GÖBEKLİTEPE
International Journal Of Health Sciences
e-ISSN: 2757-6221

Article Type : Research Article
Arrival Date : 05.08.2026
Published Date : 30.09.2026
2026, Vol: 9, Issue: 3 pp: 1-10
DOI: 00

ENDODONTİK GİRİŞ KAVİTESİ EĞİTİMİNDE İKİ DENTAL HAPTİK SİMÜLATÖRÜN KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRİLMESİ: RANDOMİZE ÇAPRAZ PİLOT ÇALIŞMA

Özlem SİVAS YILMAZ
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı
ozlm.svs1941@gmail.com , Bolu/Türkiye, 0000-0002-5669-8343

Münevver Ayşegül GÖRGÜLÜ PINAR
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı
munevver_gorgulu05@hotmail.com , Bolu/Türkiye, 0009-0006-4800-8935

Yunushan USLU
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı
yunushan_uslu@hotmail.com , Bolu/Türkiye, 0009-0009-9621-2748

Ayşegül GÜVEN KÖMÜRCÜ
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı
aysegul.guvenkomurcu@ibu.edu.tr , Bolu/Türkiye, 0009-0007-1703-6156

Öz

Bu çalışmanın amacı, endodontik giriş kavitesi preparasyonunda kullanılan SIMtoCARE ve UniDraw dental haptik simülatörlerine ilişkin kullanıcı değerlendirmelerini karşılaştırmaktır. Randomize çapraz pilot çalışmaya, Endodonti Anabilim Dalında görev yapan öğretim üyeleri ile endodonti uzmanlık eğitiminin en az iki yılını tamamlamış uzmanlık öğrencilerinden toplam 22 katılımcı dâhil edildi. Katılımcılar, kullanım sırasına göre randomize edilerek iki gruba ayrıldı ve her iki simülatörde sanal bir alt molar diş üzerinde giriş kavitesi hazırladı. Uygulamaların ardından katılımcılar, her iki simülatörü aynı 13 madde ve beşli Likert ölçeği kullanarak değerlendirdi. İki simülatöre ait eşleştirilmiş puanlar Wilcoxon işaretli sıralar testi ile karşılaştırıldı ve çoklu karşılaştırmalarda Holm düzeltmesi uygulandı. Yalnızca ağız içi anatomik yapıların gerçekçiliğine ilişkin puanlarda UniDraw lehine anlamlı fark bulundu ($p<0.001$). Diğer maddelerde iki simülatör arasında anlamlı fark bulunmadı ($p>0.05$). Uygulama sırasının değerlendirmeler üzerinde anlamlı bir etkisi saptanmadı. Katılımcıların 10'u (%45,5) UniDraw'ı, 3'ü (%13,6) SIMtoCARE'i tercih ederken, 7'si (%31,8) iki simülatörü benzer düzeyde değerlendirdi ve 2'si (%9,1) kararsız kaldı. Açık uçlu yanıtlarda UniDraw'ın görsel ve anatomik sunumu, SIMtoCARE'in ise dokunsal geri bildirimi öne çıktı. Sonuç olarak, ağız içi anatomik yapıların gerçekçiliği maddesinde UniDraw'a daha yüksek puan verilmiş, diğer maddelerde ise iki simülatör arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Haptik simülatörlerin seçiminde hedeflenen eğitim kazanımları ile cihazların görsel ve dokunsal özellikleri birlikte değerlendirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Endodonti, Haptik Simülasyon, Sanal Gerçeklik, Endodontik Giriş Kavitesi, Diş Hekimliği Eğitimi

COMPARATIVE EVALUATION OF TWO DENTAL HAPTIC SIMULATORS FOR ENDODONTIC ACCESS CAVITY TRAINING: A RANDOMIZED CROSSOVER PILOT STUDY

Abstract

The aim of this study was to compare user evaluations of the SIMtoCARE and UniDraw dental haptic simulators used for endodontic access cavity preparation. This randomized crossover pilot study included a total of 22 participants, consisting of faculty members working in the Department of Endodontics and postgraduate students who had completed at least two years of endodontic specialty training. Participants were randomized into two groups according to the order of simulator use and prepared an access cavity on a virtual mandibular molar using both simulators. Following the applications, participants evaluated both simulators using the same 13 items and a five-point Likert scale. Paired scores for the two simulators were compared using the Wilcoxon signed-rank test, and Holm correction was applied for multiple comparisons. A significant difference in favor of UniDraw was found only in the scores related to the realism of intraoral anatomical structures ($p<0.001$). No significant difference was found between the two simulators for the other items ($p>0.05$). The order of application had no significant effect on the evaluations. Ten participants (45.5%) preferred UniDraw, three (13.6%) preferred SIMtoCARE, seven (31.8%) rated the two simulators similarly, and two (9.1%) were undecided. In the open-ended responses, UniDraw's visual and anatomical presentation and SIMtoCARE's tactile feedback were highlighted. In conclusion, UniDraw was rated higher in terms of the realism of intraoral anatomical structures, whereas no significant difference was found between the two simulators for the other items. When selecting haptic simulators, the intended educational outcomes and the visual and tactile characteristics of the devices should be considered together.

Keywords: Endodontics, Haptic Simulation, Virtual Reality, Endodontic Access Cavity, Dental Education

1. GİRİŞ

Endodontik giriş kavitesi preparasyonu, kök kanal tedavisinin temel aşamalarından biridir. Kök kanal orifislerinin doğru biçimde bulunabilmesi; pulpa odası ve kök kanal anatomisinin doğru değerlendirilmesini, giriş kavitesinin sağlam diş dokusu mümkün olduğunca korunarak hazırlanmasını ve iyatrojenik hatalardan kaçınılmasını gerektirir (1). Preklinik eğitimde bu işlem, geleneksel olarak fantom çene sistemlerine yerleştirilen çekilmiş insan dişleri veya yapay dişler üzerinde öğretilmektedir. Bu modeller uygulamalı eğitim olanağı sağlasa da diş anatomisinin ve uygulama koşullarının standardize edilmesi ve her öğrenciye aynı nitelikte geri bildirim verilmesi güçtür (2). Bu nedenle, klinik uygulamaya yönelik becerilerin standart koşullarda geliştirilebildiği eğitim ortamlarının oluşturulması endodonti eğitimindeki önemini korumaktadır.

