

P-ISSN: 1018-5275
E-ISSN: 2149-0570



ADLI TIP DERGİSİ

Turkish
Journal of
Forensic
Medicine

Aralık/December 2024

www.adlitipdergisi.com

CİLT/VOLUME

38

SAYI/NO

3

ADLI TIP DERGİSİ

TURKISH JOURNAL OF FORENSIC MEDICINE

Cilt: 38 / Sayı: 3, 2024

Vol. 38 / No: 3, 2024

T.C. Adalet Bakanlığı Adli Tıp Kurumu'nca yılda 3 defa
(Nisan-Ağustos-Aralık aylarında) yayınlanmaktadır.
İstanbul-Ağustos 2024

Adli Tıp Dergisi'nde yayımlanan yazılar, Adli Tıp Kurumu'nun veya
yayın editörlerinin görüşü olarak herhangi bir yerde kullanılamaz.
Yazıların tüm sorumluluğu yazarlara aittir.

Türkiye Atıf Dizini'ne ve TÜBİTAK ULAKBİM Tıp Veri Tabanı'na
kayıtlıdır

Adli Tıp Dergisi'nin kısa adı "ATD" dir.

Published triannually (April-August-December) by:
The Republic of Turkey Ministry of Justice Council of Forensic Medicine
Istanbul-August 2024

It is not allowed to use the published articles as the viewpoint of the
Council of Forensic Medicine or its publication editors. Responsibility of
the articles solely belongs to the authors.

Registered to Türkiye Citation Index and TUBITAK ULAKBIM National
Medical Database

Journal title abbreviation is "J For Med".

Yenibosna Fevzi Çakmak Mah. Sanayi Cad. Kımız Sok. No: 1
Bahçelievler 34196 İSTANBUL / TÜRKİYE

www.atk.gov.tr / www.adlitipdergisi.com / info@adlitipdergisi.com

ISSN: 1018-5275 (PRINTED)

2149-0570 (ONLINE)

Asitsiz kağıda basılmıştır (Printed on acid-free paper).

YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD

EDİTÖR / EDITOR-IN-CHIEF

Hızır ASLIYÜKSEK

Adalet Bakanlığı, Adli Tıp Kurumu
The Ministry of Justice, Council of Forensic Medicine
e-mail: editor@adlitipdersisi.com

YARDIMCI EDİTÖRLER / ASSOCIATE EDITORS

Nihan Hande AKÇAKAYA

The Ministry of Justice, Council of Forensic Medicine
e-mail: nihan.hande.akcakaya@adalet.gov.tr

İbrahim İKİZCELİ

Istanbul University - Cerrahpasa
e-mail: ikizceli@iuc.edu.tr

Caner BEŞKOÇ

The Ministry of Justice, Council of Forensic Medicine
e-mail: dr.caner.beskoc@adalet.gov.tr

Adem KARBUZ

University of Health Sciences
e-mail: adem.karbuz@sbu.edu.tr

İSTATİSTİK EDİTÖRÜ / STATISTIC EDITOR

Abdulbari BENER

Istanbul Medipol University
e-mail: abdulbari.bener@medipol.edu.tr

YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD

Muhammet ŐİMŐEK

The Ministry of Justice, Council of Forensic Medicine
e-mail: simsek.muhammet@adalet.gov.tr

Erol KAM

Istanbul Technical University
e-mail: kamerol@itu.edu.tr

Muhammed Emin BOYLU

The Ministry of Justice, Council of Forensic Medicine
e-mail: muhammed.emin.boylu@adalet.gov.tr

Yusuf ATAN

Şeyh Edebalı University
e-mail: yusuf.atan@bilecik.edu.tr

Nicel Yıldız SİLAPHLI

Istanbul Medipol University
e-mail: nicel.yildiz@medipol.edu.tr

DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

Abdi Őzaslan , *Istanbul University - Cerrahpasa*
Abdullah Kağan Zengin , *Istanbul University - Cerrahpasa*
Abdurrahman Savaş , *Istanbul University*
Adem Akçakaya , *Bezmi Alem Vakıf University*
Adem Karbuz , *University of Health Sciences*
Ahmet Belce , *Biruni University*
Ahmet Gökçen , *Marmara University*
Ahmet Murat Bülbul , *Fenerbahçe University*
Ahmet Nezh Kök , *Ataturk University*
Alaattin Duran , *Istanbul Esenyurt University*
Ali Benian , *Istanbul University*
Ali İhsan Taşçı , *University of Health Sciences*
Alperen Bıkmazer , *Istanbul Medeniyet University*
Arzu İrban , *University of Health Sciences*
Aydın Aydoseli , *Istanbul University*
Bahaüddin Çolakoğlu , *Istanbul Atlas University*
Bahri Teker , *Istanbul Medipol University*
Berker Özkan , *Istanbul University*
Birol Demirel , *Gazi University*
Bora Bükten , *Duzce University*
Bora Őzdemir , *Nigde Omer Halisdemir University*
Bülent Őam , *Council of Forensic Medicine*
Ebuzer Aydın , *Medeniyet University*
Emin Köse , *Istanbul University- Cerrahpasa*
Erol Kam , *Istanbul Technical University*
Esra Güzel Tanoğlu , *University of Health Sciences*
Faruk AŐıcıoęlu , *Istanbul University*
Fatih Dikici , *Acibadem University*
Muhammed Fatih ŐimŐekoęlu , *Istanbul University - Cerrahpasa*
Fehmi Mercanoğlu , *Istanbul University*
Ferah Karayel , *Council of Forensic Medicine*
Gökhan Umut , *University of Health Sciences*
Hacer Yaşar Teke , *Ordu University*
Hacı Abdullah Taşdemir , *Istanbul Technical University*
Halil Koyuncu , *Istanbul Atlas University*
Haluk Emir , *Istanbul University - Cerrahpasa*
Hanefi Őzbek , *Izmir Bakircay University*
Hikmet Ergin Dülger , *Gaziantep University*
Humman Ően , *Council of Forensic Medicine*

Hüseyin Öz , *Istanbul Medipol University*
İbrahim Üzün , *Istanbul University - Cerrahpasa*
İsmail Özgür Can , *Izmir Dokuz Eylul University*
Kadir Serkan Orhan , *Istanbul University*
Kağan Gürpınar , *Maltepe University*
Kamil Hakan Doğan , *Selcuk University*
Kamil Őahin , *University of Health Sciences*
Kayhan Oğuz Karamustafaloğlu , *Istanbul University - Cerrahpasa*
Kemalettin Acar , *Pamukkale University*
Mahmut Gümüş , *Medeniyet University*
Mehmet Akif İnanıcı , *Marmara University*
Mehmet Akif Kaygusuz , *University of Health Sciences*
Mehmet Bilgin , *Bezmi Alem Vakıf University*
Mehmet Mesut Sönmez , *University of Health Sciences*
Mehmet Tokdemir , *Izmir Katip Celebi University*
Mehmet Velidedeoğlu , *Istanbul University - Cerrahpasa*
Meliha Orhon Ergün , *Marmara University*
Muammer Bilir , *Istanbul University - Cerrahpasa*
Muhammed Fatih Evcimik , *Istanbul Medipol University*
Murat Elevli , *University of Health Sciences*
Murat Nihat Arslan , *Council of Forensic Medicine*
Mustafa Doğan , *Nigde Omer Halisdemir University*
Mustafa Okudan , *Iğdir University*
Mustafa Özcan , *Istanbul Technical University*
Mustafa Őzsütçü , *Istanbul Medipol University*
Mustafa Samastı , *University of Health Sciences*
Mustafa Solmaz , *University of Health Sciences*
Mustafa Talip Şener , *Ataturk University*
Mücahit Oruç , *Inonu University*
Necmi Çekin , *Cukurova University*
NeŐe KocabaŐoęlu , *Istanbul University - Cerrahpasa*
Nezh Özkan , *Uskudar University*
Nihan Ziyade , *Council of Forensic Medicine*
Oğuz Çetinkale , *Istanbul University*
Osman Ekinci , *University of Health Sciences*
Oya Tanç , *Council of Forensic Medicine*
Őmer Akil Őzer , *University of Health Sciences*
Őmer Çelik , *University of Health Sciences*
Őmer Turan , *Medeniyet University*

DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

Özgür Yanılmaz , Marmara University

Recep Fedakar , Uludağ University

Rıza Madazlı , Istanbul University

Sait Özsoy , University of Health Sciences

Sedat Altın , University of Health Sciences

Sefa Saygılı , Fatih Sultan Mehmet University

Selçuk Daşdemir , Istanbul University

Senem Karabulut , Istanbul University

Şenol Turan , Istanbul University - Cerrahpasa

Taner Akar , Gazi University

Turan Aslan , Bezmialem Vakıf University

Tülin Tiraje Celkan , Istanbul University - Cerrahpasa

Ufuk Emekli , Istanbul University

Yahya Güldiken , Istanbul University

Yalçın Büyük , Council of Forensic Medicine

Yasemin Balcı , Muğla Sıtkı Kocman University

Zehra Zerrin Erkol , Bolu Abant İzzet Baysal University

Zekai Kutlubay , Istanbul University - Cerrahpasa

Zekeriya Kul , Uskudar University

Adli Tıp Dergisi T.C. Adalet Bakanlığı Adli Tıp Kurumunun resmi yayın organıdır. Derginin amacı Adli Tıp Kurumunun adli tıp ve bilim alanlarında çalışmalarını desteklemek, pratiği geliştirmek, bilgi paylaşımına katkılarda bulunmak, eğitimin ve araştırmanın devamlılığını sağlamak şeklindeki hedeflerinin gerçekleşmesine yardımcı olmaktır.

Adli tıp ve bilim alanlarında orijinal araştırma, derleme, kısa rapor, teknik not, vaka sunumu, editöre mektup gibi orijinal çalışmalar editörün ve en az iki bağımsız hakemin değerlendirmesinden sonra basılmaktadır. Derlemeler davet üzerine yayınlanmaktadır. Daha önce yayınlanmış materyaller kabul edilmemektedir.

Adli Tıp Dergisi Nisan, Ağustos ve Aralık aylarında olmak üzere yılda üç kez yayınlanmaktadır. Derginin hedef kitlesi; adli tıp asistanları ve uzmanları, kriminal alanda çalışan polis ve jandarma personeli dahil olmak üzere adli bilim (toksikoloji, genetik, adli belge, balistik ve diğer) asistanları ve uzmanları, hakimler, savcılar, avukatlar, diğer tıp doktorları, hemşireler ve bağımsız bilirkişilerdir.

Adli Tıp Dergisi Türkçe indekslerden "Türkiye Atf Dizini" ve "TÜBİTAK ULAKBİM Tıp Veri Tabanı" tarafından, yabancı indekslerden Crossref, Scilit ve Google Scholar'da dizinlenmektedir. Adli Tıp Dergisi'ne gönderilen makaleler editör tarafından ön inceleme alınır, derginin istemiş olduğu ölçütleri karşılayan makaleler yazar ve kurum ismi belirtilmeden en az iki farklı bağımsız hakeme gönderilir. Hakemler tarafından kabul edilen makalelerin son halleri PDF formatı halinde basım öncesi onay için sorumlu yazara gönderilir. Sorumlu yazar bilimsel içerik değiştirmekle kaydıyla yazıda meydana gelmiş her türlü maddi hatayı düzeltme ile yükümlüdür. Sorumlu yazar PDF formatındaki makaleyi aldıktan sonra, 48 saat içerisinde düzeltme gerekiyorsa düzeltmeleri, gerekmiyorsa düzeltme gerekmediğini editor@adlitipdergisi.com adresine göndermelidir.

YAZI DİLİ

Derginin yazı dili Türkçe ve İngilizce'dir.

ETİK ve YASAL SORUMLULUK

Yazıların bilimsel sorumluluğu yazarlara aittir. Verilen tüm bilgilerin sorumluluğu çalışmanın yazarlarına aittir. Yayınlanan eserler daha önce başka bir dergide yayınlanmamış veya aynı eserin benzer formu başka bir dilde dahi olsa yayınlanmamış olması gerekmektedir. Makalede adı geçen yazarların her birinin yazıya anlamlı bir katkıda bulunması şarttır. Etik kurul onayı gereken her türlü çalışmada etik kurul onayının alınması tamamen yazarların sorumluluğundadır. Tüm yazarların çalışmaya aktif olarak katılmış olması gereklidir. Gönderilen yazıların dergide yayınlanabilmesi için daha önce başka bir bilimsel yayın organında yayınlanmamış olması gerekir. Gönderilen yazı daha önce herhangi bir toplantıda sunulmuş ise; toplantı adı, tarihi ve düzenlendiği şehir belirtilmelidir.

Makale inceleme sürecinde şu kişiler makalelere erişebilir: Editörler, Hakemler, Yayın Kurulu Üyeleri. Bir yazıyla ilgili ayrıntıların yazarların izni olmadan üçüncü bir şahsa iletililebileceği tek durum, editörün ciddi araştırma suistimalinden şüphelenmesidir.

Yazar olarak listelenen herkesin ICMJE (www.icmje.org) tarafından önerilen yazarlık kriterlerini karşılaması istenmektedir. ICMJE, yazarların şu 4 kriteri karşılamasını önermektedir:

1. Çalışmanın içeriğine/tasarımına; ya da çalışma için verilerin toplanmasına, analiz edilmesine ve yorumlanmasına önemli katkı sağlamış olmak
2. Yazı taslağını hazırlamış ya da önemli fikrinsel içeriğin eleştirel incelemelerini yapmış olmak

3. Yazının yayından önceki son halini gözden geçirmiş ve onaylamış olmak
4. Çalışmanın herhangi bir bölümünün geçerliliği ve doğruluğuna ilişkin soruların uygun şekilde soruşturulduğunun ve çözümlendiğinin garantisini vermek amacıyla çalışmanın her yönünden sorumlu olmayı kabul etmek.

Etik ihlalden şüphesi olduğunda veya bir ihlal iddiası olursa editörler harekete geçmekle yükümlüdür. Bu görev hem yayınlanmış hem de yayınlanmamış makaleleri kapsar. Adli Tıp Dergisi, aşağıdaki veya benzeri konularda suistimal iddialarıyla karşılaştığında COPE (Committee on Publication Ethics), (<https://publicationethics.org/>) akış şemalarını uygulamayı taahhüt eder.

1. Tekrar yayından şüphelenildiğinde
2. İntihalden şüphelenildiğinde
3. Uydurma verilerden şüphelenildiğinde
4. Yazarlık değişikliği taleplerinde
5. Açıklanmamış çıkar çatışması durumundan şüphelenildiğinde
6. Haksız veya hediye yazarlıktan şüphelenildiğinde
7. Bir yazıda etik probleminden şüphelenildiğinde
8. Etik ihlal şüphesi e-posta vb. ile doğrudan haber verildiğinde
9. Sosyal medya aracılığıyla etik ihlal şüphesi duyurulduğunda

Adli Tıp Dergisine sunulan çalışmalarda intihal olup olmadığını intihal.net ve/veya [ithenticate](http://veya.ithenticate.com) yazılımı kullanılarak kontrol edilir. Benzerlik oranının %25'ten az olması beklenir. Benzerlik oranında asıl ölçü, yazarın atf yapma ve alıntılama kurallarının uymasındır. Benzerlik oranı %1 görüldüğü hâlde atf ve alıntı usulüne yapılmamışsa yine intihal söz konusu olabilir. Bu açıdan atf ve alıntı kuralları yazar tarafından bilinmeli ve dikkatlice uygulanmalıdır.

Adli Tıp Dergisi, araştırma ve yayın etiği konusunda ulusal ve uluslararası standartlara bağlıdır. Basın Kanunu, Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu ile Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi, Committee on Publication Ethics (COPE), Directory of Open Access Journals (DOAJ), Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA) ve World Association of Medical Editors (WAME) tarafından yayınlanan Uluslararası Etik Yayıncılık İlkeleri'ni benimsemiştir. Ayrıca Türkiye Editörler Çalıştay Kararlarına da uymayı taahhüt eder.

Klinik araştırmaların protokolü ilgili kurumun etik komitesi tarafından onaylanmış olmalıdır. İnsanlar üzerinde yapılan tüm çalışmalarda, "Yöntem ve Gereçler" bölümünde çalışmanın ilgili komite tarafından onaylandığı veya çalışmanın Helsinki İlkeler Deklarasyonuna (<https://www.wma.net/policy/>) uyularak gerçekleştirildiğine dair bir cümle yer almalıdır. Çalışmaya dahil edilen tüm insanların bilgilendirilmiş onam formunu imzaladığı metin içinde belirtilmelidir.

Çalışmada "Hayvan" ögesi kullanılmış ise yazarlar, makalenin Gereç ve Yöntemler bölümünde Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (www.nap.edu/catalog/5140.html) prensipleri doğrultusunda çalışmalarında hayvan haklarını koruduklarını ve kurumlarının etik kurullarından onay aldıklarını belirtmek zorundadır.

Değerlendirme Süreci: Dergiye gönderilen yazılar, ilk olarak dergi standartları açısından incelenir. Derginin istediği formata uymayan yazılar, daha ileri bir inceleme gerektirmeksizin yazarına iade edilir. Tüm yazılar önce editör tarafından ön değerlendirmeye alınır; daha sonra incelenmesi için danışma kurulu üyelerine gönderilir. Tüm yazılarda editöryel değerlendirme ve düzeltmeye başvurulur; gerektiğinde, yazarlardan bazı soruları

yanıtlaması ve eksikleri tamamlaması istenebilir. Değerlendirme sonucu kabul, minör revizyon, major revizyon ya da ret kararı çıkabilir. Dergide yayınlanmasına karar verilen yazı basım sürecine alınır; bu aşamada tüm bilgilerin doğruluğu için ayrıntılı kontrol ve denetimden geçirilir; yayın öncesi şekline getirilerek yazarların kontrolüne ve onayına sunulur.

Makaleler çift kör danışmanlık sistemine tabiidir. Yazarlar ya da hakemler diğerinin kimliği ile ilgili bilgi sahibi değildir. Tüm yazılar iki hakem tarafından değerlendirilir. Yazılarla ilgili son karar editörler kurulu ve editöre aittir.

Yayın Hakkı: 1976 Copyright Act'e göre, yayımlanmak üzere kabul edilen yazıların her türlü yayın hakkı dergiyi yayımlayan kuruma aittir. Yazarlar internet adresinden ulaşacakları "Yayın Hakları Devir Formu"nu doldurup, online olarak makale ile birlikte göndermelidirler.

ÇIKAR ÇATIŞMALARI

Yazarlar muhtemel çıkar çatışmaları ile ilgili olarak (parasal, kurumsal, danışmanlık ve diğer) açıklama yapmak zorundadırlar. Eğer yapılan çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yok ise bunun açıkça beyan edilmesi zorunludur. Çalışmanın yapılabilmesi için herhangi bir destek alınmışsa (ekonomik ve/veya danışmanlık) bunların açık bir şekilde belirtilmiş olması gerekmektedir. Bu bilgiler varsa yayın hakkı devir formunda belirtilmelidir.

ARAŞTIRMADA İNSAN DENEKLERİN ve HAYVANLARIN KORUNMASI

İnsan deneklerle yapılan deneyleri bildirirken yazarlar, uygulanan işlemlerin insan deneylerinden sorumlu kurulun etik standartlarına (kurumsal ve ulusal) ve 1975'te duyurulan, 2000'de revize edilen Helsinki Deklarasyonu'na uygun olup olmadığını belirtmek zorundadır. Eğer araştırmanın Helsinki Deklarasyonu'na uygun gerçekleştirildiği tartışmalı ise yazarlar yaklaşımlarındaki gerekeceği açıklamak ve kurumsal değerlendirme kurulunun çalışmanın şüpheli yönlerini açıkça onayladığını kanıtlamak zorundadır. Ayrıca, yazarlar deney hayvanlarının bakımı ve kullanımı ile ilgili kurumsal ve ulusal yönergeye uyup uymadıklarını yanıtlayabilmelidir.

YAYIN HAKKI DEVİR FORMU

Yayın hakkı devir formu çalışmaya katılan her bir yazar tarafından imzalanmak zorundadır. Bu form imzalandıktan sonra internet üzerinden makale gönderme aşamasında sisteme kaydedilmektedir. Dergiye gönderilen yazılara telif hakkı ödenmez. Yayınların tüm hakları saklıdır; bu dergide yer alan yazılar editörün izni olmadan hiçbir şekilde yeniden yayınlanamaz ve belli sistemde arşivlenemez. Adli Tıp Dergisi açık erişimlidir ve dergi içeriğine ücretsiz olarak www.adlitipdergisi.com.tr adresinden erişilebilir.

İNTERNET ÜZERİNDEN MAKALE GÖNDERME

Makalelerin hakemler tarafından hızlı değerlendirilebilmesi ve basımlarındaki gecikmelerin önlenmesi için internet üzerinden makale gönderme sisteminin tercih edilmesi gerekmektedir. Makaleler Word dokümanı (*.doc ya da *.docx) veya zengin metin biçimi (*.rtf) olarak hazırlanarak www.adlitipdergisi.com adresindeki "Online Makale Gönder-Takip Et" sistemini kullanarak gönderilmelidir.

Makale için iletişim kurulacak tüm yazarlara gerekli bilgileri yazarak kayıt olmalarını takiben bir şifre ve kullanıcı adı sağlanacaktır. Bu şifre ve kullanıcı adı ile makale gönderme sistemine kayıt olduktan sonra, yazarların sistemin yönergelerini dikkatlice okuyup tüm bilgileri eksiksiz kaydetmeleri gereksiz gecikmelerin önüne geçecektir. Tüm şekil tablo ve gerekli görülen ek dokümanlar da aynı adrese gönderilmelidir. İnternet üzerindeki sistemi kullanan yazarlar aynı sistem üzerinden telif hakkı devir formunu, finansal

formları ve gönderilen yazının tipine göre aşağıda belirtilmiş yönergelere uygun kontrol formunu (checklist) göndermelidir.

MAKALENİN DERGİYE GÖNDERİLMEK ÜZERE HAZIR LANMASI

"ADLİ TIP DERGİSİ" "Biyomedikal Dergilere Gönderilen Makaleler için Gerekli Standartlar"a uygun olarak yayın kabul eder (International Committee of Medical Journal Editors: Br Med J 1988; 296: 401-5).

