



## FORENSIC DENTISTRY WITH CURRENT LITERATURE GÜNCEL LİTERATÜR EŞLİĞİNDE ADLİ DİŞ HEKİMLİĞİ

Mehmet Buğra Türkcan<sup>1</sup>, Sümeyye Coşgun Baybars<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Res. Ass. Dr., Fırat University, Faculty of Dentistry, Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Elazığ/TÜRKİYE,

**ORCID ID:** 0000-0002-6963-5296

<sup>2</sup>Assist. Prof., Fırat University, Faculty of Dentistry, Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Elazığ/TÜRKİYE,

**ORCID ID:** 0000-0002-4166-3754

### ***Corresponding Author:***

*Mehmet Buğra Türkcan,*

*Fırat Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Radyoloji AnaBilim Dalı, Elazığ/TÜRKİYE,*

**e-mail:** [dt.m.bugra@hotmail.com](mailto:dt.m.bugra@hotmail.com) , **Phone:** +90 507 345 8042



## Abstract

*Forensic dentistry; It is a branch of dentistry that supports justice in terms of identification and evidence determination, age and gender determination, and medical legal obligations of dentists by evaluating dental findings in forensic events. Teeth and their structural features; mechanical chemical etc. The fact that it has different resistance to stimuli and time and that other oral cavity structures are unique to the individual has increased the importance of these data.*

*In forensic dentistry, the methods used in identification and information gathering techniques have undergone significant changes over the years. The size of the dental arch and the shape of the jaw arch are determined with dental radiographs (Radiovisiograph, etc.) taken using comparative or reconstructive methods; Bite mark analysis also provides useful results by looking at the shape of the teeth alignment. DNA analysis using oral tissues in cases where known identification methods fail due to trauma and deterioration; Methods such as determining age by using dental tissues (mineralization, hard tissue calcification, apex status) and gender determination by looking at the characteristic features of the jaw and teeth have also been developed.*

*In addition to these methods, rugoscopy, lip print analysis, digital reconstruction, use of prosthetic ID (barcodes, microchips) are innovations that have joined the forensic dentistry.*

*Artificial intelligence-based deep learning methods, which have been developing day by day, have started to be used in the solution of many problems in forensic dentistry today. The purpose of these developing methods is to automate the work done by people today, and to reduce the margin of error in the decision phase as it includes features that cannot be distinguished with the human eye on the data.*

*Physicians should know dental identification techniques and be aware that dental and oral structures will be used in forensic dentistry. Therefore, the dental records of the patients should be preserved, archived and accessible in accordance with international standards, and a database should be prepared to ensure that identification is fast and easy.*

*The aim of this review is to evaluate the newly developed methods of digital tooth reconstruction, prosthesis ID and artificial intelligence use in the light of current literature, as well as the old methods used in forensic dentistry.*

**Keywords:** *Identification, Age Determination, Gender Determination, Artificial Intelligence, Digital Tooth Reconstruction.*

## Özet

*Adli diş hekimliği; adli olaylarda dental bulguları değerlendirerek kimliklendirme, delil tespiti, yaş ve cinsiyet tayini, diş hekimlerinin tıbbi açıdan hukuki yükümlülükleri konusunda adalete destek olan diş hekimliğinin bir dalıdır. Dişlerin ve yapısal özelliklerinin; mekanik kimyasal vb. uyaranlara ve zamana karşı*



dayanıklılığının farklı olması ve diğer oral kavite yapılarının da bireye özgün olması bu verilerin önemini arttırmıştır.

Adli diş hekimliğinde, kimliklendirmede kullanılan yöntemler ve bilgi toplama teknikleri yıllar içinde kayda değer değişimler geçirmiştir. Karşılaştırmalı veya rekonstrüktif yöntem kullanılarak alınan dental radyograflar (Radiovisiograf vb.) ile diş arkının boyutu, çene kavsinin şekli belirlenmektedir; diş dizilim şekline bakılarak ısırık izi analizleri de faydalı sonuçlar vermektedir. Travma ve bozulmalardan dolayı bilinen kimlik tayin etme metotlarının başarısız olduğu durumlarda oral dokular kullanılarak yapılan DNA analizleri; dental dokular (mineralizasyon, sert doku kalsifikasyonu, apeks durumu) kullanılarak yaşın belirlenmesi; ayrıca, çene ve dişlerin karakteristik özelliklerine bakılarak yapılan cinsiyet belirleme gibi yöntemler de geliştirilmiştir.

Bu yöntemlere ek olarak; rugoskopi, dudak izi analizi, dijital diş rekonstrüksiyon, protez ID (barkodlar, mikroçipler) kullanımı adli diş hekimliğine katılmış yeniliklerdir.

Son zamanlarda günden güne gelişen yapay zeka temelli derin öğrenme yöntemleri, günümüzde adli diş hekimliğinde bir çok problemin çözümünde kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişen yöntemlerin amacı günümüzde insanlar tarafından yapılan işleri otomatikleştirmek, veri üzerinde insan gözü ile ayırt edilemeyecek özellikleri de araştırmaya dâhil ettiği için karar aşamasında hata payını azaltmaktadır.

Hekimler dental kimliklendirme tekniklerini bilmeli, dental ve oral yapıların adli diş hekimliğinde kullanılabileceğinin bilincinde olmalıdır. Bu yüzden hastaların dental kayıtları uluslararası standartların belirttiği şekilde muhafaza edilmeli, arşivlenmeli, ulaşılabilir olmalı, veri bankası hazırlanarak kimlik tespitinin hızlı ve kolay olması sağlanmalıdır.

Bu derlemede, adli diş hekimliğinde kullanılmakta olan eski metotların yanında yeni geliştirilen dijital diş rekonstrüksiyonu, protez ID ve yapay zeka kullanımı yöntemlerinin güncel literatür eşliğinde değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kimliklendirme, Yaş Belirleme, Cinsiyet Belirleme, Yapay Zeka, Dijital Diş Rekonstrüksiyonu.