Sanal gerçeklik tabanlı haptik simülatörler, üç boyutlu görüntüleme ile dokunsal geri bildirimi bir araya getirerek kullanıcıların sanal dişler üzerinde endodontik işlemler gerçekleştirmesine, aynı işlemi standart koşullarda tekrarlamasına ve uygulama performansına ilişkin geri bildirim almasına olanak sağlamaktadır (3-5). Bu özellikler, haptik simülatörlerin geleneksel preklinik endodonti eğitimini tamamlayıcı bir araç olarak kullanılmasını desteklemektedir (6, 7). Bununla birlikte, simülatörle sağlanan eğitim deneyiminin niteliği; endodontik aletlerin kullanım hissinin, frez ile diş dokusu arasındaki etkileşimin ve mine ile dentinin görsel ve dokunsal özelliklerinin ne ölçüde gerçeğe uygun yansıtılabildiğine bağlıdır (8-10). Bu nedenle, simülatörü kullanan endodonti klinisyenlerinin değerlendirmeleri, simülasyon ortamında gerçekleştirilen endodontik uygulamanın gerçekçiliği ve eğitimsel niteliği hakkında tamamlayıcı bilgi sağlayabilir.

Güncel endodonti literatürü, haptik simülasyonun giriş kavitesi preparasyonundaki teknik performansın yanı sıra öğrencilerin özgüven ve stres düzeylerini de etkileyebileceğini göstermektedir (11). Karşılaştırmalı çapraz tasarımlı bir çalışmada, haptik simülatöre sanal gerçeklik gözlüğü eklenmesinin preparasyon doğruluğunu azalttığı, işlem süresini uzattığı ve öğrenciler tarafından daha az tercih edildiği bildirilmiştir (12). Bu sonuçlar, simülatörün teknik yapılandırmasının hem işlem performansı hem de kullanıcı deneyimi üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, farklı haptik simülatörleri aynı endodontik işlem ve standart uygulama koşulları altında doğrudan karşılaştıran çalışmalar sınırlıdır. Özellikle endodonti alanında deneyimli klinisyenlerin değerlendirmelerine dayanan çalışmaların azlığı dikkat çekmektedir. Bu tür bir karşılaştırma; gerçekçilik, ergonomi, derinlik kontrolü ve eğitimde kullanıma uygunluk açısından cihazlara özgü farklılıkların belirlenmesini sağlayabilir.

SIMtoCARE, sanal diş modelleri üzerinde preparasyon yapılmasına ve işlem sırasında dokunsal geri bildirim alınmasına olanak sağlayan haptik simülasyon sistemlerinden biridir. Sistemin preklinik restoratif diş hekimliği eğitimindeki kullanımını değerlendiren bir çalışmada, öğrenciler SIMtoCARE'in geleneksel eğitimi destekleyici bir araç olarak kullanılabileceğini belirtmiştir (8). UniDraw da sanal diş preparasyonu ile dokunsal geri bildirimi bir araya getiren bir simülasyon sistemidir. UniDraw'ın kullanıldığı endodontik giriş kavitesi eğitimi çalışmasında, öğrencilerin büyük bölümü sanal simülasyonun rutin preklinik eğitime eklenmesini desteklemiş; ancak bu eğitimin geleneksel fantom uygulamalarının yerini tek başına alamayacağı bildirilmiştir (13). Her iki sistemin farklı görevler ve değerlendirme ölçütleri kullanılarak ayrı çalışmalarda incelenmiş olması, cihazların göreli üstünlükleri hakkında doğrudan bir sonuca varılmasını güçleştirmektedir.

Endodontide sanal gerçeklik uygulamalarını inceleyen güncel bir sistematik derlemede, kullanılan platformlar, eğitim protokolleri ve değerlendirilen sonuçlar arasında belirgin farklılıklar bulunduğu ve bu durumun çalışmalar arasında doğrudan karşılaştırma yapılmasını güçleştirdiği bildirilmiştir (14). Bu nedenle, farklı dental haptik simülatörlerin aynı endodontik işlem sırasında kullanıcılar tarafından nasıl değerlendirildiğine ilişkin kanıtlar sınırlıdır. Bu bilgi eksikliğinden hareketle planlanan randomize çapraz pilot çalışmada, endodontik giriş kavitesi preparasyonunda kullanılan iki dental haptik simülatörün endodonti klinisyenleri tarafından yapılan

değerlendirmelerinin karşılaştırılması amaçlandı. Her iki sistemin üstün bulunan özelliklerinin ve geliştirilmesi gereken yönlerinin belirlenmesinin, eğitimcilerin simülatör seçiminde cihaz özelliklerini göz önünde bulundurmasına ve bu teknolojilerin geliştirilmesine katkı sağlayabileceği düşünüldü. Çalışmanın sıfır hipotezi, katılımcıların bildirdiği değerlendirme puanları bakımından iki simülatör arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmayacağı yönündeydi.

2. YÖNTEM

2.1. Çalışma Tasarımı ve Etik Onay

Bu randomize çapraz pilot çalışma, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalında yürütüldü. Çalışma için Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan onay alındı (2026/394). Etik kurul onayının ardından, veri toplamaya başlanmadan önce Diş Hekimliği Fakültesinden kurum izni alındı. Çalışma, Helsinki Bildirgesi ilkelerine uygun olarak yürütüldü. Anket öncesinde katılımcılara çalışmanın amacı, katılımın gönüllülük esasına dayandığı, yanıtların gizli tutulacağı ve elde edilen verilerin bilimsel amaçlarla kullanılacağı açıklandı. Katılımcıların elektronik ortamda bilgilendirilmiş gönüllü onamları, anketin ilk maddesi aracılığıyla alındı.