Makalenin gönderilmesi sırasında yazarlar deney/araştırma tipini belirtmelidirler ve istatistik uygulamaların Bailar JC III ve Mosteller F. tarafından yazılan "Guidelines for statistical reporting in articles for medical journals: amplifications and explanations" (Ann Intern Med 1988;108:266-73) kılavuzuna uygun olması gerekmektedir.

SİSTEME YÜKLENECEK DOSYALAR

(* İşaretleli dosyalar yüklenmesi zorunlu dosyalardır)

- *Telif Hakkı Devir Formu** (Yalnızca editörün görebileceği dosyadır). Tüm yazarlar tarafından imzalanmış olmalıdır.
- *Başlık Sayfası** (Yalnızca editörün görebileceği dosyadır):
 - Tüm yazarların tam isimleri (Soyisimler büyük harfle yazılarak), akademik unvanları, çalıştıkları kurum ve departman bilgileri, elektronik posta adresleri ve telefon numaraları belirtilmelidir. Bu bilgiler ayrıca aynı dosyada İngilizce olarak da belirtilmelidir.
 - İletişim kurulacak yazar net olarak belirtilmelidir.
 - Bu belgenin ikinci sayfasında makale içindeki bilgilerin herhangi bir kısmının daha önce herhangi bir şekilde yayınlanıp yayınlanmadığı (kongre, sempozyum, medya haberi vb) veya değerlendirilmek üzere başkaca bir akademik dergiye gönderilip gönderilmediği bildirilmelidir. Çalışma için etik kurul kararı alınıp alınmadığı veya insan deneyleri ile ilgili 2000 yılında güncellenen Helsinki Bildirgesi'ne uyulup uyulmadığı belirtilmelidir, aksi durumlar açıklanmalıdır.
- *Tam Metin Dosyası:**
 - Bu dosya hakemlere gönderilecek olup incelemenin anonimliği açısından kişi, kurum ya da çalışmanın yapıldığı lokasyon bilgilerini içermemelidir. Çalışma bir şehir için spesifik olarak yapıldı ise (Örn: İstanbul ilinde adli otopsi) yüklenecek dosyada şehir ismi yerine "XXX ilinde adli otopsi" şeklinde belirtilmelidir. Bu durum makalenin başlığı için de geçerlidir.
 - Makalenin kaynakçası tam metin dosyasında bulunmalıdır. Aynı bir dosya olarak yüklenmemelidir.
 - Tablo, şekil ve resimler tam metin dosyasında değil ayrıca aşağıdaki maddelerdeki yönergelere uygun şekilde yüklenmelidir.
 - Yazılar, "Word for Windows" programında, iki satır aralıklı olarak ve 12 punto Times New Roman fontu kullanılarak yazılmalı, her sayfanın iki yanında 3 cm boşluk bırakılmalıdır.
 - Sayfa numaraları sayfanın sağ alt köşesinde ve 1'den başlayarak verilmelidir.

4. Tablolar Dosyası: "Word for Windows" programında hazırlanmış olmalı, her tablonun numarası ve başlığı tablonun üst kısmına gelecek şekilde yazılmalı ve belgenin her sayfasına bir tablo gelecek şekilde düzenlenmelidir (Bir sayfayı aşan tablolardan mümkün olduğunca kaçınılmalı, zorunlu kalındığında bir sonraki tablo yeni bir sayfada başlatılmalıdır).

5. Resimler: Her resim ayrı dosyalar halinde tiff, png ya da jpeg formatlarından birisi seçilerek yüklenmelidir. Her bir resim minimum 300 dpi çözünürlükte olmalıdır.

6. Şekiller Dosyası: İllüstrasyonlar, grafikler ve tüm şekiller özgün olmalı ve tablolar dosyasında olduğu gibi her bir şekil ayrı sayfalarda olacak şekilde düzenlenmelidir. Her bir şeklin numarası ve açıklaması şeklin altında ve ardışık olarak yüklenmelidir. (Örn: Şekil 1. XXX ilinde 2015 yılında yapılan otopsisler)

7. Tablolar, şekiller ve resimler indeksi: "Word for Windows" programında hazırlanmalı ve çalışmada sunulan tüm tablo, şekil ve resimler ardışık sırayla yazılmalıdır. Tablolar için tablo numarası ile başlık, şekil ve resimler için şekil/resim numarası ve açıklaması belirtilmelidir.

Bu dosyalarda eksiklik olması durumunda yazı, yazara geri çevrilererek eksikliklerin giderilmesi istenileceğinden makalenizin hazırlanması aşamasında, değerlendirmede gecikme yaşanmaması için kılavuzda belirtilen ayrıntısı ile gözden geçirilmesi gerekmektedir.

MAKALENİN YAPISI

- **Araştırma Makaleleri ve Deneysel Çalışmalar** [Yapılanırlmış Özet], [Giriş], [Materyal ve Metod], [Bulgular], [Tartışma ve Sonuç] ve [Kaynaklar] başlıklarından oluşmalıdır. Bu makalelerin kelime sayısı 5000 ve kaynak sayısı 40'tan fazla olmamalıdır.
- **Vaka Sunumları** [Giriş], [Vaka 1, Vaka 2, ...], [Tartışma ve Sonuç] ve [Kaynaklar] başlıklarından oluşmalıdır. Kelime sayısı 2500 ve kaynak sayısı 15'i geçmemelidir.
- **Derlemeler** [Özet], [Giriş], [Konu Bütünlüğü Çerçevesinde Seçilecek Alt Başlıklar], [Tartışma ve Sonuç] ve [Kaynaklar] başlıklarından oluşmalıdır. Kelime sayısı 8000 ve kaynak sayısı 100'ü geçmemelidir.
- **Editöre Mektup ve Teknik Not** [Giriş], [Konu Bütünlüğü Çerçevesinde Seçilecek Alt Başlıklar], [Tartışma ve Sonuç] ve [Kaynaklar] başlıklarından oluşmalıdır. Kelime sayısı 1500 ve kaynak sayısı 10'u geçmemelidir.

Özet

Türkçe yazılmış tüm makalelerin ek olarak İngilizce özeti de olmalıdır. İngilizce yazılmış makaleler için sadece İngilizce yazılmış özet yeterlidir. Araştırma makalelerinin özetleri Amaç, Yöntemler, Bulgular ve Sonuç bölümlerinden oluşmalıdır. İngilizce özetle ise Objective, Methods, Results ve Conclusion başlıkları kullanılmalıdır. Orijinal makalelerin özeti 250 kelime ile sınırlandırılmıştır. Diğer çalışmalarda sunulan makalenin anlam bütünlüğünü içerecek şekilde yapılandırılmalıdır.

Anahtar Kelimeler

Özetin altında en az 3, en fazla 6 adet kelime veya tamlama veriniz. Kısaltmaları anahtar kelime olarak kullanmayınız. Bilimsel makalelerdeki anahtar kelimelerin, İngilizce olarak MeSH (Medical Subject Headings; <http://www.nlm.nih.gov/mesh>) ve Türkçe olarak Türkiye Bilim Terimleri (<http://www.bilimterimleri.com>) arasından seçilmesi gereklidir.

Kısaltmalar

Başlık sayfasında ve özetle kısaltma kullanılmamalıdır. Genel kabul gören kısaltmalar dışında, verilmiş olan kısaltmalar ile ifade edilen tüm sözcükler metin içinde ilk geçtiği yerde yazılmalıdır.

Teşekkür

Yazıya katkıda bulunan kişi ve kurumlara yapılacak teşekkürler makalenin sonunda, kaynaklardan önce belirtilmelidir.

Terminoloji ve birim

İlaç isimleri ve malzemeler genel tıbbi ve teknik terminoloji kurallarına uygun olmalıdır. Tüm ölçümler uluslararası birim sistemine (SI) göre belirtilmelidir. Birimlerden sonra nokta işareti konulmamalıdır.

Giriş

Bu çalışmayı yapmaya neden ihtiyaç duyulduğu ve çalışmanın amacı sadece en önemli makalelere atıfta bulunarak kısaca belirtilmelidir.

Materyal ve Metod

Planınızı hastalarınızı deney hayvanlarınızı materyal ve kontrollerinizi kullandığınız yöntem veya metodu uyguladığınız istatistiksel yöntemi açıklayınız. Etik konularla ilgili izinleri yukarıda açıkladığı gibi belirtiniz. İlaçların jenerik isimleri ile birlikte üretici adı ve üretildiği ülkeyi belirtiniz.

Bulgular

İstatistiksel metotlarla desteklenmiş bulgularınızı ayrıntılı olarak belirtiniz. Şekil ve tablolar metin içinde verilen bulgularınızı diğer araştırmalarla karşılaştırmayınız. Bu tip karşılaştırmalar tartışma bölümüne saklanmalıdır.

Tartışma ve Sonuç

Bulguların önemini ve farkı vurgulanmalı, ancak sonuç bölümünde sunulan detaylar tekrarlamamalıdır. Görüşler sadece çalışmada bulunmuş gerçeklerle desteklenecek şekilde sınırlandırılmalıdır. Araştırmamış ya da gösterilemeyen varsayımlar tartışmaya eklenmemelidir. Bulgular başka araştırmalarla karşılaştırılmalı ve bulgular bölümünde belirtilmemiş yeni veriler sunulmamalıdır. Sonuç, çalışmadan çıkan bulgular ile literatürün karşılaştırması sonucu üretilen bilgiyi ifade etmelidir.

Kaynaklar

Kaynaklar bölümü kuralları ayrıntılı olarak okunmalı ve her bir kaynak titizlikle kurallara uygun şekilde yazılmalıdır. Makalenin kaynaklar bölümünün kurallara uygun olmadığı durumlarda, revizyon için sorumlu yazar ile sekreteryar tarafından ek yazışma yapılacak olup tüm kaynaklar kurallara uygun hale gelmeden çalışma hakemlere gönderilmeyecektir.

- Kaynaklar metin içinde atıf sıralamasına göre ardışık olarak parantez içinde ve Arabik rakamlar ile (1) den başlayarak belirtilir. Kaynaklar bölümünde de kaynak numarasından sonra yalnızca nokta işareti konulmalıdır (parantez, tire gibi ayırıcılar kabul edilmeyecektir) ve otomatik numaralandırma yapılmamalıdır.
- Bir metinde birden fazla ve peşi sıra kaynak numaraları olan kaynaklara atıf yapılacaksa kaynak numaralarının tamamı değil araya tire ekleyerek en küçük ve en büyük kaynak numaraları yazılır. Örnek: (5,6,7,8) yerine (5-8) şeklinde gösterilir.
- Kanun, Yönetmelik, Tebliğ vb mevzuat kaynak olarak gösterilmeyip metin içerisinde parantez içerisinde aşağıdaki örneğe göre verilir:
- (Türk Ceza Kanunu, Madde 86, Kanun Numarası: 5237, Kabul Tarihi: 26.09.2004).
- Dergi isimleri mümkün olduğunca "Cumulated Index Medicus" a uygun şekilde kısaltmaları ile yazılmalıdır. Türkçe dergiler için (<http://uvt.ulakbim.gov.tr/tip/sempozyum5/page148-170.pdf>) linkinden, yabancı dergiler için (https://images.webofknowledge.com/WOK46/help/WOS/A_abrvjt.html) linkinden faydalanabilirsiniz.

- Çok yazarlı kaynaklara atfı yapılacak ise 'et al.' kısaltmasını kullanmadan tüm yazar isimleri yazılmalıdır.
- Kaynaklardaki sayfa numaraları kısaltılarak yazılmalıdır (Örnek: 123-128 yerine 123-8).

Kaynak yazma yapısı örneklerle aşağıda gösterilmiştir:

Örnekler:

Dergiler

1. Batchvarov V, Kaski JC, Parchure N, Dilaveris P, Brown S, Ghuran A, Färbom P, Hnatkova K, Camm AJ, Malik M. Comparison between ventricular gradient and a new descriptor of the wavefront direction of ventricular activation and recovery. Clin Cardiol 2002;25(5):230-6.

(Dergi makalelerinde çalışmanın adı özel isimler dışında normal tümce düzenine göre yani yalnızca ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır)

Kitaplar [İngilizce]

1. DiMaio VJ, DiMaio D. Forensic Pathology 2nd Edition. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2001: p.92-9.

(Bölüm İçermeyen kitaplar kaynak gösterilirken kitabın adı tüm kelimelerde baş harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır)

Kitaplar [Türkçe]

1. Soysal Z, Eke SM, Çağdır AS. Forensic Autopsy Vol I [in Turkish]. Istanbul: Istanbul University Cerrahpasa Medical School Publications, 1999. p.100-5.

Kitap bölümleri

1. Schwartz PJ, Priori SG, Napolitano C. The Long QT Syndrome. In: Zipes DP, Jalife J eds. Cardiac Electrophysiology. From Cell to Bedside. Philadelphia: WB Saunders Co, 2000: 597-615.

İnternet adresleri

İnternet sayfalarına atfı yapılırken varsa sayfadaki makalenin yazarı, makalenin başlığı, sayfanın URL'si, erişim tarihi yazılmalıdır.

Kaynağın İngilizce olarak gösterilmesi gerektiğinden aşağıdaki kurallara dikkat edilmelidir:

1. Gostin LO. Drug use and HIV/AIDS. Available at: <http://www.ama-assn.org/special/hiv/ethics>. (cited: 26 June 1997).

- Yazar belli değil ise doğrudan web sayfasının başlığı ile başlanabilir.
- İnternet ansiklopedileri (Wikipedia vb), sözlükler ve benzeri kaynaqsız, doğrulanmamış internet sayfaları, haber siteleri kaynak olarak gösterilemez. Bunlara atfı yapılacak ise metin içerisinde bahsedilerek parantez içerisinde atfın alındığı URL verilebilir. Ancak Kaynakçada gösterilemez.

Yayımlanmamış tezler

1. Einstein A. The special and general relativity theory (Unpublished Thesis). The Anonymous Institute, Istanbul, 1916.

İngilizce olarak düzenlenmeli ve tezin başlığının hemen sonuna parantez içerisinde (Unpublished Thesis) ibaresi eklenmelidir.

Kongre sunumları

Kongre bildirileri yalnızca Kongre kitapçığında yayımlanmış ise kaynak olarak gösterilebilir.

1. Brown MR, Brown MRS. Personalization of reference styles in Turkish Journal of Forensic Medicine (Oral Presentation). 4th World Academy of Forensic Sciences Congress, 22-24 October 2020, Istanbul, Turkey.

Düzeltilmeler

Düzeltilme talepleri ve eleştiriler iletişim adresi belirtilen yazara gönderilir. Basımın gecikmemesi için istenen düzeltmeler en kısa zamanda cevaplandırılmalıdır. Tüm hakemlerin görüşlerine cevap yazılmalıdır. Sunulan kaynakların ve verilerin doğruluğundan yazarlar sorumludur. Hatalı aldatıcı veya yanlış yönlendirici bilgilerin varlığı fark edildiğinde editör makaleyi bilimsel literatürden çekme ve bunu duyurma hakkına sahiptir.

The Turkish Journal of Forensic Medicine is the official publication of the Republic of Türkiye Ministry of Justice Council of Forensic Medicine. It's the aim of the Turkish Journal of Forensic Medicine to help the achievement of the goals for the Council of Forensic Medicine which are supporting the studies on forensic medicine and sciences, improving the practice, making contributions to information sharing, ensuring continuity of education and research. In the field of forensic medicine and sciences original studies like original research, review, brief report, technical note, case report and letter to the editor are published after the review of 2 independent referees and the editor. Reviews are published upon invitation. Materials published previously are not accepted.

The Turkish Journal of Forensic Medicine is published triannually in April, August and December.

The Journal is intended primarily for forensic medicine residents and specialists, forensic sciences (toxicology, genetics, forensic document, ballistics etc.) assistants and specialists including police and gendarmerie personnel working on criminal field, judges, prosecutors, lawyers, other physicians, nurses and independent experts.

The Turkish Journal of Forensic Medicine is indexed by the "Turkey Citation Index" and "TUBITAK ULAKBİM Medical Database", Crossref, Scilit, ScienceGate, Researchgate, Fatcat and Google Scholar. After the articles sent to the Turkish Journal of Forensic Medicine are pre-reviewed by the editor, the articles fulfilling the criteria of the Journal are sent to at least 2 independent referees without stating any author or institution name. Although there is no definite time interval given for publishing the accepted articles, publication takes place in 3-9 months. The last versions of the articles accepted by the referees are sent to the corresponding author in a PDF format for the approval. Corresponding author is responsible to correct any factual errors in the article so long as not to make any scientific changes. Besides, corresponding author is responsible to send the corrections or the statement that no correction is needed in 48 hours to the editor@adlitipdergisi.com address after receiving the PDF formatted article

LANGUAGE

Languages of The Turkish Journal of Forensic Medicine are Turkish and English.

ETHICAL AND LEGAL RESPONSIBILITY

The scientific responsibility of the writings lies with the authors. Responsibility for all information provided belongs to the authors of the study. It is necessary that all authors have actively participated in the work. Each of the authors mentioned in the article must have made a meaningful contribution to the article. It is entirely the responsibility of the authors to obtain ethics committee approval for any study requiring ethics committee approval. All authors must actively participate in the study. The submitted articles must not have been previously published in any other scientific publishing body in order to be published in the journal. If the message has been submitted before at any meeting, the name, date and city of the meeting must be indicated.

In the process of reviewing the article, the following persons can access the article: editors, reviewers, members of the board of publishers. The only situation in which details of an article can be passed on to a third party without the author's permission is when the editor suspects serious abuse of research.

Everyone listed as an author is requested to meet the authorship criteria proposed by ICMJE (www.icmje.org). The ICMJE recommends that the authors meet the following four criteria:

1. to have made a significant contribution to the content/design of the study; or to the collection, analysis and interpretation of the data for the study.

2. to have prepared the draft paper or to have undertaken critical reviews of the important ideological content.
3. to have reviewed and approved the latest state of the paper prior to its publication.
4. to accept responsibility for all aspects of the work in order to guarantee that questions relating to the validity and accuracy of any part of the article are properly investigated and resolved.

The editors are obliged to take action when there is a suspicion of an ethical violation or if there is an allegation of a violation. This task covers both published and unpublished articles. COPE (Committee on Publication Ethics), (<https://publicationethics.org/>) is committed to implementing the flow schemes when the Journal of Forensic Medicine encounters allegations of abuse on the following or similar subjects.

1. When rebroadcast is suspected
2. When plagiarism is suspected
3. When fabricated data is suspected
4. Requests for change of authorship
5. When an undisclosed conflict of interest is suspected
6. When unfair or gift authorship is suspected
7. When an ethical problem is suspected in an article
8. Suspicion of ethical violations via e-mail, etc. When notified directly by
9. When suspected ethical violations are announced via social media

Studies presented to the Journal of Forensic Medicine are checked using intihal.net and/or ithenticate software. The similarity rate is expected to be less than 25%. The true measure of similarity is the author's compliance with the rules of citation and citation. If the similarity rate appears to be %1 and the reference and quotation process is not done correctly, it may also be related. In this regard, the reference and quotation rules must be known and carefully applied by the author.

The Journal of Forensic Medicine is committed to national and international standards of research and publishing ethics. The Law on the Press, the Law on Ideas and Works of Art and the Guidelines for Scientific Research and Publication Ethics of Higher Education Institutions have adopted the International Principles of Ethics in Publication (COPE), the Directory of Open Access Journals (DOAJ), the Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA) and the World Association of Medical Editors (WAME). Turkey also undertakes to comply with the Decisions of the Editor's Workshop.

The protocol of clinical trials must be approved by the ethics committee of the institution concerned. All studies on humans should include a statement in the "Methods and Tools" section that the work has been approved by the relevant committee or that the study has been carried out in accordance with the Helsinki Declaration of Principles (<https://www.wma.net/policy/>). It should be indicated in the text in which all people involved in the study signed the informed approval form.

If the study uses the "animal" element, the authors have to indicate in the article's Tool and Methods section that they have protected animal rights in their work and have received approval from their ethics boards in accordance with the principles of the Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (www.nap.edu/catalog/5140.html).

Evaluation Process: Articles submitted to the journal are first reviewed in terms of the magazine standards. Articles that do not

conform to the format requested by the magazine are returned to the author without further examination. All papers are first taken for pre-evaluation by the editor; then sent to the members of the advisory board for review. All articles are subject to editorial evaluation and correction; if necessary, the authors may be asked to answer some questions and fill in shortcomings. The evaluation may result in acceptance, minor revision, major revision or rejection. The paper decided to be published in the journal is taken into the printing process; at this stage, all information is thoroughly checked and checked for accuracy; it is pre-published and submitted to the author's verification and approval.

Articles are subject to a double-blind consultancy system. Neither the authors nor the reviewers have knowledge of the identity of the other. All articles are evaluated by two reviewers. The final decision regarding the articles belongs to the editorial board and the editor.

Publication Rights: According to the 1976 Copyright Act, all publishing rights of articles accepted for publication belong to the institution that publishes the journal. Authors must fill out the "Publication Rights Transfer Form" available on the website and send it online with the article.

CONFLICTS OF INTEREST

Authors are in obligation to make explanation regarding any possible conflicts of interest (financial, institutional, counseling or other). If there is not any conflicts of interest in a study, it is obliged to be declared. If any kind of support is received for performing the study (financial or counseling), all these should be declared explicitly. If there is such information, it should be declared in Copyright Transfer Agreement Form.

PROTECTION OF HUMAN SUBJECTS AND ANIMALS IN RESEARCH

The authors are obliged to state that procedures performed with human subjects were consistent with the ethical standards (institutional and national) of the committee responsible with experiments on human and with the Helsinki Declaration announced in 1975 and revised in 2000 while the authors were explaining the experiments with human subjects. If the consistency of the study with the Helsinki Declaration is controversial, the authors are obliged to explain the justification in their attitude and to prove that institutional ethics committee has approved explicitly the questionable aspects of the study. Besides, authors should be able to answer if they complied with the institutional and national instruction regarding the care and use of experimental animals.