## OVERVIEW / GENEL BAKIŞ

Adli olaylarda dental bulguları inceleyip, yorumlayarak kimliklendirme, delil tespiti, cinsiyet ve yaş tayini yapan, diş hekimlerinin tıbbi açıdan hukuksal yükümlülükleri olan konularda adalete katkısı bulunan diş hekimliğinin önemli bir dalıdır (1,2).

Adli diş hekimliğinin ilgilendiği başlıca konular arasında;

- Dişler, çeneler ve oral yumuşak doku yaralanmalarının incelenmesi ve yorumlanması,
- Adli olaylarda ve kitlesel afetlerdeki kazazedelerde yapılan bireysel kimliklendirme,
- Dişler ve çene yapıları analiz edilerek yaş, ırk ve cinsiyet tespiti,
- Cinsel saldırı, çocuk istismarı vakaları ve şahıslara karşı yapılan saldırılar gibi olaylarda meydana gelen ısırık izlerinin kontrol edilmesi, tanımlanması ve yorumlanması bulunurken, kullanılan yöntemler ve bilgi toplama teknikleri yıllar içinde kayda değer değişimler geçirmiştir (3,4).

Daha önce kullanılan yöntemlere ilave olarak; dental radyograflar, ısırık izi incelemeleri, oral dokular kullanılarak yapılan DNA analizleri ve rugoskopi gibi yeni metotlar da geliştirilmiştir. Aynı zamanda dijital rekonstrüksiyon, protez ID ve yapay zeka kullanımı adli diş hekimliğine yeni bir boyut kazandırmıştır (3,4).

## TARİHÇE

Dişlerin kimliklendirme işleminde yardımcı olarak kullanılması düşüncesi, ilk kez 1887 yılında ortaya atılmış ve Paris'teki Odontoloji Cemiyeti'nin toplantısında kabul edilerek uygulanmaya başlanmıştır (5). Diş hekimliği tarihinde dişlerle ilk kimliklendirmeyi 1775 yılında gerçekleştiren diş hekiminin Paul Revere olduğu belirtilmektedir (6).

## Adli Diş Hekimliğinde Kullanılan Geleneksel Yöntemler

### 1-Dental Radyograflar

Dental radyografların kaydedilip saklanması, adli diş hekimliğinde kimliklendirme için önemli bilgiler içermektedir. Adli diş hekimliğinde dental radyograflar, ölümden sonra kişiden alınan radyograflar ile ölümden önce alınan radyografların kıyasını içeren karşılaştırmalı yöntem ve radyografik görüntülerin farklı kesitleri kullanılarak biyolojik profilin oluşturulmasının sağlandığı rekonstrüktif yöntem olmak üzere ikiye ayrılır (7). Karşılaştırmalı yöntem günümüzde cesetler üzerinde sıklıkla uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemlerle değerlendirme yapılırken dişin ve kökün



şekli, eksik ve kırık dişin olup olmaması, süpernümerer dişlerin varlığı, atrizyon ve abrazyonun olup olmaması, periodontal hastalık nedeniyle kemik rezorpsiyonu varlığı, kemik patolojisi, diastema, çürük varlığı, endodontik tedavi, intraradiküler ve intrakoronal post varlığını da içeren çok sayıda parametre göz önüne alınmaktadır (8).

Radiovisiograf (RVG) dijital görüntüleme yöntemlerinden biridir. Bu yöntemle film çekimi olarak bilinen eski sistem röntgen yerine, elektronik sensörler aracılığı ile dijital filmler çekilmektedir. RVG gibi dijital görüntüleme teknikleri antemortem ve postmortem görüntülerde diş köklerinin ve onlara destek olan çevre dokuların doğru bir şekilde konumsal incelemelerini yapmayı sağlar (9). Görüntülerin aktarılması, döndürülmesi, ölçeklendirilmesine yardımcı olan bu metot, antemortem ve postmortem radyograflar arasındaki benzerliği tespit ederek kimlik tespitinde çok büyük kolaylık sağlar (10). Bu radyolojik yöntemlerle elde edilen dental verilerin kullanılması adli diş hekimliğine önemli katkılar sağlamaktadır.

## 2-Dental Dokular Kullanılarak Yapılan DNA analizi

Dental dokular kullanılarak yapılan DNA analizi adli diş hekimliği alanında sıklıkla kullanılan tekniklerden biridir. Bu yöntem, travma ve bozulmalardan dolayı kimlik tespitinin başarısız olduğu vakalarda önemli bir rol oynamaktadır. Dişlerin sert yapısal özelliklerinden dolayı mekanik, kimyasal, fiziksel etkilere ve zamana karşı oldukça dayanıklı olması içerisinde bulunan diş pulpasının korunmasını sağlamaktadır (11). Diş pulpası, nükleer ve mitokondriyal DNA açısından zengin kaynak içerdiği için polimeraz zincir reaksiyonuna (PCR) çok değerli bilgiler sağlamaktadır. Yapılan çalışmalar dişin minesinin yeterli seviyede DNA içerdiği, dentinin mitokondriyal DNA ve kökünün nükleer DNA bakımından zengin olduğunu ortaya koymuştur (12). İhmal edilebilir miktarda kaynak materyalden bile belirli bir DNA dizisinin enzimatik çoğaltılmasına izin veren polimeraz zincir reaksiyonunun (PCR) ortaya çıkmasıyla, oral dokular kullanılarak yapılan DNA analizi giderek daha sık kullanılmaya başlanmıştır (13).

