comparison with human cadaveric samples. *Med Eng Phys.* 2024;131:104220. doi:10.1016/j.medengphy.2024.104220
3. Kurichiyil SH, Whittaker JD, Dalton CL. Face and Content Validation of Artificial Temporal Bone Dissection for Otolaryngology Training. *J Laryngol Otol.* Published online October 25, 2024. doi:10.1017/S0022215124001774
4. Everad F, Albrecht T, Kromeier J, et al. A Virtual Reality Anatomy Model of the Temporal Bone in ORL Residency Training-Gain or Gadget?. *J Med Educ Curric Dev.* 2024;11:23821205241281506. Published 2024 Oct 9. doi:10.1177/23821205241281506