2.2. Katılımcılar ve Randomizasyon

Çalışma grubunu, Endodonti Anabilim Dalında görev yapan öğretim üyeleri ile endodonti uzmanlık eğitiminin en az iki yılını tamamlamış endodonti uzmanlık öğrencileri oluşturdu. Çalışmaya katılım için her iki haptik simülatörde endodontik giriş kavitesi preparasyonu yapmayı kabul etmek ve bilgilendirilmiş gönüllü onam vermek koşulu arandı. Katılımcıların hiçbiri daha önce SIMtoCARE veya UniDraw kullanmamıştı. Bu koşulları karşılayan 22 gönüllü çalışmaya dâhil edildi.

Simülatörlerin kullanım sırası, RANDOM.ORG (www.random.org) aracılığıyla oluşturulan bilgisayar tabanlı atama listesi kullanılarak belirlendi. Katılımcılar iki çapraz uygulama sırasından birine 1:1 oranında atandı. On bir katılımcı önce SIMtoCARE'i, ardından UniDraw'ı; diğer 11 katılımcı ise önce UniDraw'ı, ardından SIMtoCARE'i kullandı. Bu düzenleme ile tüm katılımcılar her iki simülatörü de değerlendirdi ve olası sıra etkisini azaltmak için uygulama sırası dengelendi. Katılımcıların tamamı her iki simülatördeki uygulamaları ve anketi tamamlayarak nihai analize dâhil edildi.

2.3. Haptik Simülatörler ve Uygulama Protokolü

Uygulamalar, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalında gerçekleştirildi. Çalışmada SIMtoCARE Dente (SIMtoCARE B.V., Vreeland, Hollanda) ve UniDental (Beijing UniDraw VR Technology Research Institute Co., Ltd., Pekin, Çin) olmak üzere iki dental haptik simülatör değerlendirildi. Metin ve tablolarda bu sistemler sırasıyla SIMtoCARE ve UniDraw olarak adlandırıldı.

Her simülatörde katılımcıya uygulama öncesinde cihazın kullanımı ve yazılım arayüzü tanıtıldı. Katılımcılara sisteme alışmaları için bir saat süre verildi ve bu süreçte cihaz kullanımına ilişkin soruları yanıtlandı. Bir saatin sonunda kendisini hazır hisseden katılımcılar uygulamaya başladı. Ek açıklamaya ihtiyaç duyan katılımcıların soruları yanıtlandı ve hazır olduklarını belirtmelerinin ardından uygulamaya geçildi. Giriş kavitesi preparasyonunun uygulanmasına yönelik herhangi bir yönlendirme yapılmadı. İkinci simülatördeki uygulama, ilk simülatördeki uygulamanın ertesi günü gerçekleştirildi. Katılımcılar, randomizasyonla belirlenen uygulama sırasına göre her iki simülatörde sanal bir mandibular molar diş üzerinde endodontik giriş kavitesi preparasyonu gerçekleştirdi. Uygulamaların standardizasyonu amacıyla her iki sistemde aynı diş tipi ve aynı tip fissür frezi seçildi. Katılımcılar, her iki simülatördeki preparasyonları tamamladıktan hemen sonra Google Forms üzerinden sunulan çalışmaya özgü çevrim içi anketi yanıtladı.

2.4. Anketin Geliştirilmesi ve Uygulanması

Çalışmaya özgü anket, hem SIMtoCARE hem de UniDraw kullanım deneyimi bulunan üç endodontist tarafından hazırlandı. Anket maddeleri, çalışmanın amacı ve araştırmacıların her iki sisteme ilişkin doğrudan deneyimleri doğrultusunda oluşturuldu. Sorular, amaca uygunluk, açıklık ve anlaşılabilirlik açısından üç endodontist tarafından değerlendirildi ve gerekli düzenlemeler ortak görüş doğrultusunda yapıldı.

Anketin ilk bölümünde katılımcıların cinsiyeti ve simülatörlerin kullanım sırası sorgulandı. Her iki simülatörün değerlendirilmesinde yalnızca cihaz adı değiştirilerek aynı 13 ifade kullanıldı. Bu ifadeler; sanal diş anatomisi ve ağız içi anatomik yapıların gerçekçiliği, pulpa odası ve kanal orifislerinin temsili, frezin konumu ile preparasyonun ilerleyişinin ekrandan izlenebilmesi, çalışma pozisyonu, frez ile diş dokusu arasındaki temasın hissedilmesi, mine ve dentin sertliklerinin ayırt edilebilmesi, diş dokusundan alınan direnç hissi, kavite derinliği ve sınırlarının algılanması, cihaz kontrolünün kolaylığı, yazılım arayüzünün anlaşılabilirliği, giriş kavitesi öğretimine uygunluk ve geleneksel fantom eğitimini tamamlama potansiyelini kapsıyordu. Yanıtlar, 1 “Kesinlikle katılmıyorum” ve 5 “Kesinlikle katılıyorum” olacak şekilde beşli Likert ölçeği kullanılarak kaydedildi. Her simülatör için en güçlü yönlerin ve geliştirilmesi gereken özelliklerin belirtildiği iki isteğe bağlı açık uçlu soru yöneltildi. Son bölümde ise katılımcıların genel simülatör tercihi ve iki sistemi karşılaştıran kısa görüşleri alındı.