## 3-Dental Dokular Kullanılarak Yaş Belirleme

Adli olayların açığa kavuşmasında yaş tahmini yapılması, özellikle suçlu ve mağdurun ortaya çıkması açısından oldukça önemlidir. İster canlı ister ölü olsun, bireylerin yaş tespitinde kullanılan en sık yöntemlerin başında kemik ve diş gelişiminin incelenip değerlendirilmesi gelmektedir. Dişlerin yaş tahmininde kullanılmalarının en önemli sebebi vücudun en sert yapıları olması, diş etkenlere dayanıklı olması ve sistemik hastalıklardan fazla etkilenmemesidir. Süt ve daimi dişler, bireyin kronolojik yaşı ile yakın ilişki içinde düzenli bir periyotta çıkmaktadır. Bu periyotlarda klinik, radyografik, histolojik ve fiziksel analiz metodları geliştirilerek sınıflandırılmakta ve yaş tahmini yapılmaktadır. Radyografik yöntemde araştırmacılar çekilen radyografilerde daimi ve süt dişlerin gelişim aşamalarına göre çeşitli skalalar belirlemişler ve elde edilen verileri formüle ettikleri skalalarla karşılaştırarak kurbanın yaşını tespit etmeyi amaçlamışlardır. Histolojik yöntemde cesetten elde edilen dental doku örneklerinin çeşitli



DNA analiz metodlarının da yardımıyla yaş tahmini yapılmaktadır. Fiziksel yöntemde ise dişlerdeki atrizyon, abrazyon ve kök rezorbsiyonlarına bakılarak yaklaşık olarak yaş tahmini yapılmaktadır (14).

Yaş belirlenirken diş gelişimine bağlı değişiklikler ve dejeneratif değişiklikler de göz önüne alınmaktadır. Yaş belirlemede bu değişikliklere bağlı olarak farklı parametreler kullanılmaktadır. Örneğin; intrauterin yaşamdan 20-25 yaşına kadar olan dönemde, mineralizasyonun başlaması, kuronun tamamlanması, dişlerin erüpsiyonu, apekslerin kapanması gibi parametrelerle yaş tahmini yapılırken; 20-25 yaşından sonraki dönemde, atrizyon, periodontal değişiklikler, kök rezorbsiyonu, sekonder dentin gibi parametreler yaş tahmini yapmada kullanılır (15,16).

#### 4-Dental Dokular Kullanılarak Cinsiyet Belirleme

Cinsiyetin belirlenmesinde, dişlerin ve çenelerin morfolojisine ait bazı özgün özelliklerden yararlanır. Cinsiyet tespitinde en belirleyici dişler, mandibular kaninlerdir ve cinsiyet belirlemede mandibular kanin indeks metodundan faydalanılmaktadır (17). Bu metotta mandibular kaninler arası mesafe ve kaninlerin mesio-distal genişliği ölçülür ve bu iki ölçümün sonuçları birbirine oranlanarak kişinin cinsiyeti tespit edilir (18). Üst kesici dişlerin kron genişliği toplamının interpremolar ve intermolar ark genişliğine oranlandığı bir cinsiyet belirleme metodu da bulunmaktadır ancak mandibular kanin indeks metodu kadar başarılı bir metod değildir. Diş ölçümleriyle cinsiyet tayini toplumlara göre ölçüm değerleri farklılık gösterdiğinden dolayı güvenilirliği yetersizdir (19).

#### 5- Isırık İzi Analizi

Isırık izleri diş arkının boyutuna, çene kavsinin şekline ve diş dizilim şekline göre kişinin kendisinin olabileceği gibi kemirici veya yırtıcı bir hayvana da ait olabilir (20). Bu ayrımların yapılmasında dişlerdeki kırık, rotasyon ya da çenelerdeki eksik veya fazla diş gibi bireysel özelliklere dikkat edilir. Aynı zamanda dental arkin genişliği, saldırganın yaşı hakkında bilgi verebilir. Isırık izinin anatomik lokasyonunun kalitesi ve çeşitliliği şahsın kimliğinin tespit edilmesinde önemli yere sahiptir. İnceleme sırasında ısırılan mağdurun yaş, isim, cinsiyet, tarih gibi demografik bilgileri, izin; lokasyonu, boyutu, şekli, rengi, yaranın tipi belirlenmelidir. Çıplak göz ile görülemeyen ısırık izi vakaları ultraviyole ışını yöntemi ile görülür hale getirilebilir. Isıran şüpheliden kanıt toplanması ise; olayın detaylı hikayesi, fotoğraflar, detaylı muayene ve her iki arkin da kusursuz alınmış ölçülerini içermelidir (21). Aynı zamanda ısırık izinden bakteri genotiplemesi, tükürükten DNA elde edilmesi adli araştırmalar açısından önemli güncel metotlar haline gelmiştir (13).

#### 6- Dudak İzi Analizi (Şelioskopi)

Dudaklardaki çizgilerin ve ince olukların oluşturduğu dudak izi, adli araştırmalar (cinsiyet ve kimlik tespiti) için yeteri kadar bilgi sağlar. Dudak izleri, olay yerinde doğrudan ölen kişinin dudaklarından ya da kıyafet, bardak, sigara gibi eşyalardan alınabilir. Dudak izlerinin, dudaktaki postmortem değişimlerden kaynaklanabilecek hataların engellenmesi için ölümden sonraki ilk 24 saat



içerisinde alınması gerekmektedir. Dudak izlerinin biçimi ağzın açık veya kapalı olmasına bağlıdır. Kapalı ağız durumunda dudak belirgin çizgiler gösterir; açık ağız durumunda ise bu çizgiler nispeten düzensizdir ve yorumlanması zordur. İnsan vücudunda doğal olarak bulunan bu özellikler son dönemde adli araştırmalarda sık sık kullanılmaya başlanmıştır (22).

## 7- Palatal Ruga İziyle Kimlik Tespiti (Rugoskopi)

Palatal ruga, insiziv papillanın hemen arkasında bulunan anatomik kıvrımlar ve kırışıklıklardır. Ruga şekilleri; genetik ve adli bilimler alanlarında çeşitli amaçlarla incelenmektedir. Rugaların parmak izi veya diş kayıtları ile tanımlamanın zor olduğu şartlar altında kullanılacak orijinal ve karakteristik şekli vardır (23). Ruga analizi, maksiller arkin muayenesi ve fotoğrafları, bilgisayar yazılım programları, stereoskopi (palatal rugae'nin 3 boyutlu görüntüsünün yapılabildiği) gibi metotlarla yapılabilir (24). Bu yöntem sadece palatal ruganın antemortem kaydı mevcut olduğunda geçerlidir.