COPYRIGHT TRANSFER AGREEMENT FORM

Copyright Transfer Agreement Form must be signed by each author contributing to the article. This form should be submitted to the system during the online article submission process after being signed. No royalty is paid for the articles sent to the The Turkish Journal Forensic Medicine. All rights of the publications are reserved; the articles published in this Journal are forbidden to be re-published or to be archived in a system without the permission of the editor. The Turkish Journal of Forensic Medicine is public to all and the content can be accessed from the address of www.adlitipdergisi.com.tr free of charge.

ONLINE ARTICLE SUBMISSION

Articles should be sent through the Online Article Submission System so that articles can be reviewed by referees quickly and in order to prevent delays in publication. Articles should be prepared either in Microsoft Word format (*.doc) or in rich text format (*.rtf) and sent through 'Submit Track Article Online' system on www.adlitipdergisi.com web site. A user name and a password are

going to be supplied to corresponding authors following their registry of contact information to the online article system. After having a user name and a password, the authors' reading the guidelines carefully and submitting all needed data accurately is going to prevent unnecessary delays. Tables, figures and other documents considered to be necessary should also be sent to the same address. Besides, the authors using the online article submission system should send the copyright transfer agreement form, financial form and control form(checklist) appropriate to the type of the article.

ARTICLE PREPARATION

The Turkish Journal of Forensic Medicine accepts articles with regard to "Standarts for the Articles Sent to Biomedical Journals" (International Committee of Medical Journal Editors: Br Med J 1988;296:401-5). Authors should specify the type of the research /experiment and the statistical tests used in the study should be appropriate according to "Guidelines For Statistical Reporting in Articles for Medical Journals: Amplifications and Explanations"(Ann Intern Med 1988;108:266-73) written by Bailar JC III and Mosteller F. The information about any content of the article's being sent to be reviewed or published -including electronic environment before or not; having permission from an ethical committee and being appropriate according to Helsinki Declaration updated in 2000 about human experiments should be stated in the cover letter sent with the article. The cover letter should include the name, address, telephone, fax and email of the corresponding author. Besides cover letter should be sent through the online article system.

FILES TO BE UPLOADED (*required)

1. ***Copyright Transfer Agreement Form** (Only the editor can access this file). Should be duly signed by all authors.
2. ***Cover Page** (Only the editor can access this file):
 - Article Title, Full-names (surnames in capital letter), academic degrees, affiliations, full-correspondence addresses including phone number and email addresses of all authors should be included.
 - Corresponding author should be stated clearly.
- 3- ***Full-text manuscript file:**
 - No author name, affiliation, city or country information should be stated in this file to provide the anonymous peerreview. If the research is about a specific city (e.g. "Firearm deaths in Istanbul") it may be stated as "Firearm deaths in xxxx city". This situation is same for the Article Title too.
 - Full-text manuscript file should also include references.
 - Tables, Illustrations, Figures or Photographs should be uploaded separately (not in the full-text manuscript file).
 - Manuscript should be prepared in "Word for Windows" program, double-spaced and with 12 pt Times New Roman, right and left margins should be 3 cm.
 - Page numbers should start with "1" from the cover page and placed on the right-bottom of the page.
4. **Tables** file should be prepared with "Word for Windows" program, all tables and titles should be placed on the top of each tables. All tables should be placed on separate pages.
5. **All photographs** should be uploaded separately (not in a Word file) in tiff, png or jpeg form. Eacg photographs should be in minimum 300 dpi resolution.
6. **Figures and illustrations** should be genuine and each figures should be placed on a separate page.

7. **Tables, Figures and Photographs Legend** should be prepared with "Word for Windows" program and all stated tables, figures and photographs should be listed with their titles and/or explanations. If one file listed above is missing on the submission stage, manuscript would be returned to the author for completing the full submission.

ARTICLE STRUCTURE

- **Original articles and Experimental Studies:** [Structured Abstract], [Introduction], [Materials and Methods], [Results], [Discussion and Conclusion], and [References]
- **Experimental Studies** [Introduction], [Materials and Methods], [Results], [Discussion and Conclusion], and [References]
- **Case reports** [Introduction], [Case 1, Case 2...], [Discussion and Conclusion], and [References] The word count should not exceed 2500 and the number of references should not exceed 15.
- **Reviews** [Abstract], [Introduction], [Free subtitles], [Discussion and Conclusion], and [References] The word count should not exceed 8000 and the number of references should not exceed 100.
- **Editorial Note and Technical Note** [Introduction], [Free subtitles], [Discussion and Conclusion], and [References] The word count should not exceed 1500 and the number of references should not exceed 10.

Abstract

All the articles written in Turkish should have also an English abstract. For the articles written in English, only an English abstract is enough. Abstracts of the original articles should be structured with Objective, Methods, Results, and Conclusion parts. Abstracts of original articles should not exceed 250 words. In other types of studies, summary should be configured so as to include the article's content integrity.

Key Words

At most 6 words or determinative groups of words should be written below the abstract. Abbreviations should not be used as keywords. Keywords in English should be chosen from MESH (Medical Subject Headings <http://www.nlm.nih.gov/mesh>) index and Turkish keywords should be chosen from TBT (Türkiye Bilim Terimleri <http://www.bilimterimleri.com>) index.

Abbreviations

Abbreviations should not be used in title page or in abstract. Except the generally accepted abbreviations, all the words expressed with the abbreviation should be written where the abbreviation is first used in the text.

Acknowledgement

People and institutions having contributions to the article should be stated at the end of the article before the references part.

Terminology and Units

Medication and equipment names should be appropriate according to general medical and technical terminology rules. All measurements should be given according to international system of unit.

Introduction

The reason for which you want for this study and aim of the study should be determined briefly with referring only the most important articles about the topic.

Material and Method

Plans, patients, experimental animals, methods for control group and statistical data should be explained. Permissions for ethical topics should be determined as described before in preparation part. Drugs should be featured with the generic name, manufacturer name and the country of production.

Results

The findings supported with statistical data should be explained in a detailed way. Tables and figures should support the findings given in the text instead of repeating the same data. Presentation of the data either in the text or on the table/figure is enough. In this part only the most important findings should be emphasized and the findings should not be compared with other studies. Such comparisons should be kept for the discussion part.

Discussion And Conclusion

The importance and difference of the findings should be emphasized but the details given in the results part should not be repeated. Opinions should be limited with the facts found in the study, hypotheses that are not looked into or indicated should not be added to the discussion part. Findings should be compared with other studies. In this part, new data -not placed in the results part- should not be used. Conclusion should express the information which is the product of comparison between results and literature.

References

Reference Guidelines should be checked carefully, and all citation rules should be met. Articles would not be sent to the referees without fully corrected reference style.

- References should be in order as in the text with a consecutive manner starting from (1). On the references page only the "dot" should be used after the reference number (parenthesis, comma or any other punctuations are not allowed). Avoid using automatic numbering.
- Consecutive citations should be stated as (5-8) instead of (5,6,7,8).
- Law articles, legislations should not be cited in references. May be stated in the text with parenthesis with the article number (e.g. Turkish Penal Code, Article 86, Law no: 5237, Acceptance: 26.09.2004).
- Journal names should be abbreviated according to Web of Knowledge (https://images.webofknowledge.com/WOK46/help/WOS/A_abrvjt.html), and also for Turkish Journals (<http://uvf.ulakbim.gov.tr/tip/sempozyum5/page148-170.pdf>).
- All author names should be stated without using "et al." abbreviation.
- Page numbers in references should be abbreviated as follows: 123-8. should be used instead of 123-128.

Examples:

Journal Article 1. Batchvarov V, Kaski JC, Parchure N, Dilaveris P, Brown S, Ghuran A, Färbom P, Hnatkova K, Camm AJ, Malik M. Comparison between ventricular gradient and a new descriptor of the wavefront direction of ventricular activation and recovery. Clin Cardiol 2002;25(5):230-6. (Article title should be written in order to sentence case (only the first letter capital).)

Book [English]

1. Dimaio VJ, Dimaio D. Forensic Pathology 2nd Edition. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2001: p.92-9. (First letters of all words should be capital letter in the book title)

Book [In Turkish Or Other Foreign Languages]

1. Soysal Z, Eke SM, Çağdır AS. Forensic Autopsy Vol I [in Turkish]. Istanbul: Istanbul University Cerrahpasa Medical School Publications, 1999. p.100-5.

Book Chapter

1. Schwartz PJ, Priori SG, Napolitano C. The Long QT Syndrome. In: Zipes DP, Jalife J eds. Cardiac Electrophysiology. From Cell to Bedside. Philadelphia: WB Saunders Co, 2000: 597-615.

Web Pages

While citing web pages if applicable author of the web page, title of the article, URL of the web page, access date should be stated. 1. Gostin LO. Drug use and HIV/AIDS. Available at: [http:// www.ama-assn.org/special/hiv/ethics](http://www.ama-assn.org/special/hiv/ethics). (cited: 26 June 1997).

- If the author of the webpage is not apparent, citation may be started with the page title.
- Web encyclopedias (like Wikipedia etc), dictionaries and similar unreferenced, or academically unverified sites should not be cited in the references (may be cited in the text with parenthesis).

Unpublished Thesis

1. Einstein A. The special and general relativity theory (Unpublished Thesis). The Anonymous Institute, Istanbul, 1916. Should be written in English and stated as (Unpublished Thesis).

Congress Presentations

Congress presentations can be cited only if it was published in proceedings book. 1. Brown MR, Brown MRS. Personalization of reference styles in The Turkish Journal of Forensic Medicine (Oral Presentation). 4th World Academy of Forensic Sciences Congress, 22-24 October 2020, Istanbul, Turkey.

Revisions

All revision demands and criticisms are sent to the corresponding author. Revisions should be sent as soon as possible in order not to cause delays in publication. Answers to all the referees' opinions should be written. Authors are responsible for the honesty of all the references and data. The editor has the right to withdraw the article from the scientific literature and announce this decision if any wrong, deceptive or misleading data is realized in the article.

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALESİ / ORIGINAL ARTICLE

- 183 **Discrimination of pen inks using thin layer chromatography and UV-visible spectroscopy**
İnce katman kromatografisi ve UV-görünür spektroskopinin mürekkep ayırımında kullanımı
Vinayak Gupta, Jasandeep Kaur, Komal Saini
- 195 **The impact of COVID-19 pandemic on forensic psychiatric cases in a university hospital in Turkey**
COVID-19 pandemisinin Türkiye'de bir üniversite hastanesi psikiyatri kliniğine başvuran adli psikiyatrik vakalar üzerine etkisi
Doğancan Sönmez, Meltem Puşuroğlu, Mehmet Baltacıoğlu, Çiçek Hocaoğlu, Bülent Bahçeci
- 205 **Bir yangın hızlandırıcısı olan benzinin kalıntı analizinde tuzun etkisi: Katı-faz mikroekstraksiyon (SPME) yöntemi**
The effect of salt in the fire residue analysis of gasoline, a fire accelerant: A solid-phase microextraction (SPME) method
Mihriban Dilan Kılıç, Murat Yayla, Selda Mercan
- 217 **Duyulardan veya organlardan birinin işlevinin sürekli zayıflaması ya da yitirilmesi yönünden değerlendirilen üst ekstremitte ortopedik arazlarının maluliyet ve özürülük açısından irdelenmesi**
Evaluation of orthopedic upper-extremity disorders assessed in terms of permanent functional weakness or functional loss through the council of forensic medicine disability and impairment calculations
Hatice Ak, Erkan Doğan, Duygu Güleş, Kağan Gürpınar
- 225 **The prevalence, type and severity of forensic dental cases in Türkiye**
Türkiye'de meydana gelen adli diş hekimliği vakalarının prevalans, çeşit ve ciddiyet açısından değerlendirilmesi
İhsan Çağlar Çınar
- 236 **El parmak arızalarının maluliyet hesabında bilirkişi yaklaşımlarının sonuca etkisi**
The impact of expert approaches on the outcome of disability assessment for finger injuries
Ümran Taşçı Büyüksahan, Mehmet Mesut Sönmez
- 246 **Akil hastalığı veya akıl zayıflığı nedeniyle boşanma: Adli psikiyatrik açıdan inceleme**
Marriage annulment due to psychiatric disorders: An analysis under Turkish civil law
İlker Taşdemir, Muhammed Emin Boylu
- 255 **Retrospective analysis of sexual abuse reports made by the department of child and adolescent psychiatry**
Çocuk ve ergen psikiyatrisi bölümü tarafından yapılan cinsel istismar bildirimlerinin retrospektif analizi
Melike Kevser Gül, Esra Demirci, Sevgi Özmen, Gultakın Huseynli

VAKA SUNUMU / CASE REPORT

- 262 **The common effect of dysbarism-related diffuse arterial air embolism and rare CO toxicity during SCUBA diving**
SCUBA dalışı sırasında disbarizme bağlı yaygın arteriyel hava embolisi ve nadir CO toksitesinin ortak etkisi
Ziyaettin Erdem, Ebru Yaşat Aksay, Toygün Anıl Özesen, Kenan Kaya

DERLEME / REVIEW

- 267 **Adli uygulamalarda yeni nesil dizileme teknolojilerinin yeri ve önemi**
The role and importance of next generation sequencing technologies in forensic applications
Tuğba Tezcan, Mukaddes Asena Yıldırım, Selin Özkan-Kotiloğlu, Dilek Kaya-Akyüzlü

EDİTÖRDEN / EDITORIAL

Değerli Adli Tıp Dergisi Okurları;

Adli Tıp Dergisi'nin 2024 son sayısı ile karşınızdayız. Bu sayıda yine önceki sayılarda olduğu gibi adli tıp ve adli bilimlerin çeşitli alanlarına ait makaleler hazırladık. Bu sayımızda adli belge, maluliyet, adli kimya, psikiyatri ve adli psikiyatri, dental malpraktisler gibi ilgi çekici alanlarda makaleler yer almaktadır.

Sizlere buradan "Uluslararası 20. Adli Tıp Günleri"nin 22-28 Eylül 2025 tarihlerinde Antalya Aksu'da yapılacağını duyurmak istiyorum. "Adli Tıp Günleri" geleneksel olarak yapılan, yargı mensupları ile adli tıp ve adli bilimler alanında çalışan profesyonelleri her yıl bir araya getiren, uygulamada yaşanan sorunların paylaşıldığı ve ortak akıl ile çözüm üretilen bir organizasyondur. 2024 yılında 18 yabancı ülkeden katılımcı ve konuşmacılarla uluslararası kimlik kazanan bu toplantının 2025 yılında daha da büyüyeceğine ve yine çok verimli bir toplantı olacağına inanıyorum.

Dergimizi ve kongremizi takip eden tüm asistan, uzman, akademisyen ve yargı mensuplarına teşekkür eder, iyi okumalar dilerim.


Dr. Hızır Aslıyüksek
Editör

Discrimination of pen inks using thin layer chromatography and UV-visible spectroscopy

İnce katman kromatografisi ve UV-görünür spektroskopinin mürekkep ayırımında kullanımı

 **Vinayak Gupta**¹,
0009-0008-5111-3351

 **Jasandeep Kaur**¹,
0009-0003-6358-1789

 **Komal Saini**^{2*}
0000-0001-5172-4699

ABSTRACT

In present days, crimes related to forgery and alterations are increasing day by day. In these cases, questioned document examiners are appointed to clarify the doubts arising in writing. Various writing instruments that have different ink constituents are used to produce numerous documents. When the ink is under suspicion, multiple techniques are used to differentiate the ink and its components. Among them, thin-layer chromatography (TLC) and UV-visible spectrometry were used in this study to discriminate various pen ink writings. Thin-layer chromatography was used to separate the components of pen inks and differentiate these based on colour, R_f value and number of spots. On the other hand, UV-visible spectrometry was used to discriminate inks based on the peaks of the UV-visible spectra. The percentage of total differentiation of inks with combined analysis by TLC and UV spectrometry for blue, red, black and green ballpoint pens was 89.58%, 80%, 66.67% and 71.43%, respectively and for blue, red, black and green pilot pens, a total discrimination percentage of 44.45%, 100%, 57.14% and 100% respectively was achieved. The combined results of TLC and UV-visible spectrophotometer were capable of individualising most of the pen ink samples. The analysis using a UV-visible spectrophotometer also helped support the TLC examination results.

Keywords: *Thin layer chromatography, UV-visible spectrometry, differentiation of pens, ballpoint pens, pilot pens.*

ÖZET

Günümüzde sahtecilik ve tahrifata ilişkin suçlar her geçen gün artmaktadır. Bu durumlarda, yazıyla ilgili ortaya çıkan şüpheleri açıklığa kavuşturmak için sorgulanan belge incelemecileri görevlendirilir. Farklı mürekkep bileşenlerine sahip çok sayıda belgenin üretilmesi için çeşitli yazı araçları kullanılır. Mürekkep şüphesi oluştuğunda mürekkebi ve bileşenlerini ayırt etmek için çeşitli teknikler kullanılır. Bu çalışmada çeşitli mürekkep bileşenlerini ayırt etmek için bunların arasında ince tabaka kromatografisi (TLC) ve UV-görünür spektroskopisi kullanıldı. TLC ve UV spektroskopisi ile kombine analiz ile mürekkeplerin toplam farklılaşma yüzdesi mavi, kırmızı, siyah ve yeşil tükenmez kalem için sırasıyla %89,58, %80, %66,67 ve %71,43 olurken, mavi, kırmızı, siyah ve yeşil pilot kalemler için sırasıyla %44,45, %100, %57,14 ve %100'lük toplam ayrımcılık yüzdesine ulaşıldı. TLC ve UV-görünür spektrofotometrenin birleştirilmiş sonuçları, kalem mürekkebi örneklerinin çoğunu bireyselleştirme kapasitesine sahipti. UV görünür spektrofotometre kullanılarak yapılan analiz aynı zamanda TLC incelemesinin sonuçlarının desteklenmesine de yardımcı oldu.

Anahtar Kelimeler: *İnce tabaka kromatografisi, UV-Görünür bölge spektroskopisi, kalemlerin ayırımı, tükenmez kalem, pilot kalem.*

Cite as: Gupta V, Kaur J, Saini K. Discrimination of pen inks using thin layer chromatography and UV-visible spectroscopy. J For Med 2024;38(3):183–194

Received: 28.12.2023 • Accepted: 11.11.2024

Corresponding Author: Dr. Komal Saini, Punjabi University, Patiala 147002, Punjab, India
E-mail: komal2saini@yahoo.com

¹M.Sc., Department of Forensic Science, Punjabi University, Patiala 147002, Punjab, India

²Ph. D., Department of Forensic Science, Punjabi University, Patiala 147002, Punjab, India



Turkish Journal of Forensic Medicine is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

INTRODUCTION

It is usually said that a piece of paper cannot decide someone's future. However, if that piece of paper is a will, marks card or other important document, it may decide. Especially when the document is altered. Documents may be altered by means of forgery, disguise, erasures, and other methods. An ordinary person cannot know whether a document has been altered, but suspicions may be raised about its authenticity, originality, or authorship (1,2). Hence, forensic document examination plays a vital role by giving an opinion on whether the document has been altered. Inks have been used for decades to write and sign important documents. Different types of inks with distinct writing instruments and contrasting colours were used for writing.

Several methods to distinguish the ink can be applied in the cases where the ink is in question. These methods include microscopy, thin-layer chromatography (TLC), high-performance thin-layer chromatography (HPTLC), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), gas chromatography-mass spectrometry (GCMS), ultraviolet-visible spectrometry, etc. With TLC, dyes and a few of the pigments can be separated by comparing their retardation factor (R_f) values. Ultraviolet-visible spectrometry is a technique which works on the principle of Beer-Lambert law (3).

Crown *et al.* (4); Nakamura and Shimoda (5); Lewis (6); Brunelle (7); Djozan *et al.* (8); Houlgrave *et al.* (9); Barker *et al.* (10); Yadav (11); Aginsky (12) examined the inks by TLC and paper chromatography. Tsutsumi and Ohga (13); and Bansinge *et al.* (14) worked on the analysis of writing ink dyes by TLC and FTIR and its applications to forensic science. Roux *et al.* (15) investigated the blue and black ballpoint pen inks using filtered light examination, microspectrophotometry, and TLC. LaPorte *et al.* (16); Glover *et al.* (17); Kaluarachchi (18) compared unknown inks with the inks at the United States International Library using TLC and video spectral comparator. Cousin *et al.* (19); Sharif *et al.* (20) discussed the discriminating potential of UV-visible spectrometry, TLC, and FTIR spectroscopy for the forensic analysis of inks. Saini *et al.* (21) used TLC and visible spectrometry on the blue gel pen inks.

Sombut *et al.* (22) separated pen inks using TLC. Poon *et al.* (23); Saini *et al.* (24) differentiated the inkjet printer inks by TLC and HPTLC.

In this study, TLC and UV-visible spectrometry were used to differentiate ballpoint pen inks from pilot pen inks. They were used because they are readily available in almost all forensic laboratories, economical, easy to use, low time consumption, and easy to interpret results. Thus, the study was designed to discern the power of TLC and UV-visible spectrometry to differentiate writing inks based on their colourants.

MATERIALS AND METHODS

Collection of materials

For the study, 110 pens were collected, including 86 ballpoint pens and 24 pilot pens in blue, black, red, and green of different makes and models. The ballpoint pen included 48 blue pens, 21 black pens, 10 red pens, and 7 green pens, and the pilot pen included 9 blue pens, 7 black pens, 4 red pens, and 4 green pens.

Each pen was given a code, which was unique for each pen. B at the initial position stands for ballpoint pens, and P at the initial position stands for pilot pens. In the medial position, B, K, G and R were used for blue, black, green and red coloured pens, respectively. Each code was then given a number at its terminal position to maintain its uniqueness (Refer to Table 1-5).

Based on the literature survey, nine reference dyes were also procured, including methylene blue, victoria blue, tartrazine, malachite green, crystal violet, coomassie brilliant blue, methyl orange indicator, metanil yellow GR, and nigrosine. Pen ink writing samples were made on non-fluorescence A4 size sheets of white paper (70GSM) of the SPECTRA TRIDENT GROUP company. Ethyl acetate (pure chems), butanol (chemical enterprise), ethanol (analytical reagent), distilled water, methanol (alpha chemika), and acetic acid (pure chems) of chromatographic grade were used.

