

BÖLÜM 1

CİLTTEKİ İNSAN ISIRIK İZİNİN ANALİZİNDE KULLANILAN 3D TEKNOLOJİLER

Begüm ALKAN¹

Adli odontoloji, canlı/ölü bireyin kimliklendirilmesi için ağız, çene ve dentisyon özgünlüğünden yararlanan, bir adli bilim alt dalıdır. Isırık izi analizinden, fail kimliklendirmesi de adli odontologların ilgilendiği konulardan biridir. Tecavüz, saldırı veya savunma sırasında bırakılan ısırık izinde; DNA'ya ilişkin bilgilerin toplanmasının ardından, ağzın temsili yapısını gösteren dentisyonun cilt üzerinde oluşturduğu desen en kısa sürede kayıt altına alınır. Bu kayıt, özellikle görgü tanığının bulunmadığı ve faile ait yeterli DNA'nın elde edilemediği olgularda çok önemlidir.

İnsanlığın var olmasıyla eş zamanlı süregelen fiziksel şiddet eylemleri, yıllar geçtikçe medya aracılığıyla daha da görünür hale gelmiş ve son yıllarda artan vaka sayılarında (1,2) delil olarak çok sayıda ısırık izi bulunduğu resmi kayıtlara geçmiştir (3). Özellikle, ceza davalarında delil olabilecek ısırık izi için son teknolojik gelişmelerden faydalanarak oluşturulan metotların, potansiyel faili dahil etme veya hariç tutma hususunda yeterli kanıt oluşturarak adalete yardım etmesi beklenmektedir.

ISIRIK İZİNİN ADLİ POTANSİYELİ

Failin ısırık izi mağdurun cildinde veya mağdurun ısırık izi failin cildinde görülebilir (4). Isırık izi delili, zaman zaman yeterince objektif analiz edilmemesi nedeniyle eleştirilmiş olsa da (5) pek çok adli olayda, önemli görülmüş ve potansiyel failin mahkûm edilmesinde kullanılmıştır (4,6-8). Hatta en çok bilinenlerden biri; 1970'lerde minimum 20 kadının öldürülmesinden sorumlu tutulan Amerikalı seri katil ve aynı zamanda psikoloji uzmanı olan Ted Bundy'nin, son kurbanlarından birinin kalçasında bıraktığı ısırık izi sayesinde resmen hüküm giymesi ve ölüm cezasına çarptırılmasıdır (9).

Amerika Birleşik Devletleri'nin yüksek mahkeme davalarında, bilirkişinin ifadesinin kabul edilebilmesi için, kullandığı kimliklendirme analizinin tekrar-

¹ Periodontoloji Uzmanı, Özel Klinik, İstanbul, Türkiye
PhDc, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü, Tıp Bilimleri AD.,
alkan.bgm@gmail.com

lanabilir yöntemlere dayandırılmış olması gerekmektedir (10). Doksanlı yıllarda alınan Daubert kararında, adli tıp disiplinlerinde kullanılan tekniklerin ve yöntemlerin temelindeki bilimsel teorilerin geçerliliğinin eleştirel şekilde yeniden değerlendirilmesi gerektiği görüşüne yer verilmiştir (11). Bilirkişi iddiasının mahkeme tarafından kabul edilebilmesi için kullanılan analiz tekniğinin; test edilip edilmediğinin, meslektaş incelemesini takriben yayımlanıp yayımlanmadığının, hata oranının bilinip bilinmediğinin ve ilgili bilim camiasında genel olarak kabul edilip edilmediğinin sorgulanması gerekmektedir (11).

DNA'nın keşfinden sonra, ısırık izi delilinin yanlış yorumlanmasından kaynaklı hatalı mahkumiyet raporları ortaya çıktıkça (7,12) International Organization for Forensic Odonto-Stomatology (13), American Board of Forensic Odontology (14) ve National Academy of Sciences (15) gibi müesseseler farklı farklı zamanlarda, ısırık izi delilini muhafaza etme yöntemlerinin ve çakıştırma kullanılan bilimsel analizlerin yetersiz olduğunu ve daha fazla bilimsel çalışma yapılması gerektiğini vurgulamıştır. Son yıllarda ısırık izi analizlerini iyileştirmek adına yapılan çalışmalarda belirgin artış olmuştur (16-19). Özellikle, yaralanmanın 4D (en, boy, derinlik ve zaman) doğası göz önüne alındığında, 3D teknolojisine dayalı yaklaşımların, objektifliği artırarak ısırık izi analizinin doğruluğunu iyileştirdiği, ama mükemmelleştirmediği bildirilmiştir (17,20-23). Kullanılan temassız 3D tarayıcıların hassasiyetlerinin ve bilgisayar tabanlı yazılımlarının otomatik algılama kapasitelerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

DENTİSYONUN EŞSİZLİĞİ TEORİSİ

Dişlerin morfolojisi, şekli, boyutu, restorasyonu, patolojisi, aşınması, kırılması, rotasyonu, eksikliği, arktaki konumu gibi özelliklerin ve ısırığın 3D dinamiği ile oluşabilecek ısırık izi kombinasyonlarının, kişiler arası birebir eşleşmeyi imkansız kılarak, her bireye eşsiz bir dental kimlik kazandırdığı ileri sürülmüştür (9,24). Analizler, ısırma dişlerinin oluşturacağı eşsiz ısırık izinin cilt üzerinden doğru şekilde kaydedilebileceğini varsayarak, potansiyel faili dahil etme ve hariç tutma için yapıldığından adli değerlendirmelerde büyük önem taşırlar (21,25-29). Isırık izi analizinin, bir parmak izi veya bir DNA izi kadar eşsiz bir profil vereceğini iddia etmek doğru olmayacaktır (30). Eskiden parmak izinden veya DNA izinden failin herhangi bir fiziksel profili elde edilemezken (9), günümüzde genotipten fenotipe gidilebilmekte, yani DNA analizi yapılan kişiyle ilgili detaylı fiziksel özellikler öğrenilebilmektedir (31); dentisyon karakterinin ayrıca bilinmesi bu profile ciddi katkı sağlayacaktır.