Türkçe olarak hazırlanan anket, katılımcılar her iki simülatördeki uygulamaları tamamladıktan hemen sonra Google Forms aracılığıyla uygulandı. Katılımcılardan anketi bağımsız olarak doldurmaları ve yanıtlama sırasında araştırmacılara danışmamaları istendi. Anket maddeleri veya verilecek yanıtlar hakkında herhangi bir açıklama, tartışma ya da yönlendirme yapılmadı. Kapalı uçlu soruların tamamı zorunlu, açık uçlu sorular ise isteğe bağlıydı. Anketin bir katılımcı tarafından yalnızca bir kez gönderilebilmesi amacıyla Google Forms’ta oturum açma zorunluluğu ve yanıtları tek gönderimle sınırlandırma seçeneği kullanıldı. E-posta adresleri analitik veri setine dâhil edilmedi. Yanıtlar analiz öncesinde kimliksizleştirildi ve gizlilik ilkelerine uygun olarak saklandı. 22 katılımcının tamamı zorunlu anket maddelerini yanıtladı ve hiçbir katılımcı nihai analizden çıkarılmadı.

2.5. Örneklem Büyüklüğü

Çalışmanın pilot nitelikte olması nedeniyle örneklem büyüklüğü, uygulanabilirlik ve bir haftalık katılımcı alım döneminde ulaşılabilen uygun katılımcı sayısı dikkate alınarak belirlendi. Bu dönemde klinikte bulunan ve çalışmaya alınma ölçütlerini karşılayan kişilerin tamamı çalışmaya davet edildi. Davet edilen 22 kişinin tamamı çalışmaya katılmayı kabul ederek her iki simülatördeki uygulamaları tamamladı ve anketi yanıtladı. Katılım ve tamamlanma oranları %100 olarak gerçekleşti.

2.6. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) programı kullanılarak gerçekleştirildi. Kategorik değişkenler sayı ve yüzde olarak, Likert tipi maddelere verilen yanıtlar ise medyan (Q1–Q3) olarak sunuldu. İki simülatöre ait eşleştirilmiş değerlendirme puanları, iki yönlü exact Wilcoxon işaretli sıralar testiyle karşılaştırıldı. Etki büyüklüğü, eşleştirilmiş sıra-biseriyel korelasyon kullanılarak hesaplandı. On üç maddeye ilişkin karşılaştırmalarda çoklu testlerden kaynaklanan hata olasılığını kontrol etmek amacıyla Holm düzeltmesi uygulandı.

Olası uygulama sırası etkisini değerlendirmek amacıyla her madde için hesaplanan UniDraw–SIMtoCARE puan farkları, iki randomizasyon sırası arasında Mann–Whitney U testiyle karşılaştırıldı ve bu analizlere ayrıca Holm düzeltmesi uygulandı. Katılımcıların genel simülatör tercihleri sayı ve yüzde olarak sunuldu; açık uçlu yanıtlar ise benzer içerikteki ifadeler bir araya getirilerek özetlendi. Holm-düzeltilmiş $p<0,05$ olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

3. BULGULAR

Çalışmaya dâhil edilen 22 katılımcının tamamı her iki simülatördeki uygulamaları tamamladı ve nihai analize alındı. Katılımcıların 13'ü (%59,1) kadın, 9'u (%40,9) erkekti. SIMtoCARE–UniDraw ve UniDraw–SIMtoCARE uygulama sıralarının her birinde 11 katılımcı yer aldı. Katılımcıların hiçbiri daha önce bu çalışmada değerlendirilen dental haptik simülatörleri kullanmamıştı. Zorunlu anket maddelerinde eksik veri bulunmadı.

Holm düzeltmesi sonrasında, 13 eşleştirilmiş değerlendirme maddesinden yalnızca ağız içi anatomik yapıların gerçekçiliği açısından iki simülatör arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı. Bu maddeye ilişkin değerlendirmeler UniDraw lehineydi ($p<0,001$). Diğer 12 maddede iki simülatör arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (tüm $p>0,05$) (Tablo 1). Uygulama sırasına ilişkin analizlerde de SIMtoCARE–UniDraw ve UniDraw–SIMtoCARE sıraları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (tüm $p>0,05$).

Tablo 1. SIMtoCARE ve UniDraw değerlendirme puanlarının eşleştirilmiş karşılaştırılması (n=22)

Değerlendirme maddesi	SIMtoCARE Medyan (Q1-Q3)	UniDraw Medyan (Q1-Q3)	W	Holm-düzeltilmiş p	r_{rb}
Sanal diş anatomisi	3.00 (3.00-4.00)	4.00 (3.00-4.00)	40.0	1.000	0.333
Ağız içi anatomik yapıların gerçekçiliği	2.00 (1.00-3.00)	4.00 (4.00-5.00)	2.5	**<0.001**	0.974
Pulpa odası ve kanal girişlerinin gerçekçiliği	3.00 (3.00-4.00)	4.00 (3.00-4.00)	49.0	1.000	0.359
Frez konumu ve preparasyon ilerleyişinin anlaşılabilirliği	3.00 (3.00-4.00)	4.00 (3.00-4.00)	15.0	1.000	0.545
El aleti kullanımı ve çalışma pozisyonu	3.50 (3.00-4.00)	4.00 (3.00-4.75)	11.0	0.082	0.790
Frez-diş teması hissi	4.00 (4.00-5.00)	4.00 (3.00-4.00)	21.0	1.000	-0.462
Mine-dentin sertlik farkının hissedilmesi	4.00 (3.00-4.00)	3.00 (3.00-4.00)	63.5	1.000	-0.066
Diş dokusundan alınan direnç hissinin gerçekçiliği	4.00 (3.00-4.00)	3.00 (3.00-3.75)	14.0	0.607	-0.641
Kavite derinliği ve sınırlarının algılanması	3.00 (3.00-4.00)	3.00 (3.00-4.00)	40.5	1.000	-0.229
Cihaz ve el aleti kontrolünün kolaylığı	3.00 (2.25-4.00)	3.00 (3.00-4.00)	30.5	1.000	0.419
Yazılım arayüzünün anlaşılabilirliği	3.00 (3.00-4.00)	4.00 (3.00-4.00)	38.5	1.000	0.358
Giriş kavitesi öğretiminde kullanıma uygunluk	3.00 (3.00-4.00)	4.00 (3.00-4.00)	39.0	1.000	0.350
Geleneksel fantom eğitimini tamamlayıcı kullanım	4.00 (3.00-4.00)	4.00 (3.25-5.00)	16.0	1.000	0.418