Preparation of writing sample

For the preparation of samples, various lines of approximately 5 cm each were made using each type of pen on the sheet of paper. These sheets of paper were stacked by placing three blank sheets of paper in between them to prevent cross-contamination due to migration, diffusion, etc., and were kept in a file. The file was further stored in a cupboard in a laboratory, where the humidity level and temperature were controlled at 45% humidity and 27°C.

Sample extraction

From each of the line strokes, 6 punches of 5mm diameter were punched out with the help of a puncture. The punches were then taken into a test tube, into which 1 ml of each extraction solvent was added individually. The solution was covered and kept undisturbed for 1 hour. The extraction solvent which gave the best results was chosen for the study.

Standardisation of working conditions for the TLC Method

Standardisation of the solvent system (mobile phase), extraction solvent, number of spots to be applied on the TLC plate, and number of strokes to be extracted from the paper was performed. Different types of extraction solvents, namely, acetone, ethanol, methanol, chloroform, acetic acid, ethanol and water in the ratio of 1:1, benzene, water, and n-hexane were used to extract inks.

Three different solvent systems were used, namely, butanol, ethanol, distilled water, and acetic acid in the ratio of 60:30:10:1 (solvent system A); ethyl acetate, ethanol, and distilled water in the ratio of 70:35:30 (solvent system B); and chloroform, methanol, and hexane in the ratio of 30:15:10 (solvent system C).

For the standardisation of the number of strokes, 4, 6, 8, and 10 punches of 5mm diameter were taken, and the extract was made with these pen ink strokes and spotted on TLC plates. To standardise the number of spots, the same extracts were used. Each extract was spotted 4 times, 6 times, 8 times and 10 times. The second spot was applied once the first spot dried completely.

TLC examination

The extracted samples were spotted on the pre-coated silica gel G plates (Merck KGaA) by using

capillary tubes. The spots were applied by leaving 1 cm of space from the base of the TLC plates. The sample was allowed to run 5 cm from the spotting point. The developed plates were visualised under visible light and long UV light. The photographs of the plates were made under visible light as well as UV light (100-400nm) (Figure 1). The hR_f value of each spot was calculated, where hR_f is the distance travelled by a spot to the distance travelled by the solvent front multiplied by 100.

UV-visible spectrometry

Analytik Jena Specord®210 Plus model of UV-visible spectrometer (Germany) was used for analysis. ASpect UV 1.5 software (Analytik Jena, 2020) was used. The analysis was carried out in the range of 200 nm-700 nm wavelength. The pen ink writings were extracted using methanol. For this, 6 punches of 5mm diameter were taken from the pen ink writings made on a white sheet of paper and were dissolved in 1 ml methanol. A reference sample of methanol, along with blank paper punches, was analysed to remove the background spectrum. The graphs were generated for each reference sample. Figure 2 represents the graphs obtained for methyl yellow and crystal violet.

Discrimination percentage

The discrimination percentage for both techniques, separately as well as collectively, for all samples was calculated. Discrimination percentage is the ratio of the number of groups formed after analysis

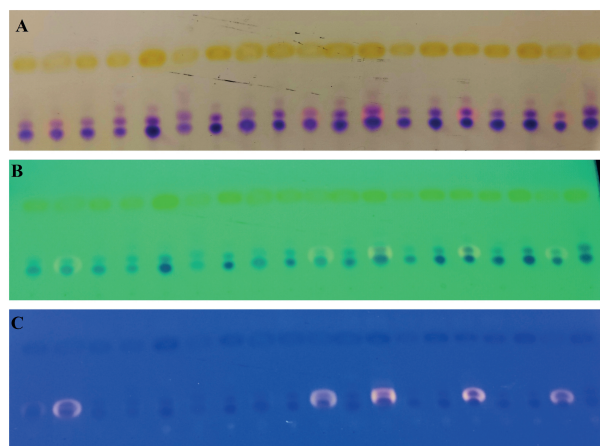


Figure 1. Showing results of TLC analysis for the differentiation of black ballpoint pens using solvent system A based on the number of spots, their colour, and hR_f value: (a) under visible light, (b) under short UV light, (c) under long UV light.

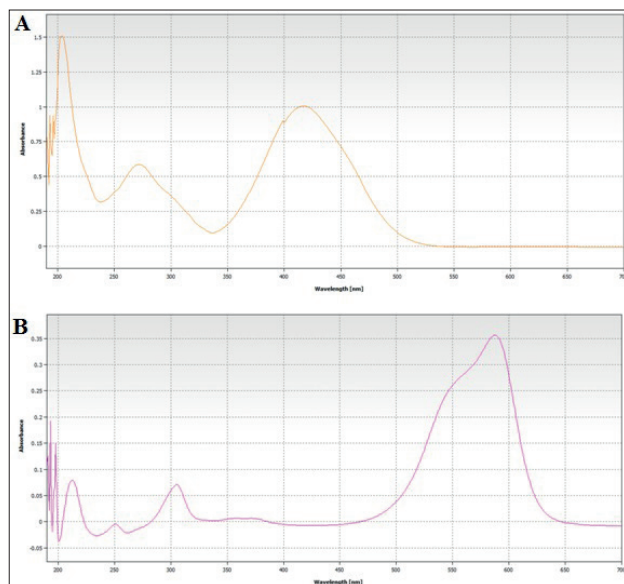


Figure 2. UV-Visible spectrometry analysis showing graph of reference dye: (a) methyl yellow and (b) Crystal Violet.

(using thin-layer chromatography and UV-visible spectrometry) to the total number of samples multiplied by 100.

Repeatability and reproducibility

Each sample was tested thrice to check the reproducibility and repeatability of the method used in the study. Hence, triplicate spotting of each ink sample was done in the case of TLC analysis. Standards were also analysed thrice.

RESULTS

Sample extraction

For sample extraction, methanol gave the best results. Out of 110 pens, 96 pen ink samples dissolved in methanol, which included 86 ballpoint pens, and 10 pilot pens (Table 1).

Standardisation of the TLC method

After standardisation, the best results were obtained when four punches of 5mm diameter were dissolved in 0.5 ml extraction solvent (methanol). Using a capillary tube, each sample was spotted 6 times on the TLC plate. The samples were spotted one over the other when the previous spot was completely dried. Out of the three solvent systems, solvent systems A and B were capable of separating the contents of ink samples.

TLC plate examination under visible light and UV-visible light

The pen inks were classified based on the number of spots, colours of spots and their hR_f values. In solvent system A, blue, red, black and green ballpoint pens were classified into 6, 4, 2 and 2 groups, respectively. Blue, red, black and green pilot pens were classified into 2, 2, 2 and 2 groups, respectively (Table 2). However, in the solvent system B, blue, red, black and green ballpoint pens were classified into 5, 5, 5 and 2 groups, respectively. Blue, red, black and green pilot pens were classified into 2, 2, 2 and 2 groups, respectively (Table 3). The hR_f value and colour of each spot for reference dyes were also calculated and analysed under visible light and UV light (Table 4). During the analysis, spots were observed under UV light for certain pen inks in both solvent system A and solvent system B.

The discrimination percentage of blue, red, black and green ballpoint pens using solvent system A was achieved to be 12.5%, 40%, 9.53% and 28.57%, respectively and using solvent system B, it was 10.41%, 50%, 23.8% and 28.57%, respectively. The percentage of total differentiation with combined analysis using both solvent systems A and B for blue, red, black and green ballpoint pens was 27.08%, 60%, 23.81% and 28.57%, respectively. For blue, red, black and green pilot pens, the discrimination percentage was 44.45%, 75%, 42.86% and 100% with solvent system A and 44.45%, 75%, 42.86% and 100% with solvent system B. Combined analysis using solvent systems A and B for blue, red, black and green pilot pens achieved a total discrimination percentage of 44.45%, 100%, 57.14% and 100%, respectively. Hence, TLC alone was not able to differentiate the pen inks satisfactorily.

UV-Visible spectrometry

All pens were then subjected to UV-visible spectrometry. The pen ink writings were extracted using methanol and were directly analysed. The blue, red, black and green ballpoint pens were classified into 23, 5, 5 and 4 groups, respectively. Blue, red, black and green pilot pens were classified into 2, 2, 2 and 2 groups, respectively (Table 5). UV-visible spectrometry alone was also not able to differentiate the pen inks sufficiently. For blue, red, black and green ballpoint pens, a total discrimination

Table 1. Representing the results of the solubility test using methanol as extraction solvent and the number of groups formed.

Group number	Pen Type	Pen ID	Solubility
1	Ballpoint Pens	BB01-BB48	Soluble
2		BR01-BR10	Soluble
3		BK01-BK21	Soluble
4		BG01-BG07	Soluble
1	Pilot pens	PB01, PB02, PB03, PB09	Soluble
2		PB04, PB05, PB06, PB07, PB08	Insoluble
3		PR02-PR04	Soluble
4		PR01	Insoluble
5		PK02, PK03, PK05	Soluble
6		PK01, PK04, PK06, PK07	Insoluble
7		PG02-PG04	Soluble
8		PG01	Insoluble

Table 2. Groups of pen inks formed after TLC examination using solvent system A and their R_f value under visible and UV light.

Group number	Pen ID	R_f value under visible light	Spot colour	R_f under UV light	Spot colour
1.	BB2, BB5	10.9	Sky blue	-	-
2.	BB3, BB4	18.1	Blue	-	-
3.	BB6, BB7, BB9, BB11, BB12, BB18, BB27, BB28, BB31, BB38, BB40, BB44, BB45	18.1, 27.2	Blue, violet	-	-
4.	BB15, BB19, BB20, BB21, BB22, BB23, BB24, BB29, BB32, BB34, BB36, BB39, BB43, BB46	18.1, 27.2, 36.3	Sky blue, blue, violet	-	-
5.	BB8, BB10, BB13, BB14, BB16, BB17, BB25, BB26, BB30, BB33, BB35, BB37, BB41, BB42, BB47, BB48	20.0, 23.6, 29.0	Blue, skyblue, violet	-	-
6.	BB1	54.5	Blue	-	-
1.	BR1, BR4, BR5, BR6, BR7, BR8	18.1, 36.3, 72.7	Pink, vibrant yellow, yellow	18.1, 36.3, 72.7	Pink, lemon, fluorescent white
2.	BR2, BR3	18.1	Pink	18.1	Pink
3.	BR9	36.3	Yellow	18.1, 36.3, 72.2	Fluorescent white, lemon, Fluorescent white
4.	BR10	36.6	yellow	18.1, 36.3	Fluorescent white, lemon
1.	BK1, BK3, BK4, BK5, BK6, BK7, BK8, BK10, BK12, BK13, BK15, BK16, BK18, BK19, BK20, BK21	14.5, 20.0, 54.5	Blue, violet, yellow	-	-
2.	BK2, BK9, BK11, BK14, BK17	14.5, 16.3, 20.0, 54.5	Blue, pink, violet, yellow	16.3	Fluorescent yellow
1.	BG1	27.2	Pink	27.2	Fluorescent white
2.	BG2, BG3, BG4, BG5, BG6, BG7	-	-	-	-
1.	PB1	30.9	Pink		
2.	PB3, PB2	30.9, 54.5	Pink	30.9, 54.5	Fluorescent pink
3.	PB9	21.8, 30.9	Sky blue, pink	30.9, 41.0	Fluorescent yellow, Fluorescent yellow
1.	PR2, PR3	78.1	Pink	78.1	Fluorescent pink
2.	PR4	10.9	Brick red	-	-
1.	PK2, PK3	23.6	Pink	23.6	Pink
2.	PK5	56.3	Black	-	-
1	PG2	54.5, 21.8	Blue, Sky blue	-	-
2.	PG3	21.8	Sky blue	-	-
3.	PG4	54.1	Blue		

Table 3. Groups of pen inks formed after TLC examination using solvent system B and their hR_f value under visible and UV light

Group number	Pen ID	hR _f value under visible light	Spot colour	hR _f under UV	Spot colour
1.	BB1, BB3, BB4, BB6, BB28, BB31, BB33	41.8, 45.5, 49.0, 52.7	Violet, blue, sky blue, blue	-	-
2.	BB2, BB5, BB9, BB15, BB19, BB24, BB32, BB39, BB43	10.9, 4.8, 45.5	Sky blue, violet, blue	-	-
3.	BB21, BB22, BB23, BB29, BB34, BB36	18.1, 27.2, 54.5	Sky blue, blue, violet	-	-
4.	BB7, BB8, BB12, BB13, BB14, BB16, BB17, BB25, BB27, BB30, BB38	29.0, 34.5, 56.3	Violet, violet, blue	-	-
5.	BB10, BB11, BB18, BB20, BB26, BB35, BB37, BB40, BB41, BB42, BB44, BB45, BB46, BB47, BB48	43.6, 54.5	Violet, violet	-	-
1.	BR1, BR8, BR10	16.3, 40.0, 54.5	Yellow, pink, orange neon	40.0, 54.5	Pink and yellow, yellow
2.	BR2, BR3	16.3, 40.0	Yellow, pink	16.3, 40.0	Pink and yellow, fluorescent white
3.	BR5, BR6, BR7	40.0, 54.5	Pink, orange neon	40.0, 54.5	Pink and yellow, yellow
4.	BR4	40.0, 54.5	Pink, orange neon	40.0, 72.7	Pink and yellow, yellow
5.	BR9	16.3, 40.0, 54.5	Yellow, orange neon, orange neon	32.7, 40.0, 54.5	Yellow, pink and yellow, yellow
1.	BK19, BK20, BK21	18.1	Blue	-	-
2.	BK2, BK9, BK14, BK17	21.8, 25.4, 40.0	Blue, violet, pink	40.0	Fluorescent yellow
3.	BK1, BK3, BK4, BK5, BK6, BK8, BK10, BK12, BK13, BK15, BK16	20.0, 22.2	Blue, violet	-	-
4.	BK7, BK18	24.4, 30.9, 50.9	Violet, violet, violet	-	-
5.	BK11	21.8, 40.0, 50.9	Blue, pink, violet	40.0, 50.9	Fluorescent yellow, fluorescent yellow
1.	BG1	63.6	Pink	41.8	Fluorescent white
2.	BG2, BG3, BG4, BG5, BG6, BG7	-	-	-	-
1.	PB1	23.6	Sky blue	-	-
2.	PB3, PB2	23.6, 41.8, 72.7	Sky blue, pink, blue	23.6	Fluorescent pink
3.	PB9	23.6, 41.8	Blue, pink	23.6, 52.7	Fluorescent yellow, Fluorescent yellow
1.	PR2, PR3	94.5	Pink	94.5	Fluorescent pink
2.	PR4	20.0	Brick red	-	-
1.	PK2, PK3	41.8	Pink	41.8	Fluorescent pink
2.	PK5	69.0	Black	-	-
1.	PG2	60.0	Blue	-	-
2.	PG3	36.3, 67.2	Sky blue, yellow	-	-
3.	PG4	60.0	Blue	-	-

Table 4. TLC examination of reference dyes using solvent system A and solvent system B and their hR_f value under visible and UV light

S. no.	Reference dyes	dyes code	Solvent system	Reference dyes					
				Visible light			UV Light		
				No. of spots	hR _f value	colour	No. of spots	hR _f value	colour
1.	Methylene blue	RD1	A	2	9.0	Sky blue	-	-	-
					52.7	Blue			
			B	3	9.0	Sky blue	-	-	-
					52.7	Blue			
					56.3	Blue			
			2.	Victoria blue	RD2	A	3	20.0	Blue
50.9	Blue								
76.3	Violet								
B	3	14.5				Blue	1	1	Fluorescent white
		58.1				Blue			
		65.4				Blue			
3.	Tartrazine	RD3	A	-	-	-	-	-	
			B	2	27.2	Yellow	-	-	-
					87.2	Red			
			4.	Malachite green	RD4	A	3	9.0	Sky blue
18.1	Violet								
76.3	Violet								
B	1	7.2	Sky blue	-	-	-			
		5.	Crystal violet	RD5	A	2	18.1	Purple	-
40.0	Purple								
B	2				9.0	Purple	-	-	-
					58.1	Purple			
6.	coomassie brilliant blue	RD6	A	3	27.2	Blue	1	21.8	Fluorescent white
					45.4	Blue			
					58.1	Blue			
			B	2	45.4	Blue	2	34.5	Fluorescent white
					83.6	Violet		40.0	Fluorescent white
					7.	Methyl orange indicator	RD7	A	2
65.4	Yellow								
B	1	76.3	Yellow	-				-	-
8.	Metanil yellow GR	RD8	A	1				63.6	Yellow
			B	1	81.8	Yellow	-	-	-
9.	Nigrosine	RD9	A	1	63.6	Reddish yellow	1	58.1	Fluorescent pink
			B	2	52.7	Brown	-	-	-
					81.8	Orange			

percentage of 47.92%, 50%, 23.81% and 28.57% were achieved with UV-visible spectrometry, and a discrimination percentage of 22.22%, 75%, 28.57% and 50% was achieved for pilot pens. The method was dependent on the concentration of the pen ink writing sample. Reference dyes were also analysed, and their UV-visible spectra were generated (Table 5). The UV-visible spectrometry data was used to know

the type of dye or pigment used in the constituents of pen inks based on the comparison of the peaks with reference dyes. Hence, it helped to support the results of the TLC examination.

However, when the results of all three techniques, that are, solubility test, TLC analysis with two types of solvent systems and UV-visible spectrometry, were combined for blue, red, black and green ballpoint

Table 5. Groups of pen inks formed after UV-visible spectrometry along with their wavelengths

Group no	Pen ID	Peak wavelength	Group no	Pen ID	Peak wavelength
1.	BB12, BB14, BB16, BB20, BB23, BB30, BB35, BB37, BB45	210, 272, 278, 304, 584	1.	BK1, BK4, BK6, BK14	207, 251, 278, 304, 417, 553, 586
2.	BB5, BB39, BB46	202, 210, 272, 278, 304, 584, 625	2.	BK2, BK5, BK7, BK9, BK12, BK16, BK18, BK19	202, 207, 251, 265, 272, 278, 304, 417, 586, 553
3.	BB4, BB15, BB17	202, 210, 272, 278, 304, 408, 584, 625	3.	BK15	202, 251, 265, 304, 417, 586, 553
4.	BB1, BB6, BB21	202, 251, 304, 584	4.	BK3, BK11, BK13, BK17, BK21	207, 251, 265, 272, 278, 304, 417, 586, 553
5.	BB25, BB47	212, 251, 272, 278, 304, 584	5.	BK8, BK10, BK20	202, 207, 251, 265, 272, 278, 304, 417, 553, 586
6.	BB31	208, 253, 303, 357, 584	1.	BR1	212, 216, 252, 260, 272, 278, 350, 531
7.	BB19, BB32	208, 253, 272, 278, 303, 357, 384	2.	BR10	212, 216, 252, 266, 272, 278, 350, 531
8.	BB7, BB10	202, 251, 272, 278, 304, 584	3.	BR3	203, 264, 272, 278, 546
9.	BB24	202, 210, 251, 272, 278, 408, 584, 625	4.	BR2	203, 259, 546
10.	BB29	202, 251, 272, 278, 304, 584, 625	5.	BR4, BR5, BR6, BR7, BR8, BR9	203, 264, 272, 278, 350, 531
11.	BB13	210, 251, 304, 320, 584	1.	BG1, BG2, BG4, BG5	209, 265, 272, 278, 345, 600, 666
12.	BB44	209, 267, 305, 584	2.	BG3	209, 265, 272, 278, 446, 660
13.	BB3, BB8	213, 272, 278, 304, 584	3.	BG6	202, 272, 278, 666
14.	BB11	212, 272, 304, 320, 584	4.	BG7	202, 272, 278, 345, 600, 666
15.	BB38	212, 272, 278, 304, 584	1.	PB2, PB3	226, 307, 562, 617
16.	BB43	202, 251, 304, 584, 625	2.	PB9	202, 260, 307, 356, 410, 557, 625
17.	BB48	202, 251, 272, 278, 304, 584	1.	PK2	202, 405, 572
18.	BB2, BB22	210, 272, 304, 584, 625	2.	PK3	202, 558
19.	BB18, BB26, BB27, BB28, BB41	202, 210, 272, 278, 304, 584	1.	PR2, PR4	203, 310, 343, 409, 526
20.	BB33, BB36	210, 272, 278, 304, 584, 625	2.	PR3	202, 215, 335, 509
21.	BB42, BB40	210, 272, 278, 304, 320, 584	1.	PG2	201, 402, 631
22.	BB34	208, 272, 584, 625	2.	PG3	207, 292, 345, 418, 441, 598, 665
23.	BB9	210, 272, 278, 304, 320, 584, 625			

pens, a total discrimination percentage of 89.58%, 80%, 66.67% and 71.43% respectively was achieved. For blue, red, black and green pilot pens, a total discrimination percentage of 44.45%, 100%, 57.14% and 100%, respectively, was achieved. Schematic flow charts of differentiating the pen inks using all the techniques were made for easy understanding (Figure 3-10).

DISCUSSION

The objective of the study was to differentiate ballpoint and pilot pen ink writings by using thin-layer chromatography and UV-visible spectrometry. The ink consists of dyes and pigments as a colouring agent. Methanol was used to extract the pen inks for both types of pens. Methanol is a colourless

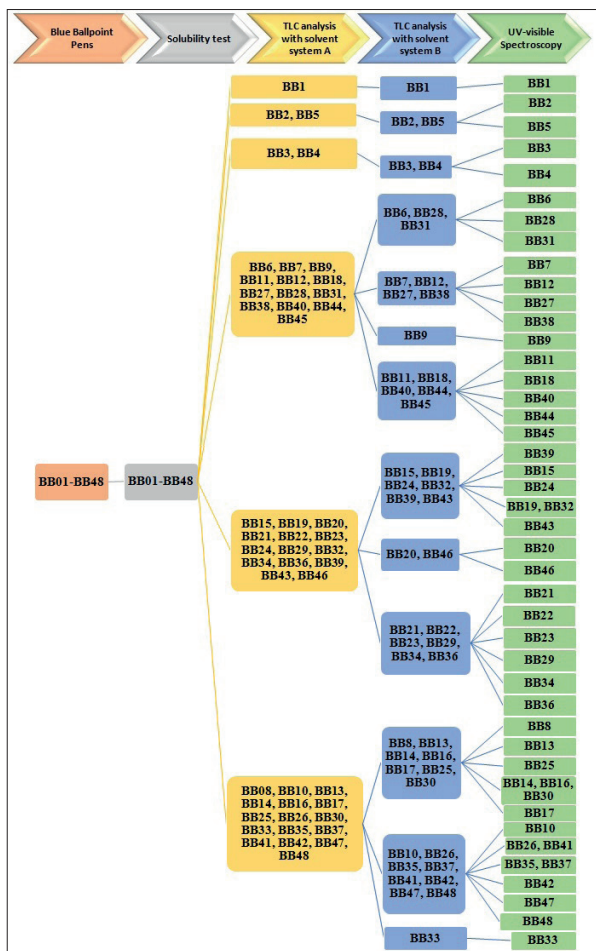


Figure 3. Schematic flow chart showing the differentiation of blue ballpoint pens using solubility test, TLC analysis using solvent system A, TLC analysis using solvent system B, and UV-visible spectrometry.