## Adli Diş Hekimliğinde Kullanılan Güncel Yöntemler

### 1-Dijital Diş Rekonstrüksiyonu

Afetlerde, kazalarda ve suç araştırmalarında, ölüm sonrası kayıplar veya iskelet ve diş kalıntılarının manipülasyonu sırasında kanıtların yanlış kullanılması nedeniyle dişler yerinden çıkabilir. Böylece dişle ilgili kanıtların kaybolması nedeniyle kimlik belirleme süreci sekteye uğramaktadır. Bu durumlarda dijital diş rekonstrüksiyonu kimlik belirlemeye yardımcı olmaktadır. Dijital diş rekonstrüksiyonu, boş diş soketlerinin alveolar morfolojisini kaydederek üç boyutlu (3D) baskılı diş modellerini yeniden oluşturmak için dijital bir yaklaşım geliştirmeye yönelik yenilikçi bir girişimdir. İnsan çene kemiği üzerinde; hacimsel tarama, 3 boyutlu tarama ve baskı teknikleri kullanılarak diş morfolojisinin ve soketin alveolar morfolojisinin yeniden yapılandırıldığı bir yöntemdir. Bu yöntem iki aşamada gerçekleştirilmektedir (25).

1. Aşama 3D Tarama ve Mandibula Üretimi: Eksik dişlerin olduğu mandibula konik ışınli bilgisayarlı tomografi tarayıcısı kullanılarak taranmaktadır. Tarama sonrasında mandibulanın yüzey modeli oluşturulmaktadır. Elde edilen mandibula yüzeyi 3D yazıcıda polilaktik asit malzemesi kullanılarak üretilmektedir (25).

2. Aşama Dişlerin 3D Rekonstrüksiyonu: Elde edilen mandibula yüzeyindeki eksik dişlerin köklerinin bulunduğu soketten ölçü materyali ile ölçü alınmaktadır. Daha sonra elde edilen ölçü 3D tarayıcıda taranıp, kök dijital modelleri elde edilmektedir. Elde edilen bu verilerle CAD/CAM sistemi kullanılarak kayıp dişlerin rekonstrüksiyonu sağlanmaktadır. Bu yöntemle adli diş hekimliğinde kimliklendirme daha kolaylaşacaktır (25).

### 2-Protez ID





Protez kullanan kişinin kimliğine ilişkin verilerin proteze çeşitli etiketlemelerle kaydedilmesi adli diş hekimliğinde kimlik tespitinde çeşitli ipuçları sağlayacak bir bilgi deposu oluşturabilmektedir. Protezleri etiketlemek veya işaretlemek için barkodlama, proteze yerleştirilen mikro SD kartlar ve mikroçipler, metallerin üzerine kazınan çeşitli bilgiler ve yerleştirilen implantlar gibi çeşitli teknikler kullanılabilir.

Barkod, paralel çizgilerin aralıklarını ve genişliklerini değiştirerek verileri simgeler. Barkodlar protezin kolayca taranabilir bir bölgesine (sert damak, flanş v.b.) dahil edilerek, optik tarayıcılar tarafından taranarak kimliklendirme için verilerin alınmasına yardımcı olur (26).

Protez içine yerleştirilen Micro SD kartlar ve mikroçipler yardımıyla da kimliklendirme yapılabilir. Protezlerin bir kısmını Micro SD kartına eşit olarak kırarak ve ardından otopolimerize akrilik reçine ile kaplayarak protez flanşlarına dahil edilebilir. Micro SD kartlar, gerektiğinde daha sonra alınabilen ve ölen kişinin kimliğinin belirlenmesine yardımcı olabilecek verileri içerir. Protez yapısına dahil edilen mikroçipler de kimliklendirmeye yardımcı olur (26).

Restorasyonlarda kullanılan metallerin ısıya ve bozunmaya çok dirençli özellikleri de kimliklendirmeye yardım etmek için kullanılabilir. Hastanın adı veya kan grubu gibi bilgiler metal restorasyon üzerine kazınır, bu da daha sonra yangın kazaları gibi hastanın ağız boşluğunda metal kısımların bozulmamış olabileceği durumlarda yardımcı olur (26).

İmplant tedavisi günümüzde diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan en modern tedavi yöntemlerinden birisidir. İmplant materyali diş etkenlere karşı çok dirençli bir materyal olduğu için tanınmayacak hale gelen cesetlerin kimliklendirilmesinde kullanılabilir. Diş implantları; sayısı ve yerleştirildiği bölge olarak, herhangi olaydan sonra bir bireyin kimliğinin tespit edilmesine yardımcı olmaktadır (26).

### 3- Yapay Zeka

Yapay zeka tabanlı modeller esas olarak insan gözü ve zihninin ayırt etme yeteneğinin azalmasının üstesinden gelmek ve hata payını azaltmak için geliştirilmiştir. Yapay zeka tabanlı modellerin özellikle radyograflar üzerinde insan gözünün ayırt edemediği bazı bulguları ayırt etmede başarılı olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir (27). Bu sayede adli diş hekimliğinde yapay zeka tabanlı modeller, kimliklendirme yapılırken gözden kaçan bilgilerin tespit edilmesinde ve ayırt edilmesinde diş hekimine yardım etmektedir. Aynı zamanda yapay zekanın çeşitli öğrenme metodlarıyla eğitilerek biyolojik yaşı ve cinsiyeti tahmin etmede başarılı olduğu birçok çalışmada tespit edilmiştir.

#### a) Cinsiyet Belirleme ve Yapay Zeka

Yapay zeka yardımıyla cinsiyet belirlemede dişlerin boyutları ve mandibula boyutlarından elde edilen veriler kullanılmaktadır.







Yapılan bir çalışmada kanin dişleri ile cinsiyeti belirlemek için yapay zeka tabanlı teknoloji ile her iki cinsiyete ait üst ve alt kanin dişlerin mesiodistal, bukkolingual, diagonal çap ölçümleri çeşitli öğrenme metodları (Artificial Neural Network (ANN), Convolutional Neural Networks (CNN)) cinsiyet belirlemek için kullanılmıştır.