Not: Veriler medyan (Q1-Q3) olarak sunulmuştur. W, exact Wilcoxon işaretli sıralar testi istatistiğini; r_{rb}, eşleştirilmiş sıra-biseriyel korelasyonu göstermektedir. Pozitif r_{rb} değerleri UniDraw, negatif değerler SIMtoCARE lehinedir. Çoklu karşılaştırmalar için Holm düzeltmesi uygulanmıştır. $p<0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Katılımcıların 10'u (%45,5) endodontik giriş kavitesi eğitimi için UniDraw'ı, 3'ü (%13,6) SIMtoCARE'i daha uygun buldu. Yedi katılımcı (%31,8) her iki simülatörü benzer düzeyde uygun değerlendirirken 2 katılımcı (%9,1) kararsız olduğunu bildirdi.

Açık uçlu yanıtlarda UniDraw'ın ağız içi anatomik yapıları ve yumuşak dokuları yansıtması, sağladığı görüş alanı ve kullanım kolaylığı öne çıkan özelliklerdi. SIMtoCARE'in güçlü yönleri ise frezle çalışma sırasında sağladığı dokunsal geri bildirim ve pulpa odasına ulaşma hissi olarak belirtildi. UniDraw için mine, dentin ve pulpa tabanına ilişkin dokunsal geri bildirimin geliştirilmesi; SIMtoCARE için ise ağız içi yumuşak dokuların eklenmesi, alet kontrolünün kolaylaştırılması,

arayüzün iyileştirilmesi ve farklı endodontik işlemlere yönelik eğitim seçeneklerinin artırılması önerildi. Bazı katılımcılar, iki simülatörün farklı üstünlüklerinin bulunduğunu ancak geleneksel fantom eğitiminin veya gerçek dişlerle yapılan uygulamaların yerini tek başına alamayacağını ifade etti.

4. TARTIŞMA

Son yıllarda, sanal gerçeklik ile dokunsal geri bildirimi bir araya getiren haptik simülatörlerin dental eğitimdeki kullanım alanı genişlemiştir. Dünya genelinde 156 kurumdan eğitimcinin katıldığı bir araştırmada, bu sistemlerin çoğunlukla geleneksel uygulamaları destekleyici bir araç olarak ve özellikle preklinik eğitimde kullanıldığı; endodontinin de başlıca kullanım alanlarından biri olduğu bildirilmiştir (15). Preklinik dental eğitime ilişkin güncel bir sistematik derlemede ise haptik simülatörlerin öğrencilerin motor beceri kazanımını destekleyebileceği belirtilmiştir (16, 17). Bu çalışmada, endodontik giriş kavitesi preparasyonunda kullanılan SIMtoCARE ve UniDraw simülatörlerinin endodonti klinisyenleri tarafından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Değerlendirilen özelliklerin büyük bölümünde cihazlardan birinin diğerine üstün olduğunu destekleyen bir bulgu elde edilmezken, ağız içi anatomik yapıların gerçekçiliği UniDraw lehine farklılık göstermiştir. Bu durum, haptik simülatörlerin değerlendirilmesinde genel bir cihaz üstünlüğünden çok, sistemlere özgü görsel ve dokunsal özelliklerin ayrı ayrı ele alınması gerektiğini düşündürmektedir. Bu nedenle çalışmanın sıfır hipotezi kısmen reddedilmiştir.

İki simülatör arasındaki farkın yalnızca ağız içi anatomik yapıların gerçekçiliğinde ortaya çıkması, haptik simülatörlerde gerçekçilik algısının tek boyutlu olmadığını düşündürmektedir. UniDraw sisteminin kullanıldığı bir çalışmada, alt birinci molar dişte giriş kavitesi preparasyonu yapan öğrencilerin büyük bölümü sanal simülasyonun preklinik eğitime eklenmesini desteklemiş ve bu eğitimin geleneksel uygulamalardan önce verilmesini tercih etmiştir. Bununla birlikte, sanal simülasyonun tek başına fantom eğitimine alternatif olamayacağı belirtilmiştir (13). Veneer preparasyonunda UniDraw ile Simodont'un karşılaştırıldığı başka bir çalışmada, UniDraw ağız aynasındaki görüntünün gerçekçiliği bakımından, Simodont ise kuvvet geri bildirimi ve diş preparasyonu sürecinin simülasyonu bakımından daha yüksek puan almıştır (18). Bu sonuç, farklı haptik sistemlerin görsel ve dokunsal gerçekçilik açısından birbirinden ayrılabileceğini göstermektedir. Çalışmamızdaki açık uçlu yanıtlarda UniDraw'ın ağız içi yumuşak dokuları yansıtması ve sağladığı görüş alanı öne çıkarken, SIMtoCARE'in frezle çalışma sırasında sunduğu dokunsal geri bildirim ve pulpa odasına ulaşma hissi güçlü yönleri olarak belirtilmiştir. SIMtoCARE Dente'nin çürük uzaklaştırma eğitiminde değerlendirildiği güncel bir çalışmada da öğretim üyelerinin öğrencilere göre daha eleştirel değerlendirmelerde bulunduğu ve bu ayrımın özellikle dokunsal geri bildirim ile dental dokuların simülasyonundaki gerçekçilikte belirgin olduğu bildirilmiştir (19). Bu nedenle UniDraw lehine saptanan fark, cihazın genel üstünlüğü olarak değil, ağız içi çalışma ortamının görsel ve anatomik sunumuna özgü bir üstünlük olarak değerlendirilmelidir.