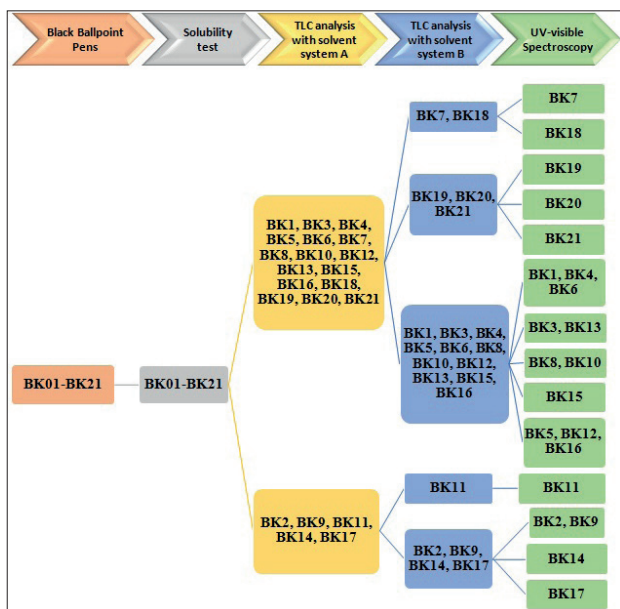


Figure 4. Schematic flow chart showing the differentiation of black ballpoint pens using solubility test, TLC analysis using solvent system A, TLC analysis using solvent system B, and UV-visible spectrometry.

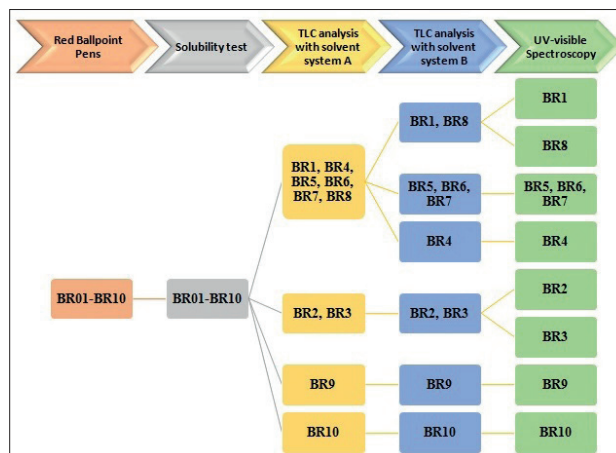


Figure 5. Schematic flow chart showing the differentiation of red ballpoint pens using solubility test, TLC analysis using solvent system A, TLC analysis using solvent system B, and UV-visible spectrometry.

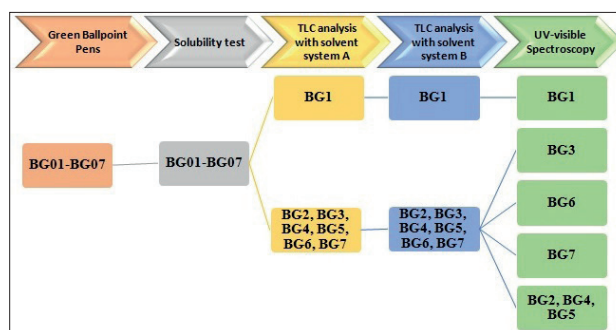


Figure 6. Schematic flow chart showing the differentiation of green ballpoint pens using solubility test, TLC analysis using solvent system A, TLC analysis using solvent system B, and UV-visible spectrometry.

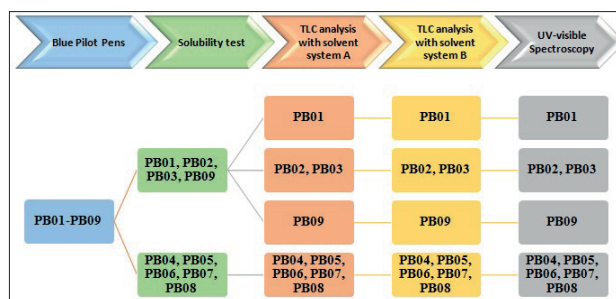


Figure 7. Schematic flow chart showing the differentiation of blue pilot pens using solubility test, TLC analysis using solvent system A, TLC analysis using solvent system B, and UV-visible spectrometry.

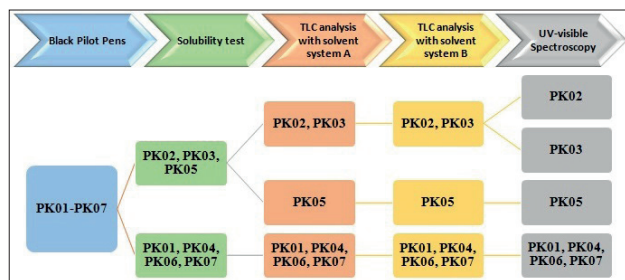


Figure 8. Schematic flow chart showing the differentiation of black pilot pens using solubility test, TLC analysis using solvent system A, TLC analysis using solvent system B, and UV-visible spectrometry.

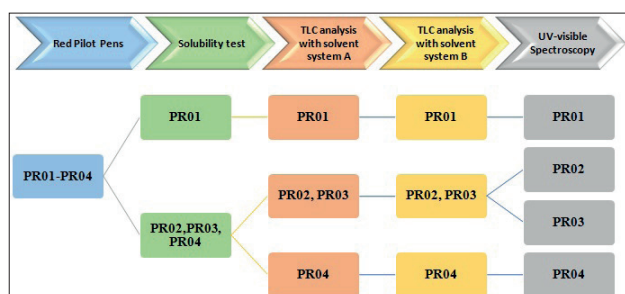


Figure 9. Schematic flow chart showing the differentiation of red pilot pens using solubility test, TLC analysis using solvent system A, TLC analysis using solvent system B, and UV-visible spectrometry.

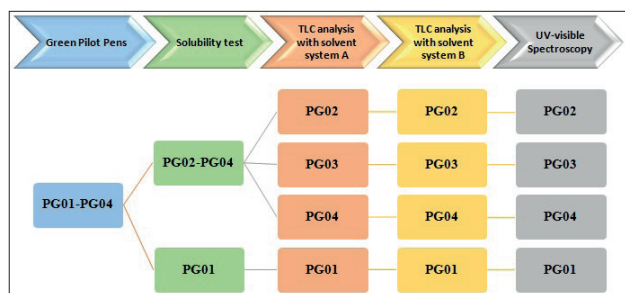


Figure 10. Schematic flow chart showing the differentiation of green pilot pens using solubility test, TLC analysis using solvent system A, TLC analysis using solvent system B, and UV-visible spectrometry.

solvent that helps differentiate between dye-based and pigment-based inks, and it extracted most of the ink samples used in the study. Out of the 110 pens, pen ink writings made by 96 pens were successfully extracted using methanol. The results were obtained quickly compared to other extraction solvents. Djozan *et al.* (8), Yadav (11), Bansinge *et al.* (14) also utilised methanol for the extraction purpose, as it gave better extraction than other solvents. On the other hand, Saini *et al.* (24) used ethanol and picric acid as the extraction solvent. Thus, the results of ink extraction were in accordance with the previous studies.

By utilizing the technique of thin-layer chromatography, it was possible to effectively differentiate and identify the dye components present in the pen ink composition. This method has proven to be highly reliable, providing valuable insights into the chemical composition of the pen inks (9). After analysis, the pen samples were grouped into several groups that had similar dye components. Various pen manufacturers might have the same source of ink or raw material. Saini and Rathore (25,26) made groups based on similarities in hR_f values using TLC, HPTLC, and GCMS. Roux *et al.* (15), Bansinge *et al.* (14), and Sharif *et al.* (20) reported that thin-layer chromatography was a reliable technique for differentiation. The results presented in this study are aligned with the previous findings, further strengthening the credibility of the research. The findings are significant, and they serve as a crucial reference point for future research in the field.

From the results of TLC, it was observed that various mobile phases have different abilities to differentiate between ink samples. The results showed that two solvent systems used in the study produced different groupings of ink samples. Different pens from the same brand were sometimes grouped together, but other times, they were separated into different groups. This could be because of variations in ink composition within specific models of the brand. Therefore, it cannot be assumed that all pens from the same brand have identical ink compositions. Djozan *et al.* (8), Houlgrave *et al.* (9), Saini and Saroa (27) and Saini *et al.* (28) also reported that there might be the use of more than one ink or toner formulation by the same brand manufacturer. Some additional spots were also observed when the TLC plates were analysed under UV light, but they did not appear under visible light. Houlgrave *et al.* (9) also reported such spots which appeared under UV light and not in visible light, which helped in better differentiation of ink samples.

Pen ink dyes or pigments were analysed using a UV-visible spectrophotometer and thin-layer chromatography to determine their composition. Reference dyes were compared to the observed peaks to ensure precise findings. The concentration of the ink sample taken for the analysis was also taken into account, and pen wavelengths were classified for

straightforward comparison. However, the results were influenced by the composition of the pen inks used to write. As a result, the pens were grouped based on their wavelengths to facilitate comparison. Cousin *et al.* (19) used extracts made of ethanol for UV-visible spectrometry examination and achieved good differentiation of peaks. Sharif *et al.* (24) also used distilled water as an extraction solution for analysis.

This study successfully discriminated the pen ink samples and grouped them into several groups. The percentage of total differentiation with combined analysis for blue, red, black and green ballpoint pens was 89.58%, 80%, 66.67% and 71.43%, respectively and for blue, red, black and green pilot pens, a total discrimination percentage of 44.45%, 100%, 57.14% and 100% respectively was achieved. While analysing the samples using UV-visible spectrometry, it is suggested to take care of the concentration of the ink sample taken for the analysis in the UV-visible spectrophotometer.

CONCLUSIONS

Thin layer chromatography is an affordable technique; it helps differentiate the ink components, and several groups were made that had similar ink compositions. In TLC, methanol was used as an extraction solvent. Solvent systems A (butanol, ethanol, distilled water in the ratio of 60:35:30) and solvent system B (ethyl acetate, ethanol, distilled water, acetic acid in the ratio of 60:30:10:1) were taken as solvent systems because both the solvent systems gave variable differentiation of ink components and separation was successful. TLC differentiated all the samples into several groups using R_f value, solvent system used, number of spots, colour of spots, and UV light examination. The percentage of total differentiation with combined analysis for blue, red, black and green ballpoint pens was 89.58%, 80%, 66.67% and 71.43%, respectively and for blue, red, black and green pilot pens, a total discrimination percentage of 44.45%, 100%, 57.14% and 100% respectively was achieved. The analysis using a UV-visible spectrophotometer helped to support the results of the TLC examination. It was suggested that the concentration of the ink sample taken for the analysis

be considered while using UV-visible spectrometry. TLC and UV-visible spectrometry alone could not fully individualise all the ink samples. However, when used in combination, satisfactory results were achieved.

List of abbreviations

FTIR - Fourier Transform Infra-Red

GCMS - Gas Chromatography-Mass Spectrometry

GSM - Grams per Square Meters

HPTLC - High-Performance Thin Layer Chromatography

R_f - Retardation Factor

TLC - Thin Layer Chromatography

UV - Ultraviolet

UV-vis - Ultraviolet-visible

Competing interests: No competing interests are declared by the authors.

Funding: No funding was received from any source for the completion of this work

REFERENCES

- Hilton O. Scientific Examination of Questioned Documents (Elsevier Series in Forensic and Police Science), 2nd ed. Elsevier Science Ltd.; 1981.
- Harrison WR. Suspect Documents -their scientific examination. Universal Law Publishing Co. Pvt. Ltd.; 2011.
- Jickells S, Negrusz A. Clarke's analytical forensic toxicology. Pharmaceutical Press. 2008. <https://doi.org/10.1051/ata/2009023>
- Crown DA, Conway JVP, Kirk PL. Differentiation of blue ballpoint pen inks. J Crim Law Criminol Police Sci. 1961;52(3):338. <https://doi.org/10.2307/1141121>
- Nakamura GR, Shimoda SC. Examination of Micro-Quantity of Ball Point Inks from Documents by Thin-Layer Chromatography. J Crim Law Criminol Police Sci. 1965;56(1):113. <https://doi.org/10.2307/1140611>
- Lewis JA. Thin-layer chromatography of writing inks -Quality control considerations. J Forensic Sci. 1996;41(5):14015. <https://doi.org/10.1520/JFS14015J>
- Brunelle RL. Ink analysis. Brunelle Forensic Laboratories; 591. 2000. <https://doi.org/10.1006/rwfs.2000.0479>
- Djozan D, Baheri T, Karimian G, Shahidi M. Forensic discrimination of blue ballpoint pen inks based on thin layer chromatography and image analysis. Forensic Sci Int. 2008;179(2-3):199-205. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2008.05.013>

9. Houlgrave S, LaPorte GM, Stephens JC. The use of filtered light for the evaluation of writing inks analysed using thin layer chromatography. *J Forensic Sci.* 2011;56(3):778–782. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2011.01733.x>
10. Barker J, Ramotowski R, Nwokoye J. The effect of solvent grade on thin layer chromatographic analysis of writing inks. *Forensic Sci Int.* 2016;139–147. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.05.003>
11. Yadav K. Analysis of commonly used blue ballpoint pen ink in India by planar chromatography. *Int J Adv Res.* 2017;5(7):981–988. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/4806>
12. Aginsky VN. Thin-Layer chromatography of inks –efficiency of separation of ink components. *J Am Soc Quest Doc Exam.* 2019;22(2):13–21.
13. Tsutsumi K, Ohga K. Analysis of writing ink dyestuffs by TLC and FT-IR and its application to forensic science. *Anal Sci.* 1998;14(2):269–274. <https://doi.org/10.2116/analsci.14.269>
14. Bansingh MD, Pradip V, Tekade PV, Bajaj SD, Mahodaya OA, Barwat NA. Analysis of different ball point pen inks using thin layer chromatography and comparison with FTIR spectrometer. *Chem Sci Trans* 2019;8(2). <https://doi.org/10.7598/cst2019.1560>
15. Roux C, Novotny M, Evans I, Lennard C. A study to investigate the evidential value of blue and black ballpoint pen inks in Australia. *Forensic Sci Int.* 1999;101(3):167–176. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(99\)00021-3](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(99)00021-3)
16. LaPorte GM, Arredondo MD, McConnell TS, Stephens JC, Cantu AA, Shaffer DK. An evaluation of matching unknown writing inks with the United States International Ink Library. *J Forensic Sci.* 2006;51(3):689–692. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2006.00144.x>
17. Glover R, Furlough A, Jasra P, Jasra SK. The differentiation of commercial inks on the bases of physical and chemical analysis by the video spectral comparator and thin layer chromatography. *J Emerging Forensic Sci Res.* 2016, 1(2).
18. Kaluarachchi KAS. The discrimination potential of VSC, TLC and HPLC for ballpoint inks. *Sri Lanka J Forensic Med Sci Law.* 2021;12(2):19–23. <https://doi.org/10.4038/sljfmsl.v12i2.7873>
19. Cousin V, Casamassima R, Marega C, Maida P, Schiavone S, Marigo A, Villari A. The discrimination potential of ultraviolet-visible spectrophotometry, thin layer chromatography, and Fourier transform infrared spectroscopy for the forensic analysis of black and blue ballpoint inks. *J Forensic Sci.* 2008;53(6):1468–1473. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2008.00867.x>
20. Sharif M, Batool M, Chand S, Farooqi ZH, Tirmazi SAAS, Athar M. Forensic discrimination potential of blue, black, green, and red colored fountain pen inks commercially used in Pakistan, by UV/visible spectroscopy, thin layer chromatography, and Fourier transform infrared spectroscopy. *Int J Anal Chem.* 2019;2019:5980967. <https://doi.org/10.1155/2019/5980967>
21. Saini K, Kaur H, Gupta M. Analyses of blue gel pen inks using thin-layer chromatography and visible spectrophotometry. *J Forensic Identif.* 2014;64(1):28–42.
22. Sombut V, Ohama P, Kumpun S, Kulnides N, Yingyongnarongkul B. Separation of blue ballpoint pen inks –a comparison of solvent systems on thin layer chromatography techniques. *Suan Sunandha Sci Tech J.* 2018;5:20–27.
23. Poon N, Ho S, Li C. Differentiation of coloured inks of inkjet printer cartridges by thin layer chromatography and high performance liquid chromatography. *Sci Justice.* 2005;45(4):187–194. [https://doi.org/10.1016/S1355-0306\(05\)71665-8](https://doi.org/10.1016/S1355-0306(05)71665-8)
24. Saini K, Heer HK, Rathore R. Differentiation of inkjet printer inks by thin layer chromatography and high performance thin layer chromatography. *Res J Forensic Sci.* 2015;37(7):1–7.
25. Saini K, Rathore R. Differentiation of gel pen inks by using high performance thin layer chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. *Malaysian J Forensic Sci.* 2018;8(2):10–17.
26. Saini K, and Rathore R. Differentiation of red and black ballpoint pen inks using high performance thin layer chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. *Arab J Forensic Sci Forensic Med.* 2018;1(7):829–841. <https://doi.org/10.26735/16586794.2018.011>
27. Saini K, Saroa JS. Differentiation of colour photocopy toners using TLC, UV and FTIR techniques. *J Forensic Id.* 2011;61(6):561–580.
28. Saini K, Rajshree R, Amandeep S. Forensic analysis of toners by thin layer chromatography and high performance thin layer chromatography. *Res J Forensic Sci.* 2016;4(3):6–20.

The impact of COVID-19 pandemic on forensic psychiatric cases in a university hospital in Turkey

COVID-19 pandemisinin Türkiye’de bir üniversite hastanesi psikiyatri kliniğine başvuran adli psikiyatrik vakalar üzerine etkisi

 Doğançan Sönmez¹,
0000-0003-0937-8264

 Meltem Puşuroğlu²,
0000-0002-1970-3262

 Mehmet Baltacıoğlu²
0000-0003-3332-7117

 Çiçek Hocaoğlu²,
0000-0001-6613-4317

 Bülent Bahçeci²
0000-0002-7591-3643

ABSTRACT

Introduction: The coronavirus (COVID-19) pandemic has caused various negative effects on human life in terms of health, economics, and social aspects. Just as the pandemic has had an impact on many areas of life and medicine, it may also have had an impact on forensic psychiatry, which is the intersection of law and psychiatry. In this study, we aimed to investigate the impact of the COVID-19 pandemic on adult forensic psychiatric cases and contribute to the literature.

Method: This study is a retrospective, single-center study conducted at xx University Hospital. The files of 978 forensic psychiatric cases admitted within four years were scanned from the hospital data recording system. In the study, all cases applied for forensic psychiatric evaluation between 11.03.2020-03.03.2022 (pandemic period) and 03.03.2018-11.03.2020 (pre-pandemic period) were included. These two groups, including cases from the pandemic and pre-pandemic periods, were compared in terms of sociodemographic, criminal and forensic psychiatric characteristics.

Results: A total of 978 cases were included in our study, 451 in the pre-pandemic period and 527 in the COVID-19 pandemic period. An increase in the number of forensic psychiatric cases has been detected during the pandemic. It has been determined that there is a significant increase in forensic psychiatric cases sent especially due to Article 432 of the Turkish Civil Code (TCC 432) and Article 32 of the Turkish Penal Code (TPC 32). While 115 (25.5%) of the pre-pandemic period applications were TPC 32 and 69 (15.3%) were TPC 432, 209 (39.7%) of the pandemic period applications were TPC 32 and 158 (30%) were TCC 432 ($p < 0,001$).

Conclusion: Little information is available on how a pandemic may affect forensic psychiatric referrals. The most important result of our study is the detection of an increase in cases referred under TMK 432 and TCK 32. The most important feature of our study is that it is one of the limited number of studies in the literature investigating the effect of the pandemic process on forensic psychiatric cases and is also the first study in our country. In conclusion, this study provides an important basis for understanding the impact of the pandemic on forensic psychiatry and developing appropriate intervention strategies.

Keywords: Forensic psychiatry, Forensic medicine, COVID-19, Pandemic, Turkish Penal Code, Turkish Civil Code

ÖZET

Giriş: Coronavirus (COVID-19) pandemisi sağlık, ekonomik ve sosyal açıdan insan yaşamında çeşitli olumsuz etkilere yol açmıştır. Pandeminin hayatın ve tıbbın birçok alanda etkisi olduğu gibi hukuk ile psikiyatrinin kesişim alanı olan adli psikiyatri üzerinde de etkisi olmuş olabilir. Bu çalışmada, COVID-19 pandemisinin erişkin adli psikiyatrik vakalar üzerindeki etkisini araştırıp literatüre katkı sağlamayı amaçladık.

Yöntem: Bu çalışma xx Üniversite Hastanesinde yapılan retrospektif, tek merkezli bir çalışmadır. Dört yıllık süre içinde başvuran 978 adli psikiyatrik vakanın dosyaları üç aylık süre içinde hastane veri kayıt sisteminden taranmıştır. Çalışmada 11.03.2020-03.03.2022 (pandemi dönemi) ve 03.03.2018-11.03.2020 (pandemi öncesi dönem) arasında adli psikiyatrik değerlendirme için başvuran tüm vakalar çalışmaya dahil edilmiştir. Pandemi ve pandemi öncesi dönemdeki vakaları içeren bu iki grup sosyodemografik, kriminal, adli psikiyatrik özellikleri açısından karşılaştırılmıştır.