ANN insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri, herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirebilmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Yapay sinir ağları insan beyni örnek alınarak, öğrenme sürecinin matematiksel olarak modellenmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Beyindeki biyolojik sinir ağlarının yapısını, öğrenme, hatırlama ve genelleme kabiliyetlerini taklit eder. Yapay sinir ağlarında öğrenme işlemi örnekler kullanılarak gerçekleştirilir. Öğrenme esnasında giriş çıkış bilgileri verilerek, kurallar koyulur (27).

CNN genellikle görüntü işlemede kullanılan ve girdi olarak görselleri alan bir derin öğrenme algoritmasıdır. Farklı operasyonlarla görsellerdeki özellikleri yakalayan ve onları sınıflandıran bu algoritma, farklı katmanlardan oluşmaktadır. Bu öğrenme metodları çürük ve dolgu tespiti gibi durumlarda genel anlamda iyi bir performans göstermiştir (27).

Başka bir çalışmada panoramik radyografiler kullanılarak maksimum ramus genişliği, bi-kondiler genişlik, koronoid yüksekliği, kondil yüksekliği, bigonial genişlik, bimental genişlik, gonial açı parametrelerinin ölçümleri yapılarak da elde edilen veriler kullanılmış ve yapay zeka öğrenme metodları yardımıyla cinsiyet belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma sonucunda gonial açı dışındaki tüm parametreler erkeklerde kadınlara oranla daha yüksek değer göstermiştir (28).

## **b) Yaş Tahmini ve Yapay Zeka**

Bir bireyin kronolojik yaşını tahmin etmek için hassas ve standart bir araca sahip olmak gereklidir. Bu nedenle yaş tahmini yapabilen birkaç yapay zeka tabanlı sistem (ANN, CNN) geliştirilmiştir. Bu sistemlerde çeşitli radyografik görüntüler kullanılarak yapay zeka tabanlı sistemler eğitilmektedir. Yapay zekalı sistemlerin yaş tahmininde başarılı olduğunu gösteren birçok çalışma bulunmaktadır (29).

Bir çalışmada, panoramik radyograflardaki üçüncü molar dişlerin gelişim evreleri gözlemci tarafından incelenmiştir. Derin öğrenme yöntemi olan CNN üstün bir şekilde yaş tahmininde başarılı olmuştur. Bu model gözlemci verileriyle eş değer doğruluk göstermiştir (29).

Yapılan başka çalışmada OPG görüntülerini kullanarak bir deneğin kronolojik yaşını tahmin etmek için iki metot kullandığını bildirmiştir. Birincisi, yaş tahmin etmek için sıralı bir CNN yolundan oluşurken, ikincisi cinsiyeti tahmin etmek için ikinci bir CNN yolu ekler ve yaş tahmin performansını iyileştirmek amacıyla cinsiyete özgü özellikler kullanır. Sonuçlarda, ikinci metod her açıdan birinci



metodu geride bıraktı. İkinci metod, özellikle gelişmekte olan dişlere sahip gençlerin kronolojik yaşını doğru olarak tahmin etmiştir (30).



Forensic dentistry; It is an important branch of dentistry that contributes to justice in matters where dentists have medical legal obligations by examining and interpreting dental findings in forensic cases, identifying them, determining evidence, and determining gender and age (1,2).

Among the main topics of interest in forensic dentistry,

- Examination and interpretation of teeth, jaws and oral soft tissue injuries,
- Forensic investigations and individual identification of victims of mass disasters,
- Determination of age, race and gender by analyzing teeth and jaw structures,
- While controlling, identifying and interpreting bite marks in incidents such as sexual assault, child abuse cases and attacks against individuals, the methods used and information gathering techniques have undergone significant changes over the years (3,4).

In addition to the previously used methods, new methods such as dental radiographs, bite mark examinations, DNA analysis using oral tissues and rugoscopy have also been developed. At the same time, the use of digital reconstruction, prosthetic ID and artificial intelligence has brought a new dimension to forensic dentistry (3,4).

## HISTORY

The idea of using teeth as an aid in the identification process was first put forward in 1887 and was accepted at the meeting of the Odontology Society in Paris and started to be implemented (5). In the history of dentistry, it is stated that the first dentist who made identification with teeth in 1775 was Paul Revere (6).

## Traditional Methods Used in Forensic Dentistry

### 1- Dental Radiographs

Recording and storage of dental radiographs contains important information for identification in forensic dentistry. In forensic dentistry, dental radiographs are divided into two: the comparative method, which involves the comparison of radiographs taken from the person after death and the radiographs taken before death, and the reconstructive method, in which a biological profile is created by using different sections of radiographic images (7). The comparative method is a method that is frequently applied on corpses today. During the evaluation with these methods, many parameters including the shape of the tooth and root, the presence of missing and broken teeth, the presence of supernumerary teeth, the presence of attrition and abrasion, the presence of bone resorption due to periodontal disease, bone pathology, diastema, caries, endodontic treatment, the presence of intraradicular and intracoronal post were taken into account (8).



Radiovisiograph (RVG) is one of the digital imaging methods. With this method, digital films are taken via electronic sensors instead of the old system known as x-ray. Digital imaging techniques such as RVG enable accurate positional examinations of tooth roots and the surrounding tissues that support them in antemortem and postmortem images (9). This method, which helps transfer, rotate and scale images, provides great convenience in identification by detecting the similarity between antemortem and postmortem radiographs (10). The use of dental data obtained by these radiological methods provides important contributions to forensic dentistry.

## 2- DNA Analysis Using Dental Tissues

DNA analysis using dental tissues is one of the techniques frequently used in forensic dentistry. This method plays an important role in cases where identification fails due to trauma and deterioration. Due to the hard structural features of the teeth, it is highly resistant to mechanical, chemical, physical effects and time, and it ensures the protection of the dental pulp in it (11). Dental pulp provides very valuable information to the polymerase chain reaction (PCR) because it contains a rich source of nuclear and mitochondrial DNA. Studies have shown that tooth enamel contains sufficient levels of DNA, dentin is rich in mitochondrial DNA and the root is rich in nuclear DNA (12). With the advent of the polymerase chain reaction (PCR), which allows enzymatic replication of a given DNA sequence even from a negligible amount of source material, DNA analysis using oral tissues began to be used more and more often (13).