On üç değerlendirme maddesinin on ikisinde anlamlı fark saptanmaması, cihazlardan birinin tüm değerlendirme alanlarında tutarlı biçimde üstün olduğunu destekleyen istatistiksel kanıt elde edilmediğini göstermektedir. Maddelerin çoğunda iki simülatöre ilişkin puan dağılımları büyük ölçüde örtüşmüştür. Bununla birlikte, pilot çalışmanın sınırlı örneklem büyüklüğü ve beşli Likert ölçeğinde eşit puanların sık görülmesi, küçük farklılıkların saptanmasını güçleştirmiş olabilir. On üç madde için ayrı karşılaştırmalar yapıldığından, yanlış pozitif sonuç riskini kontrol etmek amacıyla Holm düzeltmesi uygulanmış ve bulgular düzeltilmiş p değerleri üzerinden değerlendirilmiştir. Bu nedenle anlamlı fark saptanmaması, iki simülatörün eğitim etkinliğinin eşdeğer olduğu şeklinde yorumlanmamalıdır; yalnızca bu örneklem ve değerlendirme maddeleri kapsamında istatistiksel bir fark gösterilemediğini ifade etmektedir. Folguera ve ark., haptik simülatörle verilen eğitimin öğrencilerin endodontik giriş kavitesi preparasyonlarına ilişkin öz değerlendirme doğruluğunu artırdığını, ancak öğrenci ve uzman değerlendirmeleri arasındaki uyumun sınırlı kaldığını bildirmiştir

(20). Sánchez-Herrera ve ark., haptik simülasyon eğitiminin ardından öğrencilerin giriş kavitesi formu, pulpa odası tavanının uzaklaştırılması ve kavitenin iç formuna ilişkin başarılarının arttığını göstermiştir. Aynı çalışmada öğrencilerin çoğu, simülatörün pulpa odasının üç boyutlu anatomisini anlamalarını kolaylaştırdığını belirtirken, simülatörün sağladığı dokunsal geri bildirimin gerçek bir diş üzerinde döner aletle çalışırken hissedilene benzemediğini ifade etmiştir (2). Usta ve ark. ise yapay dişlerle yapılan uygulamalardan önce verilen haptik simülasyon eğitiminin öğrencilerin el becerilerini ve öz güvenlerini artırdığını, stres düzeylerini azalttığını bildirmiştir (11). Bu bulgular, algılanan gerçekçilik ile eğitimsel yararın her zaman paralel olmayabileceğini ve haptik simülatörlerin katkısının geleneksel eğitim içindeki kullanım biçimine göre değişebileceğini düşündürmektedir.

Katılımcıların genel tercihi UniDraw yönünde olsa da bu bulgu, cihazın eğitimsel açıdan bütünüyle üstün olduğu şeklinde değerlendirilmemelidir. Genel tercih, uygulama sonrasında bildirilen kullanıcı deneyimini yansıtmakta; preparasyonun doğruluğu, beceri kazanımı veya kazanılan becerinin klinik uygulamaya aktarımı hakkında doğrudan bilgi vermemektedir. Ayrıca açık uçlu yanıtlarda her iki simülatörün farklı üstünlüklerinin bulunduğu, ancak geleneksel fantom eğitiminin veya gerçek dişlerle yapılan uygulamaların yerini tek başına alamayacağı belirtilmiştir. Slaczka ve ark., Simodont haptik simülatörüyle eğitim alan öğrenciler ile yapay dişlerle eğitim alan öğrenciler arasında endodontik giriş kavitesi preparasyonu performansındaki gelişim açısından anlamlı fark saptamamış; haptik simülatörlerin yapay dişlerle yürütülen eğitimi desteklemek amacıyla kullanılabileceğini bildirmiştir (21). Felszeghy ve ark. da haptik simülasyonun geleneksel uygulamaları destekleyebileceğini, ancak temel el becerisi eğitiminin başlıca yöntemi olarak kabul edilebilmesi için eğitim çıktılarının farklı cihazlar ve çalışma koşulları altında doğrulanması gerektiğini vurgulamıştır (22). Bu doğrultuda, haptik simülatörlerin seçiminde genel cihaz tercihinden çok hedeflenen eğitim kazanımları, sistemin görsel ve dokunsal özellikleri ve mevcut preklinik eğitimle nasıl bütünleştirileceği dikkate alınmalıdır (23).

Bu çalışmada değerlendirmelerin endodonti alanında görev yapan öğretim üyeleri ile uzmanlık eğitiminin en az iki yılını tamamlamış araştırma görevlileri tarafından yapılması, sonuçların yalnızca başlangıç düzeyindeki kullanıcı deneyimini değil, klinik uygulama açısından önem taşıyan cihaz özelliklerini de yansıtmasını sağlamıştır. Nitekim da Costa ve ark., SIMtoCARE'i değerlendiren öğretim üyelerinin öğrencilere göre daha eleştirel görüş bildirdiğini ve bu farklılığın özellikle dokunsal geri bildirim ile dental dokuların gerçekçiliğinde belirgin olduğunu göstermiştir (19). Bununla birlikte, deneyimli katılımcıların değerlendirmeleri öğrencilerin kullanım kolaylığını, beceri kazanımını veya öğrenme sürecini doğrudan yansıtmayabilir. Çapraz çalışma tasarımında her katılımcının iki simülatörü da aynı uygulama koşullarında değerlendirmesi kişiler arası farklılıkların etkisini azaltmıştır. Kullanım sırasının dengelenmesi ve değerlendirmelerde sıra etkisinin saptanmaması da cihazlar arasındaki karşılaştırmayı desteklemektedir. Ancak pilot örneklemin sınırlı büyüklüğü nedeniyle küçük bir sıra veya öğrenme etkisinin bütünüyle dışlandığı söylenemez.