Geleneksel yöntemlerle elde edilen diş modellerindeki parametrelerle, bu modellerin 3D tarayıcılarla elde edilen görüntüleri arasındaki parametrelerde anlam-

lı fark olmadığının ortaya çıkması (32) ısırık izi analizlerinin manuel fotoğraflardan dijital görüntülere evrilmesiyle sonuçlanmıştır. Dentisyonun kişiye özgü olup olmadığı üzerine çeşitli 3D teknolojiler kullanarak yapılan çalışmalarda, her bireyin dentisyonunun eşsiz olduğu (30,33,34) veya bu iddiaya dikkatli yaklaşılması gerektiği (17,18,35-38) sonucuna ulaşılmıştır. Dentisyonun eşsizliğine körü körüne inanmak, pozitif DNA testinin yokluğunda, ısırık izi analizinin potansiyel faili işaret edebilmesi açısından oldukça heyecan verici olacaktır; ama ortodontik tedavilerin dentisyondaki eşsizliği azaltabileceği (37), farklı analiz yöntemlerinin birbiriyle tutarsız sonuçlar verebileceği (37), örneklem boyutu büyüdükçe eşsizliğin azalacağı (37), eşsizlik olsa bile benzer dentisyonlar arasında özdeşleşme hataları yapılabileceği (38) ve yetişkinlerde büyüme gelişme tamamlansa dahi dişlerin yaşam boyu ark içinde yer değiştirmeye devam edeceği unutulmamalıdır.

Bir adli odontoloğun adalet sistemine en iyi hizmeti verebilmesi için seçeceği analiz prosedürünü çok iyi bilmesi yetmez, o prosedürün sınırlılıklarına da hakim olması gerekir; çünkü çakışmalardaki özgünlüğü mahkemeye gerçekçi biçimde tasvir edebilmelidir (38). Kantitatif analiz teknikleriyle sonuç kalitesini artıracak yeni yaklaşımları denemek ve böylece mahkemede sunulan delillerin sağlam bir temele sahip olmasını sağlamak çok önemlidir (16).

ISIRIK İZİ ANALİZİNİN ZORLUKLARI

Adli odontolojide en önemli zorluk, ısırık izini tanımlamak, çıkarmak ve incelemektir (39). Bir ısırık izi, yaratıcısı hakkında çok bilgi içerir, ancak bu bilgi adeta şifreli (9). Başlangıçlı 3D olan bir ısırık izini, fotoğraflarla 2D biçimde yorumlamak, ister istemez bilgi kaybına yol açacaktır (9). Ancak, araya zaman girdikçe, dişlerin oluşturduğu derinlik cildin viskoelastikiyeti nedeniyle kaybolacak (9), çoğu adli vakada olduğu gibi karakteristik dentisyon girintileri kaydedilemeyecek ve geriye sadece ısırık izinin hematomu kalacaktır (6).

Isırma, maksilla, mandibula ve mağdurun tepkisi olmak üzere üç hareketli bir sistem içerisinde meydana gelir (21). Gerçek adli bir vakada, ısırılan yüzeyin olay anındaki konumu genellikle bilinmez (40) ve aynı dentisyon ısırma açısına göre farklı desenlerde izlere neden olur (41). Bu nedenle mükemmel ısırık izi analizinin; morfolojik, konumsal ve zamansal verilerle yapılması gerekir (42).

Isırık izi çakıştırması için çeşitli yöntemler mevcuttur; ancak hiçbiri adli odontologlar arasında ideal yaklaşım olarak belirlenememiştir (29). En geleneksel çakıştırma metotları, çekilen ısırık izi fotoğrafının (43), potansiyel failin diş modeliyle/fotoğrafıyla (44) karşılaştırıldığı incelemelere dayanır. Ancak, 3D bir nesnenin 2D olarak görüntülendiğinde hata payı olacağı gerçeği yadsınamaz

(9,20). American Board of Forensic Odontology (14) tarafından belirtildiği şekilde; yakın çekim, görüntüye 90 derecelik açıyla dik ve iyi aydınlatmayla yüksek kalitede kayıt altına alınmalıdır.

Gerçek adli vakalarda ısırık izi analizini kolaylaştıracak dentisyon girintileri, insan cildinde nadiren görülür (19). Çünkü, ısırık izi zaman içinde bükülme, büzülme ve bozulmayla deforme olacaktır (41,45). Şayet dişlerin cilde nüfuz ettiği yerde hala girintiler var ise bu bölgeden de ölçü almak gerekir (9,44). DNA'nın keşfinden sonra bu prosedüre, öncelikli olarak mümkün olan en kısa sürede ısırık bölgesinden numune alınması ve DNA analizi yapılması eklenmiştir (44). DNA'nın keşfinden sonra, ısırık izi analizinden kaynaklanan haksız mahkumiyetlerin ortaya çıkması, ısırık izi analiz yöntemlerinin yeterliliğinin ciddi derecede sorgulanmasına yol açmıştır (46).

Alçı modelleme sırasında delil tahribatları, numune alınması sırasında yaşanan kontaminasyonlar, delillerin taşınmasındaki zorluklar ve ısırık izi analizindeki karmaşıklıklar gibi sınırlılıklar, araştırmacıların yeni 3D tarama teknolojilerine yönelmesine neden olmuştur (21,47-50). Teknolojinin gelişmesiyle çeşitlilik kazanan ileri görüntüleme teknikleriyle birlikte ısırık izi analizi, adli bir olayda artık ret veya inkar edilemeyecek ölçüde, dikkate alınması gereken somut bir nitelik kazanmıştır.