## 3- Age Determination Using Dental Tissues

Estimating the age of forensic events is very important, especially in terms of revealing the offender and the victim. One of the most common methods used to determine the age of individuals, whether alive or dead, is the examination and evaluation of bone and tooth development. The most important reason for the use of teeth in age estimation is that they are the hardest structures of the body, are resistant to external factors and are not much affected by systemic diseases. Primary and permanent teeth come out at a regular period in close relationship with the chronological age of the individual. During these periods, clinical, radiographic, histological and physical analysis methods are developed, classified and age estimates are made. In the radiographic method, the researchers determined various scales according to the developmental stages of the permanent and primary teeth in the radiographs and the data were; They aimed to determine the age of the victim by comparing them with the scales they had formulated. In the histological method, age estimation of dental tissue samples obtained from the corpse is made with the help of various DNA analysis methods. In the physical method, an approximate age is estimated by looking at the attrition, abrasion and root resorption of the teeth (14).

When determining age, changes due to tooth development and degenerative changes are also taken into account. Depending on these changes, different parameters are used in age determination.



For example, in the period from intrauterine life to the age of 20-25, age estimation is made with parameters such as the onset of mineralization, crown completion, tooth eruption, apex closure; In the period after the age of 20-25, parameters such as attrition, periodontal changes, root resorption, secondary dentin are used to estimate age (15,16).

#### 4- Gender Determination Using Dental Tissues

In determining the sex, some unique features of the morphology of the teeth and jaws are used. The most determining teeth in sex determination are mandibular canines and the mandibular canine index method is used for this purpose (17). In this method, the distance between the mandibular canines and the mesio-distal width of the canines are measured and the results of these two measurements are compared to each other, and the gender of the person is determined (18). There is also a sex determination method in which the sum of the crown width of the upper incisors is proportional to the interpremolar and intermolar arch width, but it is not as successful as the mandibular canine index method. Gender determination by dental measurements is not reliable because the measurement values differ according to the societies (19).

#### 5- Bite Mark Analysis

The bite marks may be the person's own, depending on the size of the dental arch, the shape of the jaw arch, and the arrangement of the teeth, or they may belong to a rodent or predatory animal (20). In making these distinctions, attention is paid to individual characteristics such as tooth fracture, rotation, or missing or excess teeth in the jaws. At the same time, the width of the dental arch can provide information about the age of the attacker. The quality and diversity of the anatomical location of the bite mark has an important place in determining the identity of the person. During the examination, demographic information of the bitten victim such as age, name, gender, date, location, size, shape, color, type of wound should be determined. Cases of bite marks that cannot be seen with the naked eye can be made visible by the ultraviolet ray method. Evidence collection from the bite suspect should include a detailed history of the incident, photographs, detailed examination, and precise measurements of both arcs (21). At the same time, bacterial genotyping from bite marks and DNA extraction from saliva have become important current methods for forensic research (13).

#### 6- Lip Mark Analysis (Chelioscopy)

The lip print created by the lines and fine grooves on the lips provides sufficient information for forensic investigations (gender and identity determination). Lip marks can be taken directly from the lips of the deceased at the crime scene or from items such as clothes, glasses, cigarettes. Lip marks should be taken within the first 24 hours after death to prevent errors that may arise from postmortem changes in the lip. The shape of the lip marks depends on whether the mouth is open or closed. In the case of a closed mouth, the lip shows distinct lines; in the case of the open mouth,



these lines are relatively irregular and difficult to interpret. These features, which are naturally found in the human body, have recently been used frequently in forensic research (22).

## 7- Identification with Palatal Rugae Mark (Rugoscopy)

Palatal rugae are anatomical folds and wrinkles located just behind the incisive papilla. Ruga shapes; It is studied for various purposes in the fields of genetics and forensic sciences. Rugas have an original and characteristic shape that can be used under conditions where identification by fingerprints or dental records is difficult (23). Ruga analysis can be done with methods such as examination and photographs of the maxillary arch, computer software programs, stereoscopy (where 3D image of the palatal rugae can be made) (24). This method is valid only when antemortem recording of palatal patent leather is available.

## Current Methods Used in Forensic Dentistry

### 1- Digital Tooth Reconstruction

Teeth can become dislocated in disasters, accidents, and criminal investigations, post-mortem loss, or misuse of evidence during manipulation of skeletal and dental remains. Thus, the identification process is interrupted due to the loss of dental evidence. In these cases, digital tooth reconstruction helps to identify. Digital tooth reconstruction is an innovative attempt to develop a digital approach to reconstruct three-dimensional (3D) printed tooth models by recording the alveolar morphology of empty tooth sockets. It is a method in which the tooth is reconstructed from the alveolar morphology of the socket using volumetric scanning, 3D scanning and printing techniques on the human jawbone. This method is carried out in two stages (25).

Stage 1 3D Scanning and Mandible Fabrication: The mandible with missing teeth is scanned using a cone beam computed tomography scanner. After scanning, a surface model of the mandible is created. The resulting mandible surface is produced in a 3D printer using polylactic acid material (25).

Stage 2 3D Reconstruction of Teeth: The impression is taken with the impression material from the socket where the roots of the missing teeth on the obtained mandible surface are located. Then, the obtained measurement is scanned in a 3D scanner and root digital models are obtained. With these data obtained, the reconstruction of the missing teeth is provided by using the CAD/CAM system. With this method, identification in forensic dentistry will be easier (25).

### 2- Prosthesis ID

Recording the data regarding the identity of the person using the prosthesis with various labels on the prosthesis can create an information repository that will provide various clues in identification



in forensic dentistry. Various techniques can be used to label or mark prostheses, such as barcoding, micro SD cards and microchips placed on the prosthesis, various information engraved on metals and implants placed.