Bulgular: Çalışmamıza pandemi öncesi dönemde 451, COVID-19 pandemisi döneminde ise 527 olmak üzere toplam 978 vaka dahil edilmiştir. Pandemi sırasında kurumumuza başvuran adli psikiyatrik vakaların sayısında artış saptanmıştır. Özellikle Türk Medeni Kanunu’nun 432. maddesi (TMK 432) ve Türk Ceza Kanunu’nun 32. maddesi (TCK 32) nedeniyle gönderilen adli psikiyatrik vakalarda ciddi artış olduğu saptanmıştır. Pandemi öncesi dönem başvurularının 115’i (%25,5) TCK 32 ve 69’u (%15,3) TMK 432 iken pandemi dönemi başvuranların 209’u (%39,7) TCK 32 ve 158’i (%30) TMK 432’dir ($p < 0,001$).

Sonuç: Bir pandeminin adli psikiyatrik başvuruları nasıl etkileyebileceğine ilişkin çok az bilgi mevcuttur. Çalışmamızın en önemli sonucu TMK 432 ve TCK 32 kapsamında gönderilen vakalarda artış saptanmasıdır. Çalışmamızın en önemli özelliği pandemi sürecinin adli psikiyatrik vakalar üzerindeki etkisini araştırma literatürdeki sınırlı sayıda çalışmadan biri ayrıca ülkemizdeki ilk çalışma olmasıdır. Sonuç olarak, bu çalışma, pandeminin adli psikiyatri üzerinde etkisini anlamak ve uygun müdahale stratejileri geliştirmek için önemli bir temel sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Adli psikiyatri, Adli tıp, COVID-19, Pandemi, Türk Ceza Kanunu, Türk Medeni Kanunu

Cite as: Sönmez D, Puşuroğlu M, Baltacıoğlu M, Hocaoğlu Ç, Bahçeci B. The impact of COVID-19 pandemic on forensic psychiatric cases in a university hospital in Turkey. J For Med 2024;38(3):195-204

Received: 30.10.2023 • Accepted: 05.08.2024

Corresponding Author: Uzm. Dr. Doğançan Sönmez, Rize State Hospital, Department of Psychiatry, Rize, Türkiye
E-mail: dogancansonmez@gmail.com

¹Rize State Hospital, Department of Psychiatry, Rize, Turkey

²Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Medicine, Department of Psychiatry, Rize, Turkey



Turkish Journal of Forensic Medicine is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

INTRODUCTION

Forensic psychiatry (FP) is a field that brings together concepts, knowledge and experience between law and psychiatry. This specialty explores and applies the intersection of these two disciplines by examining how the law defines psychiatric issues and what types of services they require (1). It is one of the subjects where forensic reports are required to be prepared by psychiatrists and forensic medicine specialists in Turkey. Forensic psychiatrists provide behavioural assessments, psychiatric evaluations, and counseling to aid in the understanding of legal issues faced by individuals with psychiatric conditions, with the ultimate goal of serving justice (2). The main goal of forensic psychiatry is to determine the impact of a person's mental state on their legal problems. This means making evaluations in legal hearings or court processes, ensuring the fair application of the law and contributing to the justice system. Forensic psychiatrists provide psychiatric evaluations and reports by collaborating with courts, prosecutors, attorneys, and other legal professionals (3).

Turkish Penal Code (TPC) 32/1 states that a person who cannot perceive the legal meaning and consequences of the act he has committed, or whose ability to direct his behavior in relation to this act has significantly decreased, cannot be punished due to mental illness. TPC 32/2 states that certain reductions will be made in the punishment of a person whose ability to direct his behavior has decreased in relation to the act he committed (2). TCC 57 a security measure is ordered for protection and treatment for a person who is mentally ill at the time of committing the act (2). Turkish Civil Code (TCC) 432 is regulated as "Any adult person who poses a danger to society due to mental illness, mental weakness, alcohol or drug addiction, seriously dangerous infectious disease or vagrancy, can be placed or detained in an institution suitable for treatment, education or rehabilitation, if personal protection cannot be provided otherwise (2). TCC 408 may request the restriction of any adult who proves that he cannot properly manage his affairs due to old age, disability, inexperience or serious illness (2).

Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) has had a significant impact on mental health worldwide. In

addition to the physical risks, it poses to individuals with severe mental disorders, the COVID-19 pandemic has also had a significant impact on the mental health of patients. The isolation and stress brought on by the pandemic leave them more affected than the general population, leading to the risk of relapses and exacerbations (4). The isolation and curfew restrictions implemented during the pandemic period made it more difficult for patients to continue their regular hospital visits, prescribe maintenance treatments, and administer depot antipsychotic treatments compared to their normal lives. Additionally, since coronaviruses may be associated with psychotic symptoms through immune mechanisms, COVID-19 infection itself may exacerbate symptoms in patients with schizophrenia (5). In addition to health problems, the pandemic also causes individuals to experience the loss of their loved ones, restrictions in daily life, and financial difficulties. In addition, this situation has led to an increase in criminal cases such as suicide, domestic violence and sexual abuse in the world (6).

Such negative consequences that occurred during the pandemic period may have caused some changes in forensic psychiatry, which is the common intersection of the law and the healthcare system. There are a limited number of studies in the literature examining forensic psychiatry cases during the pandemic period and investigating the impact of the pandemic on forensic psychiatry cases. This study aims to compare forensic psychiatric cases admitted to our psychiatry department before and during the COVID-19 epidemic. In this study, we aimed to investigate the impact of the COVID-19 pandemic on adult forensic psychiatric cases and contribute to the literature.

SAMPLE AND PROCEDURE

This research study was a retrospective observational study and all admissions to the Forensic Psychiatry Clinic of Recep Tayyip Erdoğan University Training and Research Hospital were made retrospectively through the hospital registry system. The files of 978 forensic psychiatric cases referred to us by the court within four years were scanned from the hospital

data recording system. The pandemic period began on March 11, 2020, with the first COVID-19 case in our country, and ended on March 3, 2022, with the removal of quarantine laws, mask use, and the HES code obligation (Hayat Eve Siğar). The pre-pandemic period was defined as two years before the pandemic. All cases referred for forensic psychiatric evaluation during the pandemic period and the pre-pandemic period we determined were included in the study. Although it is very unlikely, it was determined that those with missing data in their records would be excluded from the study. Patients were grouped as pre-pandemic period cases and pandemic period cases. Age, gender, marital status, educational status, diagnoses of patients as a result of forensic psychiatric examination, the purpose for which they were referred for forensic psychiatric examination, the crimes they committed, and the decisions made as a result of the psychiatric evaluation of these people were compared statistically between the groups.

The SPSS (Statistical Package for the Social Sciences Inc.) 26.0 for Windows was used in statistical analyses. Descriptive statistics and continuous variables such as age are presented as mean \pm standard deviation, frequency distribution, and percentage. Categorical variables were given as frequency and percentage. The chi-square test was used to analyze categorical data. The suitability of the variables to the normal distribution was examined using visual (histogram and probability graphs) and analytical methods (Kolmogorov-Smirnov test and Shapiro-Wilk test). For variables that do not comply with the normal distribution, the Mann-Whitney U Test was used between two independent groups. The statistical significance level was accepted as $p < 0.05$ for all values.

Ethics committee approval for the study was obtained by the Recep Tayyip Erdoğan University Non-invasive Clinical Research Ethics Committee, with the decision numbered 2022/73 dated March 24, 2022, and institutional permission was also obtained for the study. All practices performed in this study were in accordance with the ethical standards of the institutional and/or national research committee and with the 2000 Helsinki Declaration and its later amendments or comparable ethical standards.

RESULTS

Sociodemographic characteristics

during the 4-year period determined for the study, the records of 978 forensic psychiatric cases were accessed and included in the study. Of the 978 forensic psychiatric cases included in the study, 451 (46.1%) were admitted in the pre-pandemic period and 527 (53.9%) were admitted during the pandemic period. Only 69 (15.3%) of the cases admitted in the pre-pandemic period were women, and 86 (16.3%) of the cases admitted during the pandemic period were women. There was no significant difference in terms of gender between the pre-pandemic period and the pandemic period cases ($p > 0.05$). 382 (84.7%) of the cases admitted in the pre-pandemic period were men, and 441 (83.7%) of the cases admitted during the pandemic period were men. There was no significant difference in terms of gender between the pre-pandemic period and the pandemic period cases ($p > 0.05$) (Table 1). While the mean age of applications in the pre-pandemic period was 40.55 ± 13.29 , the mean age of applications in the pandemic period was 38.85 ± 13.72 . There was no statistically significant difference between the two groups in terms of age ($p > 0.05$). In the pre-pandemic period, 249 (55.2%) of those who applied were single, 156 (34.6%) were married, and 46 (10.2%) were widowed or divorced. Of those who applied during the pandemic period, 309 (58.6%) were single, 168 (31.9%) were married, and 50 (9.5%) were widowed or divorced. There was no statistically significant difference between the groups in terms of marital status ($p > 0.05$). Of those who applied in the pre-pandemic period, 6 (1.3%) were illiterate, 123 (27.3%) were primary school graduates, 202 (44.8%) were secondary school graduates, and 107 (23.7%) were high school graduates and 13 (2.9%) were university graduates. Of those who applied during the pandemic period, 17 (3.2%) were illiterate, 172 (31.6%) were primary school graduates, 219 (41.6%) were secondary school graduates, 95 (18%) were high school graduates and 24 (4.6%) were university graduates. There was a statistically significant difference between the groups in terms of educational status ($p < 0.01$) (Table 1).

Clinical Features

Of those who applied in the pre-pandemic period, 2 (0.4%) had depressive disorder, 8 (1.8%) had anxiety

Table 1. Sociodemographic characteristics of forensic cases before and during the pandemic

Sociodemographic characteristics	Before pandemic (n=451)	During pandemic (n=527)	Total (n=978)	p
Age, mean (\pm SD)	40.55 (\pm 13.2)	38.85 (\pm 13.7)	39.63 (\pm 13.5)	0.84
Gender, n (%)				
Woman	69 (15.3)	86 (16.3)	155 (15.8)	0.66
Male	382 (84.7)	441 (83.7)	823 (84.2)	
Marital status, n (%)				
Single	249 (55.2)	309 (58.6)	558 (57.1)	0.55
Married	156 (34.6)	168 (31.9)	324 (33.1)	
Widowed-divorced	46 (10.2)	50 (9.5)	96 (9.8)	
Educational status, n (%)				
Illiterate	6 (1.3)	17 (3.2)	23 (2.4)	<0.016*
Primary school graduate	123 (27.3)	172 (32.6)	295 (30.2)	
Secondary school graduate	202 (44.8)	219 (41.6)	421 (43)	
High school graduate	107 (23.7)	95 (18)	202 (20.7)	
University graduate	13 (2.9)	24 (4.6)	37 (3.8)	

*Chi-square statistical analysis; $p < 0.05$

Table 2. Psychiatric diagnosis of forensic cases before and during the pandemic

Psychiatric diagnosis	Before pandemic n (%)	During pandemic n (%)	Total n (%)	p
Without a psychiatric diagnosis	20 (4.4)	34 (6.5)	54 (5.5)	<0.01*
Depressive disorder	2 (0.4)	8 (1.5)	10 (1)	
Anxiety disorder	8 (1.8)	9 (1.7)	17 (1.7)	
Psychotic disorder	185 (41)	153 (29)	338 (34.6)	
Bipolar disorder	132 (29.3)	117 (22.2)	249 (25.5)	
Substance use disorder	43 (9.5)	98 (18.6)	141 (14.4)	
Adjustment disorder	5 (1.1)	6 (1.1)	11 (1.1)	
Antisocial personality disorder	28 (6.2)	41 (7.8)	69 (7.1)	
Intellectual disability	23 (5.1)	50 (9.5)	73 (7.5)	
Dementia	5 (1.1)	8 (1.5)	13 (1.3)	
Other	1 (0.2)	2 (0.4)	3 (0.3)	

*Chi-square statistical analysis; $p < 0.05$

disorder, 185 (41%) had psychotic disorder, and 132 (29.3%) had bipolar disorder. 43 (9.5%) had substance use disorder, 5 (1.1%) had adjustment disorder, 28 (6.2%) had antisocial personality disorder, 23 (5.1%) had intellectual disability, 5 (1.1%) of them were diagnosed with dementia and 20 of them (4.4%) did not have any psychiatric diagnosis. Of those who applied during the pandemic period, 8 (1.5%) had depressive disorder, 9 (1.7%) had anxiety disorder, 153 (29%) had psychotic disorder, 117 (22.2%) had bipolar disorder, 98 (18.6%) had substance use disorder, 6 (1.1%) had adjustment disorder, 41 (7.8%) had antisocial personality disorder, 50 (9.5%) had intellectual disability, 8 (1.5%) of them were diagnosed with dementia and 34 of them (6.5%) did not have any psychiatric diagnosis. There was a statistically

significant difference between the groups in terms of psychiatric diagnosis status ($p < 0.01$) (Table 2).

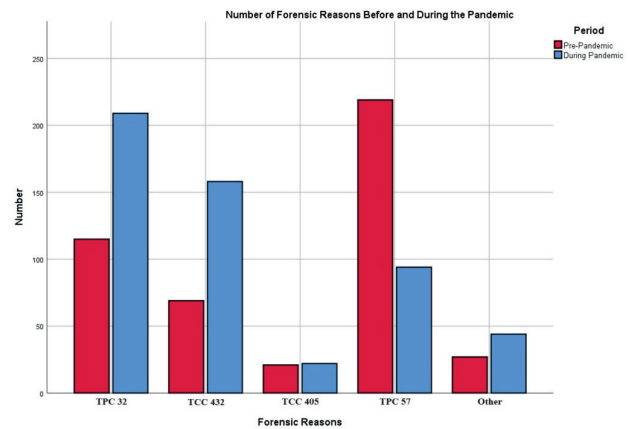


Figure 1. Number of forensic reasons applications before and during the pandemic

Reasons for forensic psychiatric evaluation and crime types

Considering the reasons for sending, 115 (25.5%) of the pre-pandemic period applications were TPC 32, 69 (15.3%) were TCC 432, 21 (4.7%) were guardianship, 219 (48.6%) were social healing. Of the applications during the pandemic period, 209 (39.7%) were TPC 32, 158 (30%) were TCC 432, 22 (4.2%) were guardianship, 94 (17.8%) were social healing. There was a statistically significant difference between the groups according to the reasons for sending them ($p < 0.001$) (Table 3). According to the crime distribution of forensic psychiatric cases evaluated in terms of criminal responsibility, 34 (29.3%) of the pre-pandemic applications were for assault-injury, 5 (4.3%) for theft, 6 (5.2%) for substance use, 1 (1%) murder, 3 (2.6%) attempted murder, 31 (26.7%) threats-insults, 12 (10.4%) sexual abuse, 6 (5.2%) were damage to property, 5 (4.3%) were looting-fraud, 14 (12.2%) were other crimes. Crime distribution of applications during the pandemic period: 50 (24.3%) assault-injury, 16 (7.8%) theft, 15 (7.3%) substance use, 3 (1.4%) murder, 11 (5.3%) attempted murder,

51 (24.8%) threats-insults, 8 (3.9%) sexual abuse, 11 (5.3%) damage to property, 2 (1%) were looting-fraud and 38 (18.4%) were other crimes. An increase in the rate of assault-injury, theft and substance use was detected during the pandemic period. There was a statistically significant difference between the groups according to crime distribution ($p = 0.03$) (Table 4). Of the applications referred due to TPC 32, 71 (21.9%) were diagnosed with psychotic disorder, 59 (18.2%) were diagnosed with bipolar disorder, 58 (17.9%) were diagnosed with antisocial personality disorder, and 36 (17.9%) were diagnosed with substance use disorder and 34 (10.5%) were diagnosed with intellectual disability. In the pre-pandemic period, 28 (24.3%) of the cases admitted due to TPC 32 were diagnosed with psychotic disorder, 24 (20.9%) were diagnosed with bipolar disorder, 24 (20.9%) were diagnosed with antisocial personality disorder, and 9 (7.8%) were diagnosed with substance use disorder. Of the cases admitted due to TPC 32 during the pandemic period, 43 (20.6%) had psychotic disorder, 35 (16.7%) had bipolar disorder, 27 (12.9%) had substance use disorder, and

Table 3. Reasons for forensic psychiatric evaluation of forensic cases before and during the pandemic

Reasons for forensic psychiatric evaluation	Before pandemic n (%)	During pandemic n (%)	Total n (%)	p
TPC 32	115 (25.5)	209 (39.7)	324 (33.1)	<0.001*
TCC 432	69 (15.3)	158 (30)	227 (23.2)	
Guardianship	21 (4.7)	22 (4.2)	43 (4.4)	
Social healing	219 (48.6)	94 (17.8)	313 (32)	
Whether the person is mentally ill	9 (2)	10 (1.9)	19 (1.9)	
Other	34 (7.8)	18 (3)	52 (5.4)	

*Chi-square statistical analysis; $p < 0.05$

Table 4. Crime types of forensic cases before and during the pandemic

Crime types	Before pandemic n (%)	During pandemic n (%)	Total n (%)	p
Assault-injury	34 (29.3)	50 (24.3)	84 (26.1)	0.03*
Theft	5 (4.3)	16 (7.8)	21 (6.5)	
Drug offenses	6 (5.2)	15 (7.3)	21 (6.5)	
Murder	1 (0.9)	3 (1.4)	4 (1.2)	
Attempted murder	3 (2.6)	11 (5.3)	14 (4.3)	
Threat-insult	31 (26.7)	51 (24.8)	82 (25.5)	
Sexual abuse	12 (10.3)	8 (3.9)	20 (6.2)	
Damage to property	6 (5.2)	11 (5.3)	17 (5.3)	
Looting-fraud	5 (4.3)	2 (1)	7 (2.2)	
Other	14 (12.1)	38 (18.4)	52 (16.1)	

*Chi-square statistical analysis; $p < 0.05$

Table 5. Psychiatric Diagnosis of TPC 32 and TCC 432 in before and during the pandemic

Psychiatric diagnosis	Before pandemic n (%)		During pandemic n (%)		p
	TPC 32	TCC 432	TPC 32	TCC 432	
Psychotic disorder	28 (24.3)	19 (27.5)	43 (20.6)	38 (24.1)	<0,001*
Bipolar disorder	24 (20.9)	23 (33.3)	35 (16.7)	37 (23.4)	
Substance use disorder	9 (7.8)	27 (39.1)	27 (12.9)	66 (41.8)	
Antisocial personality disorder	24 (20.9)	0 (0)	34 (16.3)	1 (0.6)	
Intellectual disability	6 (5.2)	0 (0)	28 (13.4)	4 (2.4)	

*Chi-square statistical analysis; $p < 0.05$

Table 6. Criminal responsibility status according to psychiatric diagnoses before and during the pandemic

Psychiatric diagnosis	Before pandemic n (%)			During pandemic n (%)			p
	TPC 32/1	TPC 32/2	Full criminal responsibility	TPC 32/1	TPC 32/2	Full criminal responsibility	
Psychotic disorder	11 (55)	2 (33.3)	15 (16.9)	21 (45.7)	14 (36.8)	8 (6.3)	<0.001*
Bipolar disorder	6 (30)	1 (16.7)	17 (19.1)	10 (21.7)	10 (26.3)	15 (11.9)	
Substance use disorder	0 (0)	0 (0)	9 (10.1)	0 (0)	3 (7.9)	24 (19)	
Antisocial personality disorder	0 (0)	0 (0)	24 (27)	0 (0)	0 (0)	34 (27)	

*Chi-square statistical analysis; $p < 0.05$

34 (16.3%) had antisocial personality disorder. There was a statistically significant difference between the groups ($p < 0.001$) (Table 5). In the pre-pandemic period, it was determined that 19 (27.5%) of the cases admitted due to TCC 432 were diagnosed with psychotic disorder, 23 (33.3%) were diagnosed with bipolar disorder, and 27 (39.1%) were diagnosed with substance use disorder. There was a statistically significant difference between the groups ($p < 0.001$). It was determined that 38 (24.1%) of the cases admitted due to TCC 432 during the pandemic period were diagnosed with psychotic disorder, 37 (23.4%) were diagnosed with bipolar disorder, and 66 (41.8%) were diagnosed with substance use disorder. There was a statistically significant difference between the groups ($p < 0.001$) (Table 5).

In the pre-pandemic period, 11 (55%) of the forensic cases evaluated within the scope of TPC 32/1 were diagnosed with psychotic disorder and 6 (30%) with bipolar disorder. Of the forensic cases evaluated within the scope of TPC 32/2, 2 (33.3%) were diagnosed with psychotic disorder and 1 (16.7%) with bipolar disorder ($p < 0.001$) (Table 6). Of the forensic cases

evaluated within the scope of TPC 32/1 during the pandemic, 21 (45.7%) were diagnosed with psychotic disorder and 10 (21.7%) were diagnosed with bipolar disorder. Of the forensic cases evaluated within the scope of TPC 32/2, 14 (36.8%) were diagnosed with psychotic disorder, 10 (26.3%) with bipolar disorder, and 3 (7.9%) with substance use disorder. There was a statistically significant difference between the groups ($p < 0.001$) (Table 6).

DISCUSSION

Our study represents one of the limited number of studies evaluating the impact of the pandemic on forensic psychiatric cases. It also stands out as the first study examining adult psychiatric cases during the pandemic period in our country. The average age and gender distribution of the cases included in the study during the four-year period are similar to other studies in the literature (7-10). It was determined that the education level of most of the cases was at the primary and secondary school levels. In forensic case studies, low education levels are typical (10).

Individuals with higher levels of education generally have access to more social support and resources. Education can help people make better-informed decisions and comply more with social norms. As in our study, in another study where forensic psychiatric cases are evaluated, young age, male gender, being single and low education level were the majority (11).