3D TEKNOLOJİSİNİN ISIRIK İZİ ANALİZİNDEKİ YERİ

3D tarama, mevcut bir parçanın 3D tarayıcılarla sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına aktarılması işlemidir (51). 3D tarayıcı, bir nesnenin yüzeyinden toplanan geometrik verilerden nokta bulutları oluşturur (48). Nesnenin şekli, her bir ölçüm noktasının bilinen uzaysal konumu üzerindeki dijital verilerden yeniden oluşturulur (48). Bu hassas teknoloji, nesnelere, bilgisayar ortamına tüm ayrıntılarıyla hızlı ve tahribatsız şekilde aktarır (52). 3D tarayıcı ve fotoğraf makinesiyle toplanan verileri karşılaştırmak için ise özelleştirilmiş bilgisayar tabanlı yazılımlara ihtiyaç vardır (53).

3D tarayıcıların iki türü bulunmaktadır; temaslı türler ve temassız türler (52). Temaslı 3D tarayıcılarının yavaşlığı ve delile değmesi sonucu kontaminasyon/tahribat olması, araştırmacıları farklı kulvarlarda hassasiyetlerini kanıtlamış olan temassız 3D tarayıcılara yöneltmiştir (20,48,53). Ancak, bazı güncel çalışmalarında, temassız 3D lazer tarayıcılarının özellikle ön kesicilerin keskin kenarlarını tayin etmede sorun yaşayabileceği, araştırmacıların bu hata payını gözden kaçırmaması gerektiği vurgulanmıştır (48,53).

ÖNCÜ ÇALIŞMALARIN AYRINTILI İNCELEMESİ

Hem diş modeline hem de ciltteki girintili gerçek adli ısırık izine 3D teknolojisi kullanarak yapılan ilk çalışma 2003 yılında Thali ve arkadaşları (20) tarafından umut verici bulgularla yayımlanmıştır. Potansiyel faillerden elde edilen diş modelleri Picza-3D[®]-contact-scanner ile taranmış ve dijitalleştirilmiştir. Mağdurun sırtındaki ısırık izi ise fotoğraflanıp bilgisayara aktarılmış ve RolleiMetric[®]-software kullanılarak farklı açılardan alınan fotoğrafların, ciltte belirlenen noktalara göre uzaydaki konumu hesaplanıp, ısırık izinin 3D dijital görüntüsü oluşturulmuştur. Diş modellerinin ve ısırık izinin 3D dijital görüntüleri 3D/CAD programıyla karşılaştırılmış ve sonuç olumlu çıkmıştır. Çalışmanın bulgularında; yazarların Forensic-3D/CAD-Supported-Photogrammetry olarak isimlendirdiği bu dijital görüntüleme tekniğinde, standart fotoğrafçılıkta karşılaşılabilecek hiçbir artefaktın olmadığı, doğru diş modeli ve ısırık izi arasında doğru metrik analiz yapılabildiği, her bir ısırma dişinin topografisinin görülebildiği ve dentisyon-iz etkileşiminin başarılı şekilde görselleştirilebildiği bildirilmiştir. Çalışmanın sınırlılıkları ise; doğru bir karşılaştırma yapabilmek için dişlerin ciltte mutlaka girintiler bırakması ve seri fotoğraf çekimleri için bir miktar deneyim gerektiğidir. Ancak, bu tekniğin sonuçları, optik tarayıcılarla desteklenememiştir (54).

Diş modelinin 3D görüntüsünde, sayısız ısırma düzlemi varyasyonu yapabilen bilgisayar tabanlı yeni bir yazılımın tanıtıldığı çalışmada (21), karşılaştırma işlemi için gereken doğru düzlemin, hızlı ve objektif şekilde belirlenebildiği bildirilmiştir. Diş modelleri Picza-3D[®]-contact-scanner kullanılarak taranıp bilgisayara aktarılmış ve DentalPrint[®]-software kullanılarak modelin her farklı açısındaki ısırma dişlerinin en yüksek noktaları otomatik olarak belirlenmiştir. DentalPrint[®]-software ısırmanın dinamiğini koruyarak hem farklı açılardaki hem de farklı basınçlardaki ısırma kenarlarını belirleyebilmiş ve bunlardan veri tabanı oluşturabilmiştir. Görüntülerde tekrarlanabilir ölçümler yapılabilse de 3D görüntüde manipülasyon yapılması DentalPrint[®]-software tarafından engellenmiştir. 3D görüntülerden ısırma kenarı elde etmek için kullanılan DentalPrint[®]-software prosedürü kabaca şöyledir: önce, dijital görüntüden farklı ısırma açıları için en yüksek noktaların seçilmesi ve seçilen en yüksek üç noktadan bir temas düzlemi oluşturulması; sonra, temas düzleminin seçilen derinlik ve açığa bağlı olarak farklılaşan ısırma kenarlarını tekrar tekrar tanımlaması.

Görüntü algılama yazılımı kullanılarak karşılaştırma yapılan bir çalışmada (55), diş modelleri Epson-Expression-1680-Pro[®]-scanner ile taranmış, ısırık izinin gerçek boyutlu fotoğrafları 256 farklı gri tonlamayı görünür kılabilen Adobe-Photoshop[®]-software kullanılarak işlenmiş ve sonuçta yapılan karşılaştırmaların başarılı

olduğu bildirilmiştir. İsrırma kenarı profillerinin seçimi, uzmanın dijitalleştirilmiş görüntüde vurgulanacak alanları belirlemesine bağlı olduğundan yöntem ister istemez subjektiflik içermektedir (56).