The barcode represents data by changing the spacing and widths of parallel lines. Barcodes are included in an easily scannable area of the prosthesis (hard palate, flange, etc.), helping to obtain data for identification by scanning them by optical scanners (26).

Identification can also be made with the help of Micro SD cards and microchips placed in the prosthesis. It can be incorporated into prosthetic flanges by trimming part of the prosthesis evenly to that of the Micro SD card and then coating it with autopolymerized acrylic resin. Micro SD cards contain data that can be retrieved later if necessary and can help identify the deceased person. Microchips incorporated into the prosthetic structure also aid in identification (26).

The very heat and corrosion resistant properties of metals used in restorations can also be used to aid identification. Information such as the patient's name or blood type is engraved on the metal restoration, which is helpful later in situations where metal parts may be intact in the patient's oral cavity, such as in fire accidents (26).

Implant treatment is one of the most modern treatment methods frequently used in dentistry today. Since the implant material is a very resistant material against external factors, it can be used to identify corpses that have become unrecognizable. Dental implants; number and location, it helps to identify an individual after any incident (26).

### **3- Artificial Intelligence**

Artificial intelligence-based models were developed mainly to overcome the reduction of the human eye and mind's ability to distinguish and to reduce the margin for error. It has been shown in many studies that artificial intelligence-based models are successful in distinguishing some findings that the human eye cannot distinguish, especially on radiographs (27). In this way, artificial intelligence-based models in forensic dentistry help the dentist in identifying and distinguishing information that is overlooked during identification. At the same time, it has been determined in many studies that artificial intelligence is successful in predicting biological age and gender by training with various learning methods.

#### **a) Gender Determination and Artificial Intelligence**

With the help of artificial intelligence, data obtained from the sizes of teeth and mandible are used to determine gender. In our study, the canine teeth by artificial intelligence to determine the sex-based technology with upper and lower canine teeth mesiodistal of both sexes, bukkolingual,



diagonal, diameter measurements using various learning methods (Artificial neural network (ANN), Convolutional neural networks (CNN)) were used to determine gender.

ANN are computer systems developed with the aim of being able to automatically realize the abilities such as being able to derive new information, create new information and discover new information through learning, which are characteristics of the human brain, without any help. Artificial neural networks have emerged as a result of mathematical modeling of the learning process by taking the human brain as an example. It mimics the structure of biological neural networks in the brain and their ability to learn, remember and generalize. The learning process in artificial neural networks is carried out using examples. During learning, input and output information is given and rules are set (27).

CNN is a deep learning algorithm that is generally used in image processing and takes images as input. This algorithm, which captures and classifies features in images with different operations, consists of different layers. These learning methods generally showed good performance in situations such as caries and filling detection (27).

In another study, the maximum ramus width, bi-condylar width, coronoid height, condyle height, bigonial width, bimental width, and gonial angle parameters were measured using panoramic radiographs, and the data obtained was tried to be determined with the help of artificial intelligence learning methods. As a result of this study, all parameters except the gonial angle showed higher values in men than in women (28).

## **b) Age Estimation and Artificial Intelligence**

It is necessary to have a precise and standard tool to estimate the chronological age of an individual. For this reason, several artificial intelligence-based systems (ANN, CNN) that can predict age have been developed. In these systems, artificial intelligence-based systems are trained by using various radiographic images. There are many studies showing that artificial intelligence systems are successful in age estimation (29).

In one study, the developmental stages of third molars on panoramic radiographs were examined by the observer. The Deep Learning (CNN) has excelled in age estimation. This model showed equivalent accuracy with observer data (29).

Another study reported using two methods to estimate a subject's chronological age using OPG images. The former consists of a sequential CNN path to estimate age, while the latter adds a second CNN path to predict gender and uses gender-specific features to improve age estimation performance. In the results, the second method outperformed the first method in every aspect. The second method accurately estimated the chronological age of young people, especially those with developing teeth (30).





## SUMMARY / SONUÇ

Kişilerin kimlik tespitinin yapılmasında, diş ve ilgili çevre dokuların kayıtlarının doğru tutulmaması kimliklendirmeyi zorlaştırır. Hastaların dental kayıtları düzenli olarak uluslararası standartların belirttiği şekilde muhafaza edilmeli, arşivlenmeli, ulaşılabilir olmalı, veri bankası hazırlanarak kimliklendirme işleminin daha hızlı ve kolay olması sağlanmalıdır. Diş hekimleri hasta kayıtlarını adli vakalar için ayrıntılı şekilde tutmalıdır. Ağız şeması çıkarılmalı, restorasyonlar ve eksik dişler şemada gösterilmeli, yapılan tedavilerle alakalı özel notlar tutulmalı, hastadan alınan radyograflar, ağız içi fotoğrafları arşivlenmelidir.

Hastaya yapılan protezlere barkodlama yapılması, mikroçiplerin yerleştirilmesi vb. uygulamaların yapılması kimliklendirme işlemlerini çok kolaylaştıracaktır.

Gelişen teknolojiyle birlikte diş hekimliğinde özellikle yapay zeka alanında birçok çalışma yapılmaktadır. Yapay zeka tabanlı modeller verileri ayırt etme gücü ve verileri sınıflandırmakta olan başarıları nedeniyle diş hekimine çok yardımcı olmaktadır. Adli diş hekimliğinde yapay zeka tabanlı modeller ve dijital rekonstrüksiyon gibi yöntemlerin daha fazla kullanılması adli diş hekimliğinde kimliklendirme işlemlerinin daha da hızlı ve basit olmasını sağlayacaktır.



In the identification of people, the fact that the records of the teeth and related surrounding tissues are not kept correctly makes identification difficult. The dental records of the patients should be kept, archived, accessed regularly in accordance with international standards, and a database should be prepared to ensure that the identification process is faster and easier. Dentists should keep patient records in detail for forensic cases. The oral chart should be drawn, restorations and missing teeth should be shown in the chart, special notes should be kept about the treatments, radiographs taken from the patient and intraoral photographs should be archived.

Barcoding on prostheses made to the patient, placement of microchips, etc. Making applications will make the identification process much easier.