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Tek merkezde ve sınırlı sayıda katılımcıyla yürütülen pilot çalışma tasarımı, bulguların genellenebilirliğini sınırlandırmaktadır. Değerlendirmelerin katılımcı görüşlerine dayanması nedeniyle preparasyon doğruluğu, işlem süresi ve beceri kazanımı gibi nesnel eğitim çıktıları hakkında doğrudan bir sonuca varılamaz. Ayrıca yalnızca sanal bir alt molar dişte giriş kavitesi preparasyonunun değerlendirilmesi, sonuçların farklı diş gruplarına ve endodontik işlemlere aktarılmasını güçleştirmektedir. Anket maddeleri üç endodontistin ortak değerlendirmesiyle oluşturulmuş olmakla birlikte, nicel bir kapsam geçerliği analizi yapılmamıştır. Ayrıca, çalışmaya özgü bir anket kullanılması sonuçların farklı araştırmalarla doğrudan karşılaştırılmasını sınırlayabilir. Çapraz tasarım ve dengeli uygulama sırasına rağmen, aynı katılımcının iki simülatörü ardışık günlerde kullanmasına bağlı öğrenme veya aktarım etkisi bütünüyle dışlanamaz. Uygulama öncesinde alışma süresi tanınmış olsa da katılımcıların cihazlara

uyum düzeyleri farklılık göstermiş olabilir. Bu durum, özellikle cihaz kontrolü ve kullanım kolaylığına ilişkin değerlendirmeleri etkilemiş olabilir.

Gelecekte yapılacak çok merkezli çalışmalarda daha geniş katılımcı gruplarının değerlendirilmesi ve öğrenciler ile deneyimli klinisyenlerin görüşlerinin ayrı ayrı incelenmesi yararlı olacaktır. Kullanıcı değerlendirmelerinin preparasyon süresi, kavite sınırlarının doğruluğu, gereksiz diş dokusu uzaklaştırılması ve işlem sırasında oluşan hatalar gibi nesnel ölçütlerle birlikte ele alınması, simülatörlerin eğitimsel değerinin daha kapsamlı biçimde değerlendirilmesini sağlayabilir. Ayrıca farklı diş gruplarını ve endodontik işlemleri içeren uzun dönemli çalışmalar, haptik simülasyonla kazanılan becerilerin kalıcılığı ve geleneksel preklinik uygulamalara aktarımı hakkında daha güçlü kanıtlar sunabilir.

5. SONUÇ

Bu randomize çapraz pilot çalışmada, 13 değerlendirme maddesinden yalnızca ağız içi anatomik yapıların gerçekçiliği açısından iki simülatör arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır. Katılımcılar bu maddede UniDraw'a daha yüksek puan vermiştir. Genel tercih sorusunda da UniDraw en sık seçilen seçenek olmuştur. Açık uçlu yanıtlarda UniDraw'ın görsel ve anatomik sunumu, SIMtoCARE'in ise dokunsal geri bildirimi öne çıkmıştır. Bu bulgular, simülatörlerden birinin eğitimsel açıdan genel olarak üstün veya iki sistemin eşdeğer olduğu sonucuna varmak için yeterli değildir. Cihaz seçiminde hedeflenen eğitim kazanımları ile sistemlerin görsel ve dokunsal özellikleri birlikte dikkate alınmalıdır. Haptik simülatörler, geleneksel preklinik eğitimi destekleyen tamamlayıcı eğitim araçları olarak değerlendirilmelidir.

"ENDODONTİK GİRİŞ KAVİTESİ EĞİTİMİNDE İKİ DENTAL HAPTİK SİMÜLATÖRÜN KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRİLMESİ: RANDOMİZE ÇAPRAZ PİLOT ÇALIŞMA" **Başlıklı Makalenin Araştırma ve Etik Beyanı Bilgileri**

Bu çalışma "Araştırma ve Yayın Etiği" değerlerine uygun olarak hazırlanmış ve intihal kontrol programında kontrol edilmiştir. Çalışmanın tüm sorumluluğu yazar(lar)a aittir.

Bilgilendirme	
Yazar Çıkar Çatışması Beyanı	Yazarlar, bu çalışmayla ilişkili herhangi bir çıkar çatışması bulunmadığını beyan etmektedir.
Finansal Destek	Bu araştırma için herhangi bir finansal destek alınmamıştır.
Yazar Katkı Oranı Beyanı	Yazarlar eşit oranda katkıda bulunmuşlardır.
Teşekkür	Yazarlar, çalışmaya katılarak her iki haptik simülatörü değerlendiren tüm katılımcılara teşekkür eder.
Etik Kurul Onay Belgesi	Bu çalışma için Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan onay alınmıştır (Karar No: 2026/394). Etik kurul onayının ardından, veri toplamaya başlanmadan önce Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinden kurum izni alınmıştır. Çalışma Helsinki Bildirgesi ilkelerine uygun olarak yürütülmüş ve tüm katılımcılardan elektronik ortamda bilgilendirilmiş gönüllü onam alınmıştır.
Ölçek İzni	Çalışmada hazır bir ölçek kullanılmamıştır. Araştırmacılar tarafından çalışmaya özgü olarak geliştirilen anket kullanıldığından ölçek izni gerekmemektedir.