Yeni nesil DentalPrint®-software çakıştırma sonuçlarını, Adobe-Photoshop®-software çakıştırma sonuçlarıyla karşılaştıran bir çalışmada (22); ilk grupta, modeller Picza-3D®-contact-scanner ile taranıp dijital görüntüler DentalPrint®-software kullanılarak işlenmiştir; ikinci grupta ise modeller fotoğraflanıp Adobe-Photoshop®-software kullanılarak işlenmiştir. Aynı modeller kullanılarak domuz cildinde oluşturulan deneysel ısırik izleri ise sadece fotoğraflanıp Adobe-Photoshop®-software kullanılarak işlenmiştir. Sonuçta, DentalPrint®-software kullanılarak yapılan çakıştırmaların, Adobe-Photoshop®-software kullanılarak yapılanlardan daha doğru eşleştirmeler sağladığı bildirilmiştir.

Bir diş modelinin 3D dijital görüntüsü ve bir kadvrada oluşturulan deneysel derin ısırik izi modelinin 3D dijital görüntüsünü, Geomagic-Version-five®-software kullanılarak çakıştıran bir çalışmada(5); dentisyon ile ısırik izi arasında korelasyon gösterilmiştir. Ancak, bu bulgunun sadece ısırik izi girintili çıkıntılı olduğunda elde edilebileceği bildirilmiştir.

Deneysel ısırik izinin 4 gün boyunca çekilen fotoğraflarını zaman sıkıştırılmış video haline getiren bir çalışmada (40), elde edilen 3D animasyonun ısırik izinin doğasını anlamak ve anlatmakta ekili olup olamayacağına bakılmıştır. Gönüllülerin kollarında oluşturulan deneysel ısırik izinin fotoğrafları bilgisayara aktarılıp Dimensional-Imaging-3D-Photogrammetry®-software kullanılarak dijital 3D görüntülere dönüştürülmüş ve Autodesk-Maya-2015®-software kullanılarak ısırik izinin 3D animasyonu yapılmıştır. Animasyon, hematom rengindeki ve cildin şeklindeki değişiklikleri yüksek kaliteli çözünürlükte görselleştirmiş ve ısırik izinin karmaşık doğasını ayrıntılı belgelemede başarılı olmuştur. Animasyonların teatral potansiyeli, savların mahkemede kabul edilmesine katkı sağlayabileceği ve veri tabanı oluşturulmuş ısırik izinin yaşını belirlemede faydalı olabileceği görülmektedir. Ancak, gerçek adli ısırik vakalarında, fotoğraflama sırasında dentisyon girintilerinin genelde ciltten kaybolmuş olduğu ve bir ısırik izinin ardışık günlerde fotoğraflamı çekmenin gerçekte pek pratik olmayacağı unutulmamalıdır.

İsırık izi fotoğrafindan potansiyel dentisyonu tanımlayabilen bilgisayar tabanlı yeni bir yazılımın tanıtıldığı çalışmada (29) ısırik izi fotoğrafları ve dijital 3D diş modeli görüntüleri ilk kez aynı yazılım teknolojisi kullanılarak çakıştırılmış ve bulguların olumlu sonuçları sayesinde yöntemin gerçek adli vakalarda uygulanabilir olduğu ifade edilmiştir. İsırık izlerinin, 16 tanesi domuz cildinde deneysel oluşturulmuş, iki tanesi gerçek adli vakadan sağlanmıştır. Çekilen fotoğraflar

Microsoft-Visual-C-Studio-2005-Professional-Edition programıyla geliştirilen yeni nesil bilgisayar tabanlı yarı otomatik BitePrint®-software kullanılarak işlenmiştir. Diş modelleri bir tarayıcı kullanılarak bilgisayara aktarılmış ve ısırma kenarlarının dijital 3D görüntüsünün doğrulanması için önce DentalPrint®-software sonra BitePrint®-software kullanılmıştır. Böylece hem ısırık iz fotoğrafı hem de dijital 3D ısırma kenarı görüntüsü için aynı yazılım teknolojisi kullanılmış olmaktadır. BitePrint®-software güçlü yönleri; ısırık izinin adli olarak tanımlanması için kantitatif öneme sahip parametreler sağlaması, yarı-otomatik olması nedeniyle manuel olan diğer ölçüm metotlarına göre insan ısırık izi analizindeki subjektif bileşeni minimuma indirmesi ve 3D görüntüleri oluşturulan modellerin ısırma kenarlarını tek başına da belirleyebilmesidir (data gösterilmemiştir). Bu çalışmanın sınırlılıkları ise; her ne kadar çalışmanın amacının insan ısırması sonrası morarmış insan cildinin fotoğraflarından diş izlerini tanımlamak olduğu ifade edilmişse de ısırık izinin %89'unun insan diş modelleriyle ölü yavru domuzların cildinde deneysel ısırık izi olarak oluşturulmuş olması, ısırık izinin fotoğrafla elde edilmesinin yaptığı olası bozulmaların sonraki dijital ölçüm süreçlerini olumsuz etkilemesi ihtimali, çalışmanın ısırık izinin rastgele değil de belirgin olduğu seçilmiş fotoğraflarla yapılması ve yazılım algoritmasının başlaması için ilk elips çiziminin ve dişlerdeki ısırma işaretlerinin etiketlenmesinin uzman biri tarafından elle yapılması gerekliliğidir. Ciltteki ısırık izinin fotoğrafını işlemek için kullanılan BitePrint®-software prosedürü şöyledir: Uzmanın ayırt edebildiği her dişin uzunluğunu ve genişliğini çizmesini takriben yazılımın her iki çizgiyi de dik yapıp her diş için bir elips oluşturması, yazılımın çizilen elipslerin merkezlerinden minimum hatayla geçen bir yarım ark çizgisi oluşturması, uzmanın merkezi kesici dişler arasından bir noktayı işaretlemesini takriben yazılımın bu noktadan yarım arkın merkezine doğru açılmal konumu hesaplayacak olan bir çizgi çizmesi, yazılımın yarım ark çevresindeki renkleri ölçmesi ve son olarak her bir diş işaretinin kaninler arası mesafesini, dönüşünü, eksantrikliğini, açılmal konumunu ve arka olan mesafesini hesaplayıp bir algoritma çalıştırması.