In our study, it was determined that the majority of forensic psychiatry cases were diagnosed with psychotic disorders, bipolar disorder and substance use disorders. Polat and Hocaoglu stated that the two most common diagnoses in their study were schizophrenia and mood disorders (7). In the study of Bolu et al., antisocial personality disorder was the most frequently diagnosed diagnosis (12). Yumru et al. stated that the most common diagnosis was substance-related conditions (13). In our study, it was determined that the majority of the reasons for referral of forensic psychiatric cases were criminal responsibility, compulsory treatment and evaluation of social healing. In Kocakaya and Ozturan's study, it was determined that most of them were sent to assess criminal responsibility (10). In a retrospective study of forensic cases admitted to a university hospital psychiatry outpatient clinic, it was reported that 56.8% of the cases were related to criminal law (14). Bolu et al. reported that 22.3% of the cases in their study were evaluated within the scope of article 32 of the TPC (12). Polat and Hocaoglu reported that the most common reason for judicial application was TPC 57/1 (32.8%), followed by Article 432 of the TCC (20.41%) (7). The majority of the crimes in the cases sent due to criminal responsibility were assault-injury and threat-insult crimes. Polat and Hocaoglu stated that the most common crime they detected was physical violence (7). Senturk et al., in their study, brought the experiences of child and adolescent mental health judicial committees during the COVID-19 pandemic to the literature (15). The number of studies in the field of adult forensic psychiatry is insufficient. Studies that have investigated the pandemic process with forensic cases in our country have found that there was a decrease in forensic case applications during the pandemic period (16). In the study conducted by Dogan and Ozturk, it was determined that there was a decrease

in forensic cases applying to the emergency room during the pandemic period (17). It was determined that during the pandemic period, the rate of forensic cases in a pediatric emergency department in Turkey increased approximately 3-fold compared to the pre-pandemic period (18). In a study investigating suicidal tendencies before and during the pandemic, no significant difference was found (19).

In our study, an increase was detected in the cases sent under TPC 32 and TCC 432. We can attribute these increases to the disruption in the treatment of individuals with severe mental illnesses during the pandemic period and the relapses of their illnesses. It is stated that loneliness, anxiety, hopelessness, suicidal tendencies and domestic violence have increased worldwide due to the restrictions and social isolation imposed to prevent the spread of the disease (6). It has been stated that while some crimes (e.g., theft) decreased in many countries after the epidemic, others (e.g., digital crimes) increased. In particular, the increase in domestic violence worldwide has become one of the most important social problems. Police records also support the increase in domestic violence. Because people have been confined to their homes for a long time. The fear of contacting the virus, death or losing loved ones has made many people much more anxious (20). The suddenly taken restrictive measures caused individuals to be affected, especially psychologically, and to feel under pressure, and it was thought that the pressure and stress felt could be an important factor in individuals turning to violence. Due to the pandemic period, uncertainty, economic difficulties and emotional distress, an increase in the tendency to commit crimes may be observed in the general population and some psychiatric patients (21).

The COVID-19 pandemic also has effects on the number of crimes and the way they are committed. During the COVID-19 pandemic, calls made to the police departments of Los Angeles State to report crimes were recorded, and it was determined that there was a significant increase in reports of crimes such as domestic violence during this period (22). It has been suggested that with the increase in internet usage, there may be an increase in cyber fraud (23, 24). Some studies show that the COVID-19 pandemic has caused a decrease in crime rates. In a

study published in 2021, police records in 27 cities after the start of quarantines were examined and it was stated that there was an overall 37% decrease in crime levels in all cities (25). Apart from crime rates, the types of crimes committed are also affected by the pandemic process. Research shows that there is a decrease in the number of home thefts due to the increase in time spent by potential crime victims at home (25). It is stated that as the opportunities for home theft decrease, crime types such as auto theft and theft of open spaces may increase (26). Similarly, drug crimes have also been among the types of crimes affected by the pandemic process. Previous studies have reported that addictive substances are often associated with stress, psychological distress, and social isolation. It has been shown that an increase in the level of stress and anxiety will increase the motivation to use substances as a way of coping, especially in social disasters and pandemic situations (27). In her research conducted in 2020, Ayas states that drug crimes in England increased in March, April and May of 2020, that this increase may be due to people's fear and depressive mood due to the pandemic, and that crimes related to drug use decreased with the removal of pandemic restrictions (28). It has been suggested that increased COVID-19-related anxiety and fear may influence substance use escalation and initiation (29, 30). Smith et al. reported that increased stress and depressive symptoms were associated with an increase in the number of substances used during the COVID-19 pandemic (31). Similar to the literature, we found a rise in substance use disorder diagnoses during the pandemic period in our study. We also found an increase in the crime rates of assault-injury, theft and substance use crime during the pandemic period. Accordingly, the increase in theft crime rates in particular may be related to the increase in substance use rates.

In our study, an increase was detected in forensic psychiatric cases referred to us within the scope of compulsory treatment during the pandemic period. In addition to the physical risks, it poses to individuals with severe mental illness, the COVID-19 pandemic has also had a significant impact on the mental health of patients. The isolation and stress brought on by the pandemic leave them

more affected than the general population, leading to the risk of relapses and exacerbations (32). During the pandemic, there were difficulties in accessing other medical services and psychiatric treatment as the healthcare system had to focus on patients with COVID-19 and control of the disease. There have been problems such as postponement or cancellation of appointments, difficulties in supplying medicines and the inability to access online treatment opportunities to replace face-to-face therapy. The isolation and curfew restrictions implemented during the pandemic period made it more difficult for patients to continue their regular hospital visits, prescribe maintenance treatments, and administer depot antipsychotic treatments compared to their normal lives (5).

Despite the meaningful and important findings of our study, it has several limitations. Our study has some limitations, such as being retrospective, obtaining information from medical records, not including psychiatric structured interviews, and being a single-center study. Additionally, there may be other factors that we cannot control that may affect the number of forensic cases admitted to our hospital during the pandemic period.

CONCLUSION

The most important feature of our study is that it is the first and only study in our country investigating the impact of the pandemic process on adult forensic psychiatric cases. In conclusion, this study provides an important basis for understanding the impact of the pandemic on forensic psychiatry and developing appropriate intervention strategies. In order to reduce the negative effects of the COVID-19 pandemic on these psychiatric patients, it is important to facilitate patients' access to treatment and support services, develop distance treatment options, organize support programs focusing on mental health, and strengthen social support networks. Furthermore, it is crucial to emphasise the importance of public awareness and mental health awareness in the context of psychiatric patients during the pandemic period. It is imperative that experts in this field, community leaders and health policymakers collaborate to reinforce the practice of forensic psychiatry in the post-pandemic

period. This is particularly crucial given the potential for future crises, such as pandemics, which may require the expertise of forensic psychiatrists.

**This study was presented as an oral presentation at the 59th National Psychiatry Congress held between 18-22 October 2023.*

Ethics approval and consent to participate: *The study was approved by the by Recep Tayyip Erdogan University Faculty of Medicine Non-invasive Clinical Research Ethics Committee (date and number 24.03.2022/21589509/2022/73)*

Competing interests: *No competing interests are declared by the authors.*

Funding: *No funding was received from any source for the completion of this work.*

REFERENCES


- Aydın S, Batmaz S, Aslan ÜEA, Çelikbaş ÜZ, Çetin ÜS. Multidisciplinary approach to evaluation of forensic psychiatry reports. *Bull Med Leg.* 2021;26(1). <https://doi.org/10.17986/blm.1416>
- Özcanlı T, Ortaköylü L. Forensic medicine application on forensic psychiatry report arrangement. *Türkiye Klinikleri J Psychiatry-Special Topics.* 2011;4(1):22–26.
- Öncü F, Sercan M. Forensic psychiatry determination of criminal responsibility in criminal law. *Forensic Psychiatry Practice Guide.* 2014.
- Moreno C, Wykes T, Galderisi S, Nordentoft M, Crossley N, Jones N, Mary Cannon, Christoph U Correll, Louise Byrne, Sarah Carr, Eric Y H Chen, Gorwood P, Johnson S, Kärkkäinen H, Krystal JH, Lee J, Lieberman J, López-Jaramillo C, Männikkö M, Phillips MR, Uchida H, Vieta E, Vita A, Arango C. How mental health care should change as a consequence of the COVID-19 pandemic. *Lancet Psychiatry.* 2020;7(9):813–824. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(20\)30307-2](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(20)30307-2)
- Kozloff N, Mulsant BH, Stergiopoulos V, Voineskos AN. The COVID-19 global pandemic: implications for people with schizophrenia and related disorders. *Schizophr Bull.* 2020;46(4):752–757. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbaa051>
- Telles LEB, Valença AM, Barros AJS, da Silva AG. Domestic violence in the COVID-19 pandemic: a forensic psychiatric perspective. *Braz J Psychiatry.* 2021;43(3):233–234. <https://doi.org/10.1590/1516-4446-2020-1060>
- Polat S, Hocaoglu C. Clinical features, cases of psychiatric diagnosis and socio-demographic characteristics of patients with polyclinics of forensic psychiatry in education research hospital. *Ortadoğu Med J.* 2020;12(2):290–294. <https://doi.org/10.21601/ortadogutipdergisi.648702>
- Örüm MH. Evaluation of forensic cases admitted to Kahta State Hospital. *Phnx Med J.* 2021;3(1):26–30. <https://doi.org/10.38175/phnx.844990>
- Kalenderoğlu A, Yumru M, Selek S, Savaş HA. Evaluation of cases, referred to forensic psychiatry unit in Gaziantep University. *Noro Psikiyatı Ars.* 2007;44(3):86–90.
- Kocakaya H, Özturan DD. Retrospective analysis of cases admitted to an university hospital psychiatry outpatient clinic. *Kırıkkale University Faculty Med J.* 2023;25(2):285–292. <https://doi.org/10.24938/kutfd.1316918>
- Koç A, Parlak E. Diagnostic and sociodemographic characteristics of cases evaluated for criminal liability in the forensic psychiatry outpatient clinic: 5-year retrospective study. *Türkiye Klinikleri J Forensic Med Forensic Sci.* 2023;20(2). <https://doi.org/10.5336/forensic.2022-94624>
- Bolu A, Toygar M, Pan E, Erdem M, Ünlü G, Balıkcı A. Evaluation of forensic cases in a training hospital psychiatric clinic; five-year review. *Gülhane Med J.* 2014;56:1–4. <https://doi.org/10.5455/gulhane.36271>
- Yumru M, Haluk A, Tutkun H, Herken H, Karasu M, Dülger HE. Evaluation of cases examined from a forensic psychiatric perspective at Gaziantep University: high rates of alcohol-substance use. *Anadolu Psikiyatı Derg.* 2005;6:30–35.
- Arslan F, Özkorumak Karagüzel E, Sağlam Aykut D, Kocagöz K, Kutlu G, Baz A, Tiryaki A. Examination of forensic cases admitted to the psychiatry outpatient clinic of a university hospital. *J Forensic Med.* 2016;30(3):205–212. <https://doi.org/10.5505/adlitip.2016.48568>
- Pılan BŞ, Kaleli İİ, Eremiş S, Kaya A, Köse S, Özbaran B, Bildik T. Child and adolescent forensic psychiatry experiences during the COVID-19 pandemic. *J Dr Behcet Uz Childrens Hosp.* 2022;12(1):52–59. <https://doi.org/10.4274/buchd.galenos.2021.76892>
- Isık GÇ, Cinpolat R, Kiris E, Cevik Y. Evaluation of forensic medical cases during COVID-19 pandemic. *Clin Exp Health Sci.* 2022;12(1):205–208. <https://doi.org/10.33808/clinexphealthsci.933782>
- Sarı Doğan F, Öztürk TC. The effect of the COVID-19 pandemic on forensic cases admitted to an emergency department. *Forensic Sci Med Pathol.* 2023;19(2):169–174. <https://doi.org/10.1007/s12024-022-00565-3>
- Sevgi A, Şahsenem Ö, Ayşenur K, Beyza K, Melike P, Özge Y, Çetinel S, Masri Ş, Bayrak N. Effects of COVID-19 pandemic on forensic cases in a paediatric emergency department in Türkiye. *East Mediterr Health J.* 2023;29(4):271–275. <https://doi.org/10.26719/emhj.23.032>
- Cengisiz C, Tamam L, Dizdar G, Paşaoğlu E, Yılmaz E. Comparison of suicidal tendencies before and during the COVID-19 pandemic in a city in the western region of Turkey. *Cukurova Med J.* 2022;47(3):1095–1104. <https://doi.org/10.17826/cumj.1103467>
- Ataman K, Bozkurt V, Göka E, İlhan M, Yıldırım N, Çiftçi E, Liman U, Vuran B. Social effects of the COVID-19 pandemic. *Turkish J Hygiene Exp Biol.* 2021;78(3). <https://doi.org/10.5505/TurkHijyen.2021.83357>
- Roesch E, Amin A, Gupta J, García-Moreno C. Violence against women during Covid-19 pandemic restrictions. *British Medical Journal Publishing Group;* 2020. <https://doi.org/10.1136/bmj.m1712>
- Mohler G, Bertozzi AL, Carter J, Short MB, Sledge D, Tita GE, Uchida CD, Brantingham PJ. Impact of social distancing during COVID-19 pandemic on crime in Los Angeles and Indianapolis. *J Crim Justice.* 2020;68:101692. <https://doi.org/10.1016/j.jcrimjus.2020.101692>
- Gradoñ K. Crime in the time of the plague: Fake news pandemic and the challenges to law-enforcement and intelligence community. *Soc Regist.* 2020;4(2):133–148. <https://doi.org/10.14746/sr.2020.4.2.10>

24. Ahmad T. Corona virus (COVID-19) pandemic and work from home: challenges of cybercrimes and cybersecurity. Available at SSRN Electronic Journal. Elsevier BV. 2020. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3568830>
25. Ayas Ö. Analysis of a year with pandemic in the context of theft crime: example of the Turkey and England. *J Criminology Soc Sci*. 2021.
26. McDonald JF, Balkin S. The COVID-19 virus and the decline in crime. *Soc Sci Electronic Publishing*. 2020. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3567500>
27. Layman HM, Thorisdottir IE, Halldorsdottir T, Sigfusdottir ID, Allegrante JP, Kristjansson AL. Substance use among youth during the COVID-19 pandemic: a systematic review. *Curr Psychiatry Rep*. 2022;24(6):307–24. <https://doi.org/10.1007/s11920-022-01338-z>
28. Ayas Ö. Comparative crime research drug offence in Turkey and England by legal and social aspects. *Crime Penal J*. 2020;829–848.
29. Carlyle M, Leung J, Walter ZC, Juckel J, Salom C, Quinn CA, Davidson L, Ellem R, Newland G, Hides L. Changes in substance use among people seeking alcohol and other drug treatment during the COVID-19 pandemic: evaluating mental health outcomes and resilience. 2021;15:11782218211061746. <https://doi.org/10.1177/11782218211061746>
30. Roberts A, Rogers J, Mason R, Siriwardena AN, Hogue T, Whitley GA, Law GR. Alcohol and other substance use during the COVID-19 pandemic: a systematic review. *Drug Alcohol Depend*. 2021;229:109150. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2021.109150>
31. Smith CL, Waters SF, Spellacy D, Burduli E, Brooks O, Carty CL, Ranjo S, McPherson S, Barbosa-Leiker C. Substance use and mental health in pregnant women during the COVID-19 pandemic. *J Reprod Infant Psychol*. 2022;40(5):465–478. <https://doi.org/10.1080/02646838.2021.1916815>
32. Moreno C, Wykes T, Galderisi S, Nordentoft M, Crossley N, Jones N, Mary Cannon, Christoph U Correll, Louise Byrne, Sarah Carr, Eric Y H Chen, Gorwood P, Johnson S, Kärkkäinen H, Krystal JH, Lee J, Lieberman J, López-Jaramillo C, Männikkö M, Phillips MR, Uchida H, Vieta E, Vita A, Arango C. How mental health care should change as a consequence of the COVID-19 pandemic. *Lancet Psychiatry*. 2020;7(9):813–824. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(20\)30307-2](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(20)30307-2)

Bir yangın hızlandırıcısı olan benzinin kalıntı analizinde tuzun etkisi: Katı-faz mikroekstraksiyon (SPME) yöntemi

The effect of salt in the fire residue analysis of gasoline, a fire accelerant: A solid-phase microextraction (SPME) method

 Mihriban Dilan Kılıç¹,
0009-0004-7242-7641

 Murat Yayla¹,
0000-0003-3683-945X

 Selda Mercan^{1*}
0000-0002-0431-6972

ÖZET

Giriş: Yangın çıkış nedeninin araştırılmasında en kritik aşama, tutuşabilir bir sıvının varlığının kanıtlanmasıdır ve bu alanda geliştirilen yöntemlerin hızlı, kolay ve etkili olması beklenmektedir. Birçok çalışmada örnek hazırlama basamağında katı faz mikroekstraksiyon (SPME) yöntemi kullanılarak örnekleme süresi, sıcaklık vb. parametrelerin tespit süresi ve ekstraksiyon verimliliği üzerine etkisi incelenmiştir

ancak SPME öncesinde uygulanan tuz çözeltisinin geri kazanıma etkisi henüz araştırılmamıştır.

Amaç: Bu çalışmada, tutuşabilir bir sıvı olan ve yangın hızlandırıcısı olarak kullanılan benzinin içerisinde bulunan uçucu bileşenlerin SPME yöntemi ile tespit edilmesinde tuz çözeltisinin etkisi araştırılmıştır.

Yöntem: Çalışmada, 500 µL benzin eklenmiş 2.5x2.5 cm ebatlarında halı numuneleri hem yakılmadan hem de yakılarak 2, 4, 6 saat ve 30, 45 gün sürelerde laboratuvar ortamında bekletilmiştir. SPME öncesi numunelerin içerisine 0.16 g/mL NaCl çözeltisi eklenmiş ve numuneler Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi sistemi kullanılarak analiz edilmiştir.

Bulgular: Benzin eklendikten sonra yakılmadan 2, 4 ve 6 saat bekletilmiş ve tuz ile örneklenmiş numunelerin ekstraksiyon verimliliği, tuz eklenmemiş numunelere kıyasla yaklaşık %50 düşüş göstermiştir. Otuz ve 45 gün bekletilen numunelerde ise ekstraksiyon verimliliğinde sırasıyla 3.21 ve 6.88 kat artış meydana gelmiştir. Yandıktan sonra 2, 4 ve 6 saat bekletilen halı numunelerinde tuz çözeltisinin ekstraksiyon verimini 4 kata kadar arttırdığı, 30 ve 45 gün bekletilen örneklerde ise etkilemediği görülmüştür.

Sonuç: Tutuşabilir bir sıvı olan ve kasıtlı yangınlarda sıklıkla kullanılan benzinin kalıntı analizinde tuz çözeltisi kullanmanın ekstraksiyon verimliliği üzerine etkisi ilk kez bu çalışmada incelenmiş ve iyileştirici etkileri saptanmıştır. Her yanma ve her yangın olay yeri kendine has özellikler barındırdığından, bu tür kontrollü deneysel araştırmaların farklı içeriğe sahip (pamuk, akrilamid vb.) matrislerde, farklı sürelerde uygulanarak çeşitlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Tutuşabilir sıvı, yangın, katı faz mikroekstraksiyon, tuz, sodyum klorür, benzin*

ABSTRACT

Introduction: The most critical step in the investigation of the origin of a fire is to prove the presence of an ignitable liquid and the methods developed in this field are expected to be fast, easy, and effective. In many studies, solid phase microextraction (SPME) is used in the sample preparation step and the effect of parameters such as sampling time, temperature, etc. on detection time and extraction efficiency is investigated, but the effect of salt solution applied before SPME on recovery has not yet been investigated.

Aim: In this study, the effect of salt solution on the detection of volatile components in gasoline, which is an ignitable liquid and used as a fire accelerator, by the SPME method was investigated.

Methods: In the study, 2.5x2.5 cm carpet samples containing 500 µL gasoline were kept in the laboratory for 2, 4, 6 hours and 30, 45 days with and without burning. Before SPME, 0.16 g/mL NaCl solution was added to the samples, and the samples were analyzed using Gas Chromatography-Mass Spectrometry system.

Results: The extraction efficiency of the salt-treated samples, which were kept for 2, 4 and 6 hours without combustion after the addition of gasoline, decreased by about 50% compared to the unsalted samples, while the salt-treated samples kept for 30 and 45 days showed a 3.21 and 6.88-fold increase in the extraction efficiency. In the carpet samples kept for 2, 4, and 6 hours after burning, the salt solution increased the extraction efficiency up to 4 times, while it did not affect the samples kept for 30 and 45 days.

Conclusion: The effect of the salt solution on the extraction efficiency of gasoline, which is an ignitable liquid and frequently used in arson cases, in fire debris analysis has been investigated for the first time in this study. Since each combustion and fire scene has its characteristics, it is thought that these kinds of controlled experimental investigations should be diversified by applying the developed method to different matrices with different contents (cotton, acrylamide, etc.) for different durations.

Keywords: *Ignitable liquid, fire, solid phase microextraction, salt, sodium chloride, gasoline*

Cite as: Kılıç MD, Yayla M, Mercan S, Bir yangın hızlandırıcısı olan benzinin kalıntı analizinde tuzun etkisi: Katı-faz mikroekstraksiyon (SPME) yöntemi. J For Med 2024;38(3):205–216

Received: 15.05.2024 • **Accepted:** 18.11.2024

Corresponding Author: Selda Mercan, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü Fen Bilimleri Anabilim Dalı
Büyükkçekmece 34500, İstanbul, Türkiye

E-mail: mercans@iuc.edu.tr

¹İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü Fen Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye



Turkish Journal of Forensic Medicine is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

GİRİŞ

Her yıl dünya genelinde meydana gelen yangınlar önemli hasarlara neden olmaktadır ve bu nedenle yangın soruşturmalarının geçerli ve bilimsel kanıtlar kullanılarak yapılması gerekmektedir. (1). Yangın soruşturmalarının en temel amacı yangının çıkış nedenlerini belirlemektir. Yangının türünün tespiti genellikle itfaiye personeli, kolluk kuvvetleri, olay yeri inceleme uzmanları, adli bilimciler veya yangın incelemesinde uzmanlaşmış özel yangın müfettişleri tarafından yapılır (2). Yangınların çıkış nedenleri doğal, kazara, ihmâl sonucu çıkan ve kasıtlı yangın olmak üzere dört ana grup altında toplanmaktadır (3). Yangın çıkış nedeninin belirlenmesi, kazara çıkan yangınların kökenlerini anlamak ve kasıtlı olarak çıkan yangınların sorumlularını belirleyerek yargılayabilmek, kontrolsüz yangın olaylarının sıklığını azaltmak ve bu olayların neden olduğu hasarı en aza indirmek için önemli bir adımdır (1).