With the developing technology, many studies are carried out in dentistry, especially in the field of artificial intelligence. Artificial intelligence-based models are very helpful to the dentist because of their power to distinguish data and their success in classifying data. Increased use of methods such as artificial intelligence-based models and digital reconstruction in forensic dentistry will make identification processes in forensic dentistry even faster and simpler.

## Acknowledgements / Teşekkürler

*Funding: None*

*Conflict of interest: None*

## References / Referanslar

1. Koç S, Biçer Ü. Adli Tıbbın Tarihsel Gelişimi, Türkiye'deki Yapılanması ve Sorunları. Klinik Gelişim 2009; 22: 1-5.
2. Harırlı A. Adli Diş Hekimliği.1.baskı. Erzurum; Atatürk Üniversitesi Yayınları: 2006. p. 5, 25-6, 53-68.
3. Sweet D, Pretty IA. A look at forensic dentistry-Part 2: teeth as weapons of violence-identification of bitemark perpetrators. BrDent J. 2001; 190:415-8.
4. Balachander N, Babu NA, Jimson S, Priyadharsini C, Masthan KMK. Evolution of forensic odontology: An overview. J PharmBioalliedSci. 2015;7 (Suppl 1):176-80.
5. Sassouni V. Dentofacial radiography in forensic dentistry. J DentRes. 1963; 42:274-302.
6. Luntz LL. History of forensic dentistry. DentClin North Am. 1977; 21:7-17.
7. Carvalho SPM, Silva RHA, LopesJr C, Sales-Peres A. Use of Images for Human Identification in Forensic Dentistry. RadiolBras2009; 42:125-5.
8. Wood RE. Forensic aspects of dentomaxillofacial radiology. ForensicSciInt 2006; 159: S47-55.
9. Wood RE, Kirk NJ, Sweet DJ. Digital Dental Radiographic Identification in the Pediatric, Mixed and Permanent Dentitions. J ForensicSci1999; 44:910-6.



10. Hubar JS, Carr RF. Computed Dental Radiography Used to Reproduce Antemortem Film Position. *J ForensicSci*1999; 44:401-3.
11. Tuğ A, Yaşar ZF. Felaket Kurbanlarının Kimliklendirilmesi Çalışmalarında Dişhekimlerinin ve Diş İncelemelerinin Önemi. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi* 2006; 30(4): 77-82.
12. Calacal GC, Ungria MCA, Delfin FC, Lara MC, Magtanong DL, Fortun R. Identification of Two Fire Victims by Comparative Nuclear DNA Typing of Skeletal Remains and Stored Umbilical Tissues. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 2003; 24(2): 148-152.
13. Ricardo HAS, Jamilly OM, Rodolfo FHM, Rogério NO. Human Bite Mark Identification and DNA Technology in Forensic Dentistry. *Braz J Oral Sci*2006; 5:1193-4.
14. Isır AB. Adli hekimlikte yaş tayini. *Klinik Gelişim* 2009; 22: 114-21.
15. Ohtani S, Yamamoto K. Age Estimation Using the Racemization of Amino Acid in Human Dentin, *J ForensicSci*, 1991;36:792-8.
16. Canger EM, Arslan S. Adli diş hekimliğinde radyolojinin kullanımı. *Atatürk Üniv. Diş. Hek. Fak. Derg.* *J DentFacAtaturk Uni.*2013;23:252-8.
17. Rao NG, Kotian MS. Mandibular Canine Index-A Clue for Establishing Sex Identity. *ForensicSciInt*1989; 42:249-5.
18. Karaman F. Use of diagonal teeth measurement to predict gender in a Turkish population. *J ForensicSci*2006; 51:630-5.
19. Ates M, Karaman F, İscan MY, Erdem TL. Sexual differences in Turkish dentition. *Legal Medicine* 8 2006; 8:288-4.
20. Senn DR, Stimson PG. *Forensic dentistry*. 2nd ed. USA: CRC Press; 2010. p. 245-63.
21. Kalyani B, Deepak B, Pooja R, Mayura P, Rohit P, Jagadeesh H.G, Amita S. An Overview of Bite mark Analysis. *J IndianAcadForensicMed* 2012; 34:61-5.
22. Reddy KV. Lipprints: An Overview in Forensic Dentistry. *J AdvDentalResearch*2011; 2:17-3.
23. Patil MS, Patil SB, Acharya AB. Palatine rugae and their significance in clinical dentistry: a review of the literature. *J AmDentAssoc.* 2008; 139:1471- 8.
24. Krishnappa S, Srinath S, Bhardwaj P, Mallaya CH. Palatal Rugoscopy: Implementation in Forensic Odontology- A Review. *J AdvMedDentSci*2013; 1:53-6.
25. Johnson A, Jani G, Pandey A, Patel N. Digital tooth reconstruction: An innovative approach in forensic odontology. *J Forensic Odontostomatol.* 2019 Dec 30;37(3):12-20.
26. Prakash P, Singh MK, Bhandari SK. Forensic odontology: The prosthetic ID. *J Forensic Dent Sci.* 2019 Sep-Dec;11(3):113-117.
27. F. Fidya, B. Priyambadha, Automation of gender determination in human canines using artificial intelligence, *Dent. J. (MajalahKedokt. Gigi).* 50 (2018) 116-120.
28. V. Patil, R. Vineetha, S. Vatsa, D.K. Shetty, A. Raju, N. Naik, N. Malarout, Artificial neural network for gender determination using mandibular morphometric parameters: A comparative retrospective study, *CogentEng.* 7 (2020) 1-12.



29. J. De Tobel, P. Radesh, D. Vandermeulen, P.W. Thevissen, An automated technique to stage lower third molar development on panoramic radiographs for age estimation: a pilot study, *J. Forensic Odontostomatol.* 2 (2017) 49–60.
30. Nicolas Vila-Blanco, Maria J. Carreira, Paulina Varas-Quintana, Carlos Balsa Castro, Inmaculada Tomas, Deep neural networks for chronological age estimation from OPG images, *IEEE Trans. Med. Imaging* 39 (7) (2020) 2374–2384.