BitePrint®-software kullanılarak yapılan fotoğraflardan ısırık izi analizini geliştirmek için, en önemli dental parametreleri belirlemeyi amaçlayan bir çalışmada (19), çakışmaların dörtte üçünün daha sık çapraşıklık göstererek belirgin bireysel-lik yaratan alt ısırma dişlerine dayandığı ve en dikkat çekici doğruluğu sunan parametrenin rotasyon olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, çakıştırma kombinasyonlarından bir matris oluşturulmuş ve yazılımın, ısırık izini oluşturan dentisyona doğru pozitif teşhis koyma oranı %92 bulunurken, doğru negatif teşhis koyma oranı %53 bulunmuştur. Isırık izlerinin, 16 tanesi domuz cildinde deneysel oluşturulmuş, iki tanesi gerçek adli vakadan sağlanmış ve çekilen fotoğrafları BitePrint®-software

kullanılarak işlenmiştir. Diş modelleri 2020i-Desktop-3D^{*}-laser-scanner kullanılarak taranıp bilgisayara aktarılmış ve DentalPrint^{*}-software kullanılarak oluşturulan ısırma kenarlarının dijital 3D görüntüsü, BitePrint^{*}-software kullanılarak belirginleştirilmiştir. Yazarlar, DentalPrint^{*}-software ve BitePrint^{*}-software sonuçlarının güvenilir olduğunu ve insan ısırık izi vakalarını içeren ceza davalarında uygulanabilir olduğu ifade etmiştir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Yeni nesil portatif, non-invaziv, kullanımı kolay ve hızlı ağız içi 3D tarayıcılar, diş ölçüsünün alınmasında geleneksel yöntemle iyi bir alternatiftir. Geleneksel yöntemin ölçü materyalini karıştırma, model dökme ve alçı sertleşmesini bekleme basamakları ortadan kalkar. Ayrıca, bu yöntemleri uygulayan personele bağlı komplikasyonlar ve adli ekibin tükürükte bulunan patojenlere maruziyeti de minimuma inmiş olur (48).
2. Üç boyutlu tarayıcılar, hem ağız içinden yaptığı hem de diş modeli yüzeyinden yaptığı kayıtlarda yüksek çözünürlükte görüntüler sunarlar. Bilgisayar tabanlı yazılımlar, var olmayan verileri kendiliğinden üretilmediği için dentisyon kayıtlarında objektifliği artırarak insandan kaynaklanabilecek hataları minimuma indirir, böylece çalışmaların devamında yapılacak analizler için daha güvenilir veriler sunarlar. Ancak, bazı 3D tarayıcılar için dentisyon kaydı sırasında uyumsuzluklar yaşandığı bildirilmiştir (57,58). Ayrıca, keskin ısırma kenarları taraması sırasında bildirilen hata oranları unutulmamalı (53), gerçek adli vaka pratiklerinde materyal ve yöntemlerin sınırlılıkları bilinmeli ve dikkatli olunmalıdır.
3. Üç boyutlu taramalar ve uygun bilgisayar tabanlı yazılımlarla 3D dijital görüntüleri oluşturulan dentisyon ve ısırık izinin, her ihtimali kapsayan sonsuz kombinasyondaki çakıştırması hızlıca yapılabilir.
4. Sanal görüntülerinden oluşan sınırsız veri tabanı arşivi oluşturulabilir. Böylece, delil zincirini sürdürmek ve takip etmek çok daha kolay hale gelir (48). Adli ekip üyeleriyle anında iletişim için dijital dosya bir bulut sunucusuna yüklenebilir ve ekibin uzaktan çalışmasına olanak tanınarak delil veya faile maruz kalan kişi sayısını minimuma indirilir (53,59). Ayrıca bilirkişinin, hakim delillerdeki tutarlılığı veya tutarsızlığı anlayabilmesi için, mahkeme salonunda sanal olarak sunum yapılması da sağlanabilir (60).
5. Kalıcı dişlerin ölçünceye dek sabit kalacağı fikri yanlıştır. Yetişkinlerde büyüme gelişme tamamlansa dahi dişlerin yaşam boyu ark içinde yer değiştirmeye devam edeceği unutulmamalıdır. Bu hareketin süresi kişiden kişiye ve ağızdaki lokal faktörlere göre çok değişkendir. Bu nedenle adli vaka üzerinden yıllar