KAYNAKÇA

1. Silva, E., De-Deus, G., Souza, E. M., et al. (2022). Present status and future directions – minimal endodontic access cavities. International Endodontic Journal, 55(Suppl 3), 531–587. https://doi.org/10.1111/iej.13696
2. Sanchez-Herrera, G., Deeb, O., Alfaro-Ochoa, F. J., et al. (2025). Effect of prior haptic virtual reality simulation on preclinical endodontic access cavity preparation. Frontiers in Oral Health, 6, 1673147. https://doi.org/10.3389/froh.2025.1673147
3. Gramatges-Rojas, A., Sittoni-Pino, M. F., Flacco, N., et al. (2025). Can haptic reinforced VR simulation transform preclinical pulpotomy training? Insights into skill acquisition, student perceptions, and educational impact: Randomized controlled trial. Frontiers in Oral Health, 6, 1677056. https://doi.org/10.3389/froh.2025.1677056
4. Al-Saud, L. M., Mushtaq, F., Allsop, M. J., et al. (2017). Feedback and motor skill acquisition using a haptic dental simulator. European Journal of Dental Education, 21(4), 240–247. https://doi.org/10.1111/eje.12214
5. Suebnukarn, S., Haddawy, P., Rhienmora, P., & Gajananan, K. (2010). Haptic virtual reality for skill acquisition in endodontics. Journal of Endodontics, 36(1), 53–55. https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.020
6. Moussa, R., Alghazaly, A., Althagafi, N., Eshky, R., & Borzangy, S. (2022). Effectiveness of virtual reality and interactive simulators on dental education outcomes: Systematic review. European Journal of Dentistry, 16(1), 14–31. https://doi.org/10.1055/s-0041-1731837
7. Suebnukarn, S., Hataidechadusadee, R., Suwannasri, N., et al. (2011). Access cavity preparation training using haptic virtual reality and microcomputed tomography tooth models. International Endodontic Journal, 44(11), 983–989. https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01899.x
8. Daud, A., Matoug-Elwerfelli, M., Khalid, A., & Ali, K. (2024). The impact of virtual reality haptic simulators in pre-clinical restorative dentistry: A qualitative enquiry into dental students' perceptions. BMC Oral Health, 24(1), 988. https://doi.org/10.1186/s12903-024-04704-w
9. de Boer, I. R., Lagerweij, M. D., de Vries, M. W., Wesselink, P. R., & Vervoorn, J. M. (2017). The effect of force feedback in a virtual learning environment on the performance and satisfaction of dental students. Simulation in Healthcare, 12(2), 83–90. https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000208
10. Hattori, A., Tonami, K. I., Tsuruta, J., et al. (2022). Effect of the haptic 3D virtual reality dental training simulator on assessment of tooth preparation. Journal of Dental Sciences, 17(1), 514–520. https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.06.022
11. Usta, S. N., Silva, E., Keskin, C., et al. (2026). A comparison of traditional and virtual reality haptic simulator approaches in preclinical endodontic training: Impacts on skill acquisition, confidence and stress. International Endodontic Journal, 59(6), 1083–1092. https://doi.org/10.1111/iej.14236
12. Bandiaky, O. N., Loison, V., Volteau, C., et al. (2026). Benefits of using immersive virtual reality in haptic dental simulation for endodontic access cavity training: A comparative crossover study. International Endodontic Journal, 59(6), 1110–1121. https://doi.org/10.1111/iej.14252
13. Duan, M., Lv, S., Fan, B., & Fan, W. (2024). Effect of 3D printed teeth and virtual simulation system on the pre-clinical access cavity preparation training of senior dental undergraduates. BMC Medical Education, 24(1), 913. https://doi.org/10.1186/s12909-024-05869-2
14. Javed, M. Q., Arjumand, B., Klarkodi, S. H., et al. (2025). Influence of virtual reality simulation (excluding augmented reality) on endodontic learning experiences of undergraduate dental students: A systematic review. BMC Medical Education, 25(1), 1013. https://doi.org/10.1186/s12909-025-07553-5
15. Bencharit, S., Quinn, B., Sittoni-Pino, M. F., et al. (2025). Insights from the global education survey on the use of VR-haptics in dental education. Frontiers in Dental Medicine, 6, 1576646. https://doi.org/10.3389/fdmed.2025.1576646
16. Patil, S., Bhandi, S., Awan, K. H., et al. (2023). Effectiveness of haptic feedback devices in preclinical training of dental students—a systematic review. BMC Oral Health, 23(1), 739. https://doi.org/10.1186/s12903-023-03410-3
17. Bandiaky, O. N., Lopez, S., Hamon, L., et al. (2024). Impact of haptic simulators in preclinical dental education: A systematic review. Journal of Dental Education, 88(3), 366–379. https://doi.org/10.1002/jdd.13426
18. Li, Y., Ye, H., Wu, W., et al. (2025). Effectiveness and methodologies of virtual reality dental simulators for veneer tooth preparation training: Randomized controlled trial. Journal of Medical Internet Research, 27, e63961. https://doi.org/10.2196/63961

19. da Costa, J. B., Lubisich, E., Chaundhry, S., & Fugolin, A. P. P. (2026). Comparison of student and faculty perceptions of dental haptic simulation in caries removal training. Journal of Dental Education. https://doi.org/10.1002/jdd.70221

20. Folguera, S., Bayon, P., Baena, S., & Flesariu, A. (2026). Impact of haptic simulators and 3D-printed teeth on dental students' self-assessment of endodontic access cavities: A comparative pilot study. International Endodontic Journal, 59(6), 1213–1226. https://doi.org/10.1111/iej.70021

21. Slaczka, D. M., Shah, R., Liu, C., Zou, F., & Karunanayake, G. A. (2026). Endodontic access cavity training using artificial teeth and Simodont® dental trainer: A comparison of student performance and acceptance. International Endodontic Journal, 59(6), 1048–1056. https://doi.org/10.1111/iej.14171

22. Felszeghy, S., Mutluay, M., Liukkonen, M., et al. (2025). Benefits and challenges of the integration of haptics-enhanced virtual reality training within dental curricula. Journal of Dental Education, 89(7), 1070–1083. https://doi.org/10.1002/jdd.13800

23. Serrano, C. M., Bakker, D. R., Zamani, M., et al. (2023). Virtual reality and haptics in dental education: Implementation progress and lessons learned after a decade. European Journal of Dental Education, 27(4), 833–840. https://doi.org/10.1111/eje.12873