- geçtikçe ısırık izinin delil gücü zayıflayacaktır.
6. Konuyla ilgili literatürün materyal-metodunda gerçek adli vakalar kullanan çalışmalar şaşkırtıcı derecede azdır ve hiçbirinin metodu geniş örneklem büyüklüğünde gerçek adli vakalarla henüz doğrulanmamıştır. Çalışmalarda gerçek adli vakaların kullanılması, mahkeme kararlarını standart olarak kullanmayı gerektireceğinden ısırık izi analizinin etkinliğine yönelik çalışmalarda potansiyel zayıflık olarak görülmüştür (22).
 7. Çalışmaların çoğunda oluşturulan deneysel ısırık izinin analizinde cilt üzerinde varlığını koruyan girintili-çukuntulu topografi hem 3D tarayıcılar hem de bilgisayar tabanlı yazılımlar tarafından daha iyi hassasiyetle algılanacağından (25) kullanılan materyallerin pozitif çakıştırma başarısının yüksek çıkması sürpriz olmamalıdır (28,33). Ancak, ısırma dinamiği 4D yapıdadır. Gerçek adli vakalarda, ciltteki dentisyon izi, olaydan analize kadar geçen süre zarfında, deri ve kasların viskoelastisitesinden dolayı ortadan kalkacak (6), geriye sadece hematoma kalacaktır (21). Günümüzde en hızlı kayıt aletinin herkesin elinin altında bulunan akıllı telefonlar olduğunu göz önünde bulundurursak, çeşitli uygulamalarla sağlanacak fotoğraf ve video kayıtlarını dijital 3D görüntülere dönüştüren teknolojilerin ve hematoma renklerini otomatik algılayan bilgisayar tabanlı yapay zeka yazılımlarının geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Şu an bu seviyeye en yakın iş birliğini, DentalPrint®-software ve BitePrint®-software sağlamıştır (21,33); ancak geniş örneklem büyüklüğünde gerçek adli vakalarla yapılmış çalışmalara ihtiyaç vardır.
 8. Yapılan çalışmalarda deneysel ısırık izini oluşturmak için çoğunlukla domuzlar kullanılmıştır. Taze kesilmiş içi boşaltılmış domuz yavrularının cildinin, insaninkinin doğru bir analogu olarak kabul edilebileceği bildirilmiştir (65,66). Yine de bir ısırık izi delilinin, potansiyel failin mahkum edilmesinde kullanılabileceği gerçeğini göz önünde bulundurursak, deneysel ısırık izi analizi üzerinde başarılı bulunan materyal-metodun, mahkeme sonuçlarıyla faili teyit edilen gerçek vakalarda ne denli doğru çakıştırma yapabileceğini görmek ilgi çekici olacaktır.
 9. Her ne kadar kullanılan cihaz ve yazılımların ısırık izi analizi için yüksek potansiyelli olduğu övülse de, gerçek adli vakaların analizinin, 3D tarayıcılar ve bilgisayar tabanlı yazılım teknolojileri konusunda iyi eğitim almış uzman adli odontologlar tarafından yürütülmesi sağlanmalıdır.

TEŞEKKÜR

Katkılarından dolayı Doç. Dr. Neslihan Demirel-Özveren'e, Prof. Dr. Faruk Aşıcıoğlu'na ve Cüneyt Tırnava'ya teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

1. Campbell AM. An increasing risk of family violence during the Covid-19 pandemic: strengthening community collaborations to save lives. *Forensic Science International: Reports*, 2020; 2, 100089. Doi: 10.1016/j.fsir.2020.100089.
2. Viero A, Barbara G, Montisci M, diğer. Violence against women in the Covid-19 pandemic: a review of the literature and a call for shared strategies to tackle health and social emergencies. *Forensic Science International*, 2021; 319, 110650. Doi: 10.1016/j.forsciint.2020.110650.
3. Freeman AJ, Senn DR, Arendt DM. Seven hundred seventy eight bite marks: analysis by anatomic location, victim and biter demographics, type of crime, and legal disposition. *Journal of Forensic Sciences*, 2005; 50 (6), 1436-1443. Doi: 10.1520/JFS2005178.
4. Sweet D, Pretty IA. A look at forensic dentistry-Part 2: teeth as weapons of violence-identification of bitemark perpetrators. *British Dental Journal*, 2001; 190 (8), 415-418. Doi: 10.1038/sj.bdj.4800990.
5. Lasser AJ, Warnick AJ, Berman GM. Three-dimensional comparative analysis of bitemarks. *Journal of Forensic Sciences*, 2009; 54 (3), 658-561. Doi: 10.1111/j.1556-4029.2009.01009.x.
6. Pretty IA. The barriers to achieving an evidence base for bitemark analysis. *Forensic Science International*, 2006; 159 (Supplement), S110-S120. Doi: 10.1016/j.forsciint.2006.02.033.
7. Clement JG, Blackwell SA. Is current bite mark analysis a misnomer? *Forensic Science International*, 2010; 201 (1-3), 33-37. Doi: 10.1016/j.forsciint.2010.03.006.
8. Pretty IA, Sweet D. The scientific basis for human bitemark analyses-a critical review. *Science & Justice : Journal of the Forensic Science Society*, 2001; 41 (2), 85-92. Doi: 10.1016/S1355-0306(01)71859-X.
9. Dorion, RB. (2011). *Bitemark evidence: a color atlas and text*. (Second Edition). Boca Raton, Florida, United States: CRC Press.
10. Christensen AM, Crowder CM. Evidentiary standards for forensic anthropology. *Journal of Forensic Sciences*, 2009; 54 (6), 1211-1216. Doi: 10.1111/j.1556-4029.2009.01176.x.
11. Supreme Court of the United States Syllabus (1993). *Daubert et ux., individually and as guardians ad litem for Daubert, et al. v. Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc. certiorari to the United States Court of Appeals for the Ninth Circuit. No. 92-102. 509 U.S. 579.* (20/01/2022 tarihinde <https://www.law.cornell.edu/supct/html/92-102.ZS.html> adresinden ulaşılmıştır).
12. The innocence project (2007). *News: cases where DNA revealed that bite mark analysis led to wrongful arrests and convictions.* (20/01/2022 tarihinde <https://innocenceproject.org/cases-where-dna-revealed-that-bite-mark-analysis-led-to-wrongful-arrests-and-convictions/> adresinden ulaşılmıştır).
13. International Organization for Forensic Odonto-Stomatology (2004) .*Quality assurance in forensic odonto-stomatology.* (20/01/2022 tarihinde <http://www.iofos.eu/Quality-Ass/general.htm> adresinden ulaşılmıştır).
14. American Board of Forensic Odontology (2017). *Diplomates reference manual.* (20/01/2022 tarihinde <http://abfo.org/wp-content/uploads/2012/08/ABFO-Reference-Manual-April-2017-v7.pdf> adresinden ulaşılmıştır).
15. Committee on Identifying the Needs of the Forensic Sciences Community, National Research Council (2009). *Strengthening forensic science in the United States: a path forward* (20/01/2022 tarihinde <https://www.ojp.gov/pdffiles1/nij/grants/228091.pdf> adresinden ulaşılmıştır).
16. Tuceryan M, Li F, Blitzer HL, diğer. A framework for estimating probability of a match in forensic bite mark identification. *Journal of Forensic Sciences*, 2011; 56 (Supplement 1), S83-S89. Doi: 10.1111/j.1556-4029.2010.01571.x.
17. Blackwell SA, Taylor RV, Gordon I, diğer. 3-D imaging and quantitative comparison of human dentitions and simulated bite marks. *International Journal of Legal Medicine*, 2007; 121 (1), 9-17. Doi: 10.1007/s00414-005-0058-6.
18. Franco A, Willems G, Souza PH, diğer. The uniqueness of the human dentition as forensic evidence: a systematic review on the technological methodology. *International Journal of Legal*

- Medicine*, 2015; 129 (6), 1277-1283. Doi: 10.1007/s00414-014-1109-7.
19. Molina A, Ramos B, Torres JC, diğer. Dental parameter quantification with semi-automatized computational technology for the analysis of human bitemarks. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 2020; 1-11. Doi: 10.1080/00450618.2020.1793385.
 20. Thali MJ, Braun M, Markwalder TH, diğer. Bite mark documentation and analysis: the forensic 3D/CAD supported photogrammetry approach. *Forensic Science International*, 2003; 135 (2), 115-121. Doi: 10.1016/s0379-0738(03)00205-6.
 21. Martin-de las Heras S, Valenzuela A, Ogayar C, diğer. Computer-based production of comparison overlays from 3D-scanned dental casts for bite mark analysis. *Journal of Forensic Sciences*, 2005; 50 (1), 127-133. Doi: Not found, Paper ID: JFS2004226, PMID: 15831006, NCJ Number 208576.
 22. Martin-de las Heras S, Valenzuela A, Javier Valverde A, diğer. Effectiveness of comparison overlays generated with DentalPrint software in bite mark analysis. *Journal of Forensic Sciences*, 2007; 52 (1), 151-156. Doi: 10.1111/j.1556-4029.2006.00321.x.
 23. Martin-de-Las-Heras S, Tafur D, Bravo M. A quantitative method for comparing human dentition with tooth marks using three-dimensional technology and geometric morphometric analysis. *Acta Odontologica Scandinavica*, 2014; 72 (5), 331-336. Doi: 10.3109/00016357.2013.826383.
 24. Krishan K, Kanchan T, Garg AK. Dental evidence in forensic identification - an overview, methodology and present status. *The Open Dentistry Journal*, 2015; 9 250-256. Doi: 10.2174/1874210601509010250.
 25. Barsley R, Freeman A, Metcalf R, diğer. Bitemark analysis. *Journal of the American Dental Association*, 2012; 143 (5), 444, 446; author reply 446, 448. Doi: 10.14219/jada.archive.2012.0196.
 26. Rothwell BR. Bite marks in forensic dentistry: a review of legal, scientific issues. *Journal of the American Dental Association*, 1995; 126 (2), 223-232. Doi: 10.14219/jada.archive.1995.0149.
 27. Pretty IA. A web-based survey of odontologist's opinions concerning bitemark analyses. *Journal of Forensic Sciences*, 2003; 48 (5), 1117-1120. Doi: Not found, PMID: 14535678, NCJ Number 203127.
 28. Holtkotter H, Sheets HD, Bush PJ, diğer. Effect of systematic dental shape modification in bitemarks. *Forensic Science International*, 2013; 228 (1-3), 61-69. Doi: 10.1016/j.forsciint.2013.02.024.
 29. Ramos B, Torres JC, Molina A, diğer. A new method to geometrically represent bite marks in human skin for comparison with the suspected dentition. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 2019; 51 (2), 220-230. Doi: 10.1080/00450618.2017.1356869.
 30. Franco A, Willems G, Souza PHC, diğer. Three-dimensional analysis of the uniqueness of the anterior dentition in orthodontically treated patients and twins. *Forensic Science International*, 2017; 273 80-87. Doi: 10.1016/j.forsciint.2017.02.010.
 31. Koops BJ, Schellekens M. Forensic DNA phenotyping: regulatory issues. *The Columbia Science and Technology Law Review*, 2007; 9 (1), 158 - 202. Doi: 10.7916/stlr.v9i0.3818.
 32. Zhang F, Suh KJ, Lee KM. Validity of intraoral scans compared with plaster models: an in-vivo comparison of dental measurements and 3D surface analysis. *PLoS One*, 2016; 11 (6), e0157713. Doi: 10.1371/journal.pone.0157713.
 33. Chong GT, Forgie AH. A pilot study to analyze the uniqueness of anterior teeth using a novel three-dimensional approach. *Journal of Forensic Identification*, 2017; 67 (3), 361. Doi:
 34. Mou QN, Ji LL, Liu Y, diğer. Three-dimensional superimposition of digital models for individual identification. *Forensic Science International*, 2021; 318, 110597. Doi: 10.1016/j.forsciint.2020.110597.
 35. Bush MA, Bush PJ, Sheets HD. Similarity and match rates of the human dentition in three dimensions: relevance to bitemark analysis. *International Journal of Legal Medicine*, 2011; 125 (6), 779-784. Doi: 10.1007/s00414-010-0507-8.
 36. Sheets HD, Bush PJ, Bush MA. Patterns of variation and match rates of the anterior biting dentition: characteristics of a database of 3D-scanned dentitions. *Journal of Forensic Sciences*, 2013; 58 (1), 60-68. Doi: 10.1111/j.1556-4029.2012.02293.x.

37. Dyke AEC, Cunningham S, Hunt N, diğer. A comparative study to investigate the effect of orthodontic treatment on the uniqueness of the human anterior dentition. *Forensic Science International*, 2018; 289, 368-373. Doi: 10.1016/j.forsciint.2018.06.008.
38. Bush MA, Bush PJ, Sheets HD. Statistical evidence for the similarity of the human dentition. *Journal of Forensic Sciences*, 2011; 56 (1), 118-123. Doi: 10.1111/j.1556-4029.2010.01531.x.
39. Dutta S. Awareness of Forensic Dentistry among Dental Practitioners. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*, 2020; 14 (3), 553. Doi: Not found.
40. de Sainte Croix MM, Gauld D, Forgie AH, diğer. Three-dimensional imaging of human cutaneous forearm bite marks in human volunteers over a 4 day period. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 2016; 40, 34-39. Doi: 10.1016/j.jflm.2016.02.003.
41. Sheasby DR, MacDonald DG. A forensic classification of distortion in human bite marks. *Forensic Science International*, 2001; 122 (1), 75-78. Doi: 10.1016/s0379-0738(01)00433-9.
42. Bernitz H, Piper SE, Solheim T, diğer. Comparison of bitemarks left in foodstuffs with models of the suspects' dentitions as a means of identifying a perpetrator. *The Journal of Forensic Odonto-Stomatology*, 2000; 18 (2), 27-31. Doi: Not found, PMID: 11324267.
43. Hyzer WG, Krauss TC. The bite mark standard reference scale - ABFO No. 2. *Journal of Forensic Sciences*, 1988; 33 (2), 498-506. Doi: 10.1520/JFS11963J.
44. Alsowayigh K, Almajaishe R, Alateeq H, diğer. Forensic odontology knowledge analysis among undergraduates dental students in Saudi Arabia. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 2021; 33 (47A), 282-290. Doi: 10.9734/JPRI/2021/v33i47A33015.
45. Bernitz H, Owen JH, van Heerden WF, diğer. An integrated technique for the analysis of skin bite marks. *Journal of Forensic Sciences*, 2008; 53 (1), 194-198. Doi: 10.1111/j.1556-4029.2007.00618.x.
46. YC X. The validity of bite mark evidence for legal purposes. [Mini thesis] University of the Western Cape; Bellville, City of Cape Town, South Africa, 2021.
47. Stols G, Bernitz H. Reconstruction of deformed bite marks using affine transformations. *Journal of Forensic Sciences*, 2010; 55 (3), 784-787. Doi: 10.1111/j.1556-4029.2010.01337.x.
48. Vilborn P, Bernitz H. A systematic review of 3D scanners and computer assisted analyzes of bite marks: searching for improved analysis methods during the Covid-19 pandemic. *International Journal of Legal Medicine*, 2021; Doi: 10.1007/s00414-021-02667-z.
49. George R, George A. COVID-19 as an occupational disease? *South African Medical Journal*, 2020; 110 (4), Doi: 10.7196/SAMJ.2020.v110i4.14712.
50. Nuzzolese E, Pandey H, Lupariello F. Dental autopsy recommendations in SARS-CoV-2 infected cases. *Forensic Science International: Synergy*, 2020; 2 154-156. Doi: 10.1016/j.fsisyn.2020.04.004.
51. Remondino F (2003). From point cloud to surface: the modeling and visualization problem. International Workshop on Visualization and Animation of Reality-based 3D Models, 24-28 February 2003, Tarasp-Vulpera, Engadin, Switzerland, 11.
52. Yalcinkaya S, Yildiz B, Borak M. Optical 3D scanner technology. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2019; 3 (1), 67-75. Doi: Not found.
53. Molina A, Martin-de-las-Heras S. Accuracy of 3D scanners in tooth mark analysis. *Journal of Forensic Sciences*, 2015; 60 (Supplement 1), S222-S226. Doi: 10.1111/1556-4029.12598.
54. Buck U, Busse K, Campana L, diğer. Validation and evaluation of measuring methods for the 3D documentation of external injuries in the field of forensic medicine. *International Journal of Legal Medicine*, 2018; 132 (2), 551-561. Doi: 10.1007/s00414-017-1756-6.
55. van der Velden A, Spiessens M, Willems G. Bite mark analysis and comparison using image perception technology. *The Journal of Forensic Odonto-Stomatology*, 2006; 24 (1), 14-17. Doi: Not found, PMID: 16783951.
56. Sweet D, Parhar M, Wood RE. Computer-based production of bite mark comparison overlays. *Journal of Forensic Sciences*, 1998; 43 (5), 1050-1055. Doi: 10.1520/JFS14356J.
57. Means CR, Flenniken IE. Gagging - a problem in prosthetic dentistry. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 1970; 23 (6), 614-620. Doi: 10.1016/0022-3913(70)90224-6.

58. Wismeijer D, Mans R, van Genuchten M, diğer. Patients' preferences when comparing analogue implant impressions using a polyether impression material versus digital impressions (intraoral scan) of dental implants. *Clinical Oral Implants Research*, 2014; 25 (10), 1113-1118. Doi: 10.1111/clr.12234.
59. Patzelt SB, Lamprinos C, Stampf S, diğer. The time efficiency of intraoral scanners: an in vitro comparative study. *Journal of the American Dental Association*, 2014; 145 (6), 542-551. Doi: 10.14219/jada.2014.23.
60. Errickson D, Fawcett H, Thompson TJU, diğer. The effect of different imaging techniques for the visualisation of evidence in court on jury comprehension. *International Journal of Legal Medicine*, 2020; 134 (4), 1451-1455. Doi: 10.1007/s00414-019-02221-y.