Kasıtlı yangınlar, bilerek veya isteyerek bir birey tarafından çıkarılan yangın türüdür. Bu tür eylemlere kundaklama denir ve kundaklayıcı olarak adlandırılan kişi tarafından gerçekleştirilir. Kundaklama, kişi veya mala zarar verdiği için suç teşkil eden bir davranış olarak kabul edilir (2). Kundaklama suçlarında tutuşabilir sıvıların kullanılması, yangını başlatmanın ve yangının etrafa yayılmasını sağlamanın en kolay yoludur (4). "Tutuşabilir sıvı" teriminin tek tanımı NFPA® 921 (5), "Yangın ve Patlama İncelemeleri Rehberi'nde" bulunmaktadır. Bu tanım, "Yangını başlatabilecek yanıcı bir sıvı veya sıvı fazda yakılabilen herhangi bir malzeme" şeklinde ifade edilmektedir ve tutuşabilir sıvı ve tutuşabilir sıvı kalıntılarının geri kazanılması yangın soruşturmasında bilimsel bir disiplin olarak kabul edilmektedir (1).

Kundaklama olaylarında sıkça kullanılan tutuşabilir sıvılar, uçucu özellikleri, kolayca alev alabilme yetenekleri ve kolay ulaşılabilir olmaları sebebiyle tercih edilir (6). Petrol türevleri, yangın hızlandırıcı olarak sıkça kullanılır ve kundaklama vakalarının incelenmesinde bu hızlandırıcı kalıntılarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. En çok tercih edilen tutuşabilir sıvılar, genellikle alifatik ve aromatik hidrokarbonlar içeren karmaşık karışımlardır. Bunlar arasında benzin ve dizel gibi

uçucu petrol türevleri öne çıkarken, kerosen ve çakmak sıvıları gibi diğer tutuşabilir sıvılar, hızlandırıcı olarak genellikle daha az kullanılmaktadır (7,8).

Yangın olay yerinin incelenmesinde, yangını başlatmak ve/veya yaymak için bahsi geçen tutuşabilir sıvılardan bir veya birkaçı kullanıldığında, eksik yanmanın bir sonucu olarak ortamda bu tutuşabilir sıvı kalıntılarının var olabileceği gerçeğini unutulmamalıdır. Bu kalıntılar olay yerinden toplanarak ve laboratuvarında analiz edilerek mahkemede kanıt olarak kullanılabilir (9).

Yangın olay yerinden analiz etmek üzere toplanan kalıntıların en doğru şekilde tespit edilip doğru sonucun elde edilmesi, her biri uygun şekilde gerçekleştirilmesi gereken bir dizi aşamayı içerir (1). Bu doğrultuda, tutuşabilir sıvı kullanılan veya kullanıldığından şüphe edilen yangın vakalarını aydınlatmak için birçok örnek hazırlama yöntemi ve analiz sistemi bulunmaktadır (10). Yangın enkazı analiziyle ilgili Uluslararası Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu (ASTM) tarafından, yangın enkazından elde edilen kalıntıların örneklenmesi, analiz edilmesi ve hata çıkan verilerin yorumlanmasına yönelik geliştirilmiş standart test yöntemleri bulunmaktadır (11–13). Bu yöntemler arasında en sık kullanılan çekitleme yöntemleri çözücü ekstraksiyonu, statik headspace, pasif/aktif absorpsiyon ve katı faz mikroekstraksiyon (SPME) yöntemleridir (14–16).

SPME, yangın enkazı analizi için pasif absorpsiyon tekniğinin yeni bir varyasyonudur ve çözücü gerektirmeyen bir ekstraksiyon prosedürü olarak geliştirilmiştir (17). SPME, diğer ekstraksiyon yöntemlerine kıyasla bir dizi avantaja sahiptir. Bu avantajlar arasında, saha örnekleme için son derece uygun olması, SPME iğnesinin kromatografik sistemlere doğrudan enjeksiyon yapabilmesi, örnek hazırlama sürecinin daha kısa olması, daha az numuneye ihtiyaç duyulması ve düşük konsantrasyonlardaki maddelerin tespit edilebilmesi yer almaktadır (18). Bu nedenle, SPME, tutuşabilir sıvı kalıntılarının tespiti için daha basit, daha hızlı, daha güvenli, çözücü içermeyen ve daha hassas bir yöntem olarak kabul görmektedir (19).

SPME ile ekstraksiyon işlemi, örnekleme süresi, örnekleme sıcaklığı, örnek hacmi, örneğin karıştırılması, örneğe pH ayarlaması ve tuz ilave edilmesi gibi koşullardan önemli düzeyde etkilenmektedir (20). Ekstraksiyon aşamasında, uçucu bileşiklerin çözünürlüğünü azaltarak ekstraksiyon verimliliğini arttırmak için örneğe tuz eklenmesi, kabul gören ortak bir bilgidir. Bu aşamada özellikle polar yapıdaki uçucu bileşiklerin çözünürlüğü azalmakta ve ekstraksiyon verimi artmaktadır (21). Tuz eklenen bir ortamda bileşiğin suda çözünürlüğünün azalmasıyla birlikte headspace geçen bileşik miktarı artar ve fiber tarafından daha fazla absorbe edilir (22).

Ekstraksiyon verimliliği, analitlerin çözünürlüğünün azaltılması ve böylece fiber üzerinde emilen analit miktarının artırılması yoluyla geliştirilmiş olur. Ancak bu etkinin analitin türüne ve tuz konsantrasyonuna bağlı olduğu unutulmamalıdır (22). Bu amaçla, amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄), sodyum klorür (NaCl), sodyum bikarbonat (NaHCO₃) ve potasyum karbonat (K₂CO₃) tuzları kullanılmaktadır (23).

Tutuşabilir sıvı kalıntılarının tanımlanması, yangın enkaz numunelerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu konuda yapılan birçok çalışma, farklı örnek hazırlama ve analiz yöntemleri kullanarak tutuşabilir sıvıların (benzin, dizel, kerosen vb.) tanımlanmasında çeşitli parametreleri incelemiştir. Bu parametreler arasında numunelerden kaynaklanabilecek matris girişimleri ve tutuşabilir sıvıların yangın enkaz numunesinde ne kadar süre ile kalabileceği yer almaktadır (24–28). Öte yandan, uçucu bileşenlerin ekstraksiyon verimliliğini arttırmak üzere tuz kullanılan çalışmaların genellikle, gıda (29), alkollü içecekler (30,31), çevresel örnekler (32,33), biyolojik örnekler (34,35) vb. matrislerde yoğunlaştığı, ancak tutuşabilir sıvıların içeriğinde bulunan uçucu bileşikler için tuz etkisinin henüz araştırılmadığı görülmüştür. Bu çalışmada hem ulusal hem de uluslararası çalışmalardan farklı olarak, tutuşabilir bir sıvı olan benzin için tuz eklenmesinin uçucu bileşikler üzerine etkisinin Katı Faz Mikroekstraksiyon-Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi (SPME-GC/MS) yöntemi kullanılarak araştırılması amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Bu çalışmanın deneysel basamakları İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü Yangın ve Patlayıcı Madde Analiz Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Kimyasallar ve Ekipman

Bu çalışmada gerekli tüm reaktifler ve kimyasallar analitik saflıkta kullanılmıştır. Tutuşabilir sıvı (benzin) yerel bir benzin istasyonundan satın alınmıştır. E-1618-97 Test Mixture (Restek, Bellefonte, PA) (toluen, p-ksilen, m,p-etiltoluen, o-etiltoluen ve 1,2,4-trimetilbenzen), Mixture A (MIDI, Newark, Delaware) (m,p-etiltoluen, 1,2,3-trimetilbenzen, 1-etil-2,4-dimetilbenzen ve naftalin) ve Mixture C (MIDI, Newark, Delaware) (1,2,4-trimetilbenzen ve 1-metil-3-propilbenzen) satın alınmış ve referans malzeme olarak kullanılmıştır. Tuz çözeltisi hazırlamak için Merck'ten (Darmstadt, Almanya) satın alınan sodyum klorür kullanılmıştır. Tuz çözeltisinin hazırlanmasında çözücü olarak ElgaPureLab su arıtma sisteminden (LaneEnd, UK) alınan ultra saf su (18.2 MΩ cm) kullanılmıştır.

Headspace şişelerini (La-Pha-Pack, Langerwehe, Almanya) ısıtmak için Nuve FB-120 model etüv kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan SPME fiberleri 100-µm çapında polidimetilsiloksandan (PDMS) yapılmıştır ve Supelco'dan (Bellefonte, PA) satın alınmıştır. Enstrümantal analiz, Agilent marka 8890 model gaz kromatografisi (GC) ve Agilent marka 5977B model kütle seçici (MS) detektörü (Santa Clara, California, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışma planı

Bu çalışma, tutuşabilir bir sıvı olan benzinin, tuz eklenmesi sonucunda içeriğindeki uçucu bileşikler üzerindeki ekstraksiyon verimliliğinin araştırılması için ev tekstil ürünlerinden biri olan halı substratı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan halı örneği yerel bir mağazadan satın alınmıştır ve %100 polyester içeriğine sahiptir. Halı numuneleri 2.5 × 2.5 cm boyutunda parçalar halinde kesilmiştir. İlk olarak girişim kontrolleri için, örneklemede kullanılan headspace şişesi belirlenen süre ve sıcaklıkta, içinde numune olmadan SPME ile örnekleme yapılarak 3 tekrarlı olacak şekilde analiz edilmiştir. İkinci aşamada, halı numunelerinin

polyester içeriğinden kaynaklanan olası bir girişim veya matris etkisini kontrol etmek için hem yanmamış hem de benzinsiz yanmış formlarda aynı halı örneğinden 3'er tekrarlı olacak şekilde hazırlanan toplam 6 halı numunesi analiz edilmiştir.

Girişim ve matris etkileri kontrol edildikten sonra, referans numune olarak benzinin uçucu bileşenlerini tanımlamak üzere, 5'er µL benzin eklenmiş 3 ayrı kurutma kâğıdı 20 mL'lik headspace şişesine yerleştirilerek analiz edilmiştir.

Ekstraksiyon basamağında kullanılan tuzun etkisinin belirlenmesi için, halı numunelerinin üzerine dairesel bir şekilde 500 µL benzin eklenerek, numuneler yakılmadan farklı sürelerde (2, 4, 6 saat ve 30, 45 gün) üzerleri açık bir şekilde laboratuvar koşullarında bekletilmiştir. Daha sonra yanmış örneklerde tuzun etkisini görmek için, aynı koşullarda halı numuneleri çeker ocak altında 30 saniye boyunca kısmen yakılmıştır. Yanan numuneler havasız bırakılarak söndürüldükten sonra, yine aynı sürelerde (2, 4, 6 saat ve 30, 45 gün) üzerleri açık bir şekilde laboratuvar koşullarında bekletilmiştir. Analizi gerçekleştirilecek numuneler (yanmamış ve yanmış), analizden önce temiz bir pens kullanılarak 20 mL'lik bir headspace şişesine yerleştirilmiştir. Tuzun, benzinin uçucu bileşenleri üzerindeki etkisinin görülmesi için, headspace şişeleri içerisinde bulunan halı numunelerinin üzerine 2.5 mL 0.16 g/mL NaCl çözeltisi eklenmiştir (35). Daha sonra headspace şişelerinin ağzı sıkıca kapatılarak SPME-GC/MS yöntemi uygulanmıştır. Her numune üç tekrarlı olacak şekilde hazırlanmış ve toplam 60 numune analiz edilmiştir.

Ekstraksiyon

Bu çalışmada, SPME koşulları için, Kılıç MD vd., (2024) tarafından optimize edilen deneysel parametreler (örnekleme süresi, ısıtma sıcaklığı ve desorpsiyon ve temizlik süresi) uygulanmıştır (36). SPME fiberi kullanımdan önce 30 dakika boyunca 250°C sıcaklıkta bir GC enjeksiyon portunda şartlandırılmıştır. Benzinin uçucu kısmı, 6 dakika boyunca 70°C sıcaklıktaki şişeye yerleştirilen bir SPME fiberinde toplanmış ve ardından 20 saniye boyunca GC-MS'ye enjekte edilmiştir. Örnekler arasında herhangi bir girişimi önlemek için bir temizleme prosedürü uygulanmış ve SPME fiberi

GC sisteminin enjeksiyon portunda 5 dakika 250°C sıcaklıkta ısıtılmıştır. Üç tekrarlı gerçekleştirilen denemeler sonrası kromatogramda elde edilen ilgili bileşikler için pik alanının ortalama değerleri hesaplanmıştır.

GC-MS analiz koşulları

GC-MS koşulları literatürde yer alan çalışma koşullarında küçük değişiklikler yapılarak belirlenmiştir (25,36-39). Kapiler kolon olarak Agilent HP-5MS, 30 m (L) × 250 µm (ID) × 0.25 µm (film kalınlığı) ayırma için kullanılmıştır. Enjektör sıcaklığı 250°C'ye ayarlanmış ve helyum taşıyıcı gaz akış hızı 1,5 mL/dak olarak düzenlenmiştir. Numuneler 1:10 bölünme oranı ile enjekte edilmiş ve GC ile MS arasındaki transfer hattı 250°C'de tutulmuştur. Kütle spektrometresi bir elektron darbe iyonizasyon kaynağı (70 eV) ve bir kuadropol kütle analizörü ile donatılmış olup tam tarama modunda (m/z = 50-500) çalışmıştır. Fırın sıcaklığı başlangıçta 2 dakika süreyle 40°C'de tutulmuş, daha sonra 10°C/dak hızında 100°C'ye kadar arttırılmış, ardından 50°C/dak hızında 250°C'ye kadar ikinci bir sıcaklık rampası uygulanmış ve son olarak 3 dakika bekletilmiştir. Toplam analiz süresi 16 dakikadır. Tespit edilen bileşiklerin tanımlanması, ChemStation Yazılımı (ver. F.01.03.2357, Agilent Technologies) kullanılarak kütle spektrum kütüphanesi ve standart bileşiklerin alkonma sürelerinin karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilmiştir.

Bulguların değerlendirilmesi

Yangın hızlandırıcı olarak kullanılan benzinin varlığını tanımlamak üzere ASTM tarafından belirtilen Standart Test Yöntemi E1618-19 kılavuzu kullanılmıştır. Sonuçlar, kılavuzda belirtilen ve zorunlu olarak bulunması gereken bileşikler (m-etiltoluen, p-etiltoluen, o-etiltoluen, 1,3,5-trimetilbenzen, 1,2,4-trimetilbenzen) dikkate alınarak değerlendirilmiş ve bu bileşikleri içeren numuneler benzin kalıntısı açısından pozitif kabul edilmiştir (13). Örnek hazırlamada kullanılan tuzun etkisini oransal olarak değerlendirmek için ise bu 4 bileşiğin ortalama pik alanlarının oranları ve standart sapması Microsoft Office, Excel programında hesaplanmıştır. Böylece aynı süre bekletilen numunelerin içerisindeki benzin kalıntılarında tuzun etkisi hakkında değerlendirme yapılmıştır.

BULGULAR

Benzin Analizi

SPME tarafından örnekleme yapılan benzin için tanımlanan 18 bileşiğin isimleri, kod numaraları ve alıkonma zamanları Tablo 1’de ve benzinin SPME kromatogramı Şekil 1’de gösterilmiştir. Benzinin ilk 12.5 dakika içinde çok sayıda uçucu bileşik içerdiği görülmüştür. Bu bileşiklerden, m,p-etiltoluen (6), 1,3,5-trimetilbenzen (7), o-etiltoluen (8) ve 1,2,4-trimetilbenzen (9) ASTM-E 1618 standardının benzin varlığının tanımlanma kriteri olduğu için, bu çalışma sırasında benzinin varlığını kontrol etmek için belirteç olarak kabul edilmiştir (13).

Yanmamış Halı Örneklerinde Tuzun Etkisi

Bu çalışmada, öncelikle benzin eklendikten sonra yakılmadan 2, 4, 6 saat ve 30, 45 gün bekletilen halı numuneleri, örneklere tuz eklenmesi

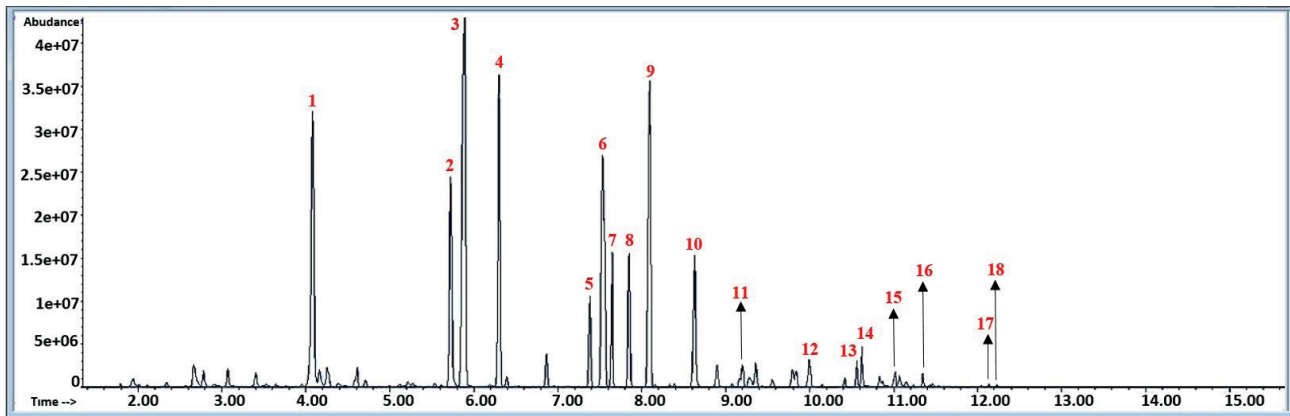
durumunda benzinin uçucu bileşenlerinin SPME’de ekstraksiyon verimliliğini artırıp arttırmadığını belirlemek üzere değerlendirilmiştir. Örnekleme aşamasında tuz çözeltisi (0.16 g/mL NaCl) eklenen halı numuneleri ile tuz çözeltisi eklenmeyen halı numuneleri SPME ile örneklenmiş ve GC-MS sistemi ile analiz edilmiştir.

Benzin eklendikten sonra yakılmadan 2, 4 ve 6 saat bekletilen, tuz ekleyerek ve tuz eklenmeden SPME ile örnekleme yapılan halı numunelerinin sonuçları incelendiğinde, tüm sürelerde benzinin tespit edilebilir olduğu görülmüştür (Şekil 2). Üç farklı sürede, tuz çözeltisi içeren ve içermeyen örneklerin kromatogramlarının üst üste çakıştırılarak görüntülediği bu görselden de anlaşılacağı üzere ASTM standardında belirtilen 4 bileşiğin tümü numunelerde tespit edilebilmiştir.

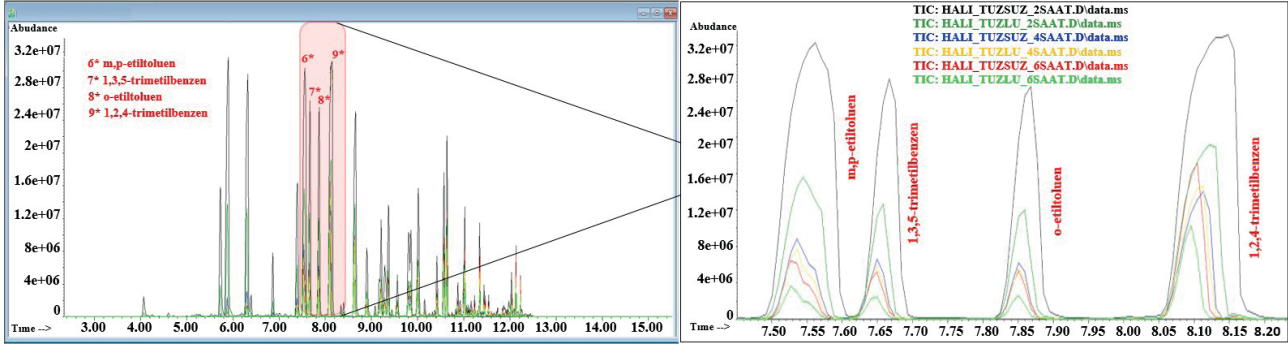
Tablo 1. Benzin için tanımlanan bileşikler, alıkonma zamanları ve bileşiklerin kodu

Kod	Bileşik	Alıkonma Zamanı (dk.) (±SD)	Kod	Bileşik	Alıkonma Zamanı (dk.) (±SD)
1	Toluen	4.099 (±0.002)	10	1,2,3-Trimetilbenzen	8.627 (±0.001)
2	Etilbenzen	5.736 (±0.002)	11	1-Metil-3-Propilbenzen	9.204 (±0.001)
3	p-Ksilen	5.877 (±0.002)	12	1-Etil-2,4-Dimetilbenzen	9.999 (±0.002)
4	m-Ksilen	6.304 (±0.002)	13	1,2,3,4-Tetrametilbenzen	10.562 (±0.001)
5	n-Propilbenzen	7.388 (±0.002)	14	1,2,4,5-Tetrametilbenzen	10.625 (±0.001)
6	m,p-Etiltoluen*	7.528 (±0.001)	15	1,2,3,5-Tetrametilbenzen	11.019 (±0.003)
7	1,3,5-Trimetilbenzen*	7.646 (±0.002)	16	Naftalin	11.346 (±0.001)
8	o-Etiltoluen*	7.850 (±0.001)	17	2-Metilnaftalin	12.139 (±0.002)
9	1,2,4-Trimetilbenzen*	8.085 (±0.001)	18	1-Metilnaftalin	12.231 (±0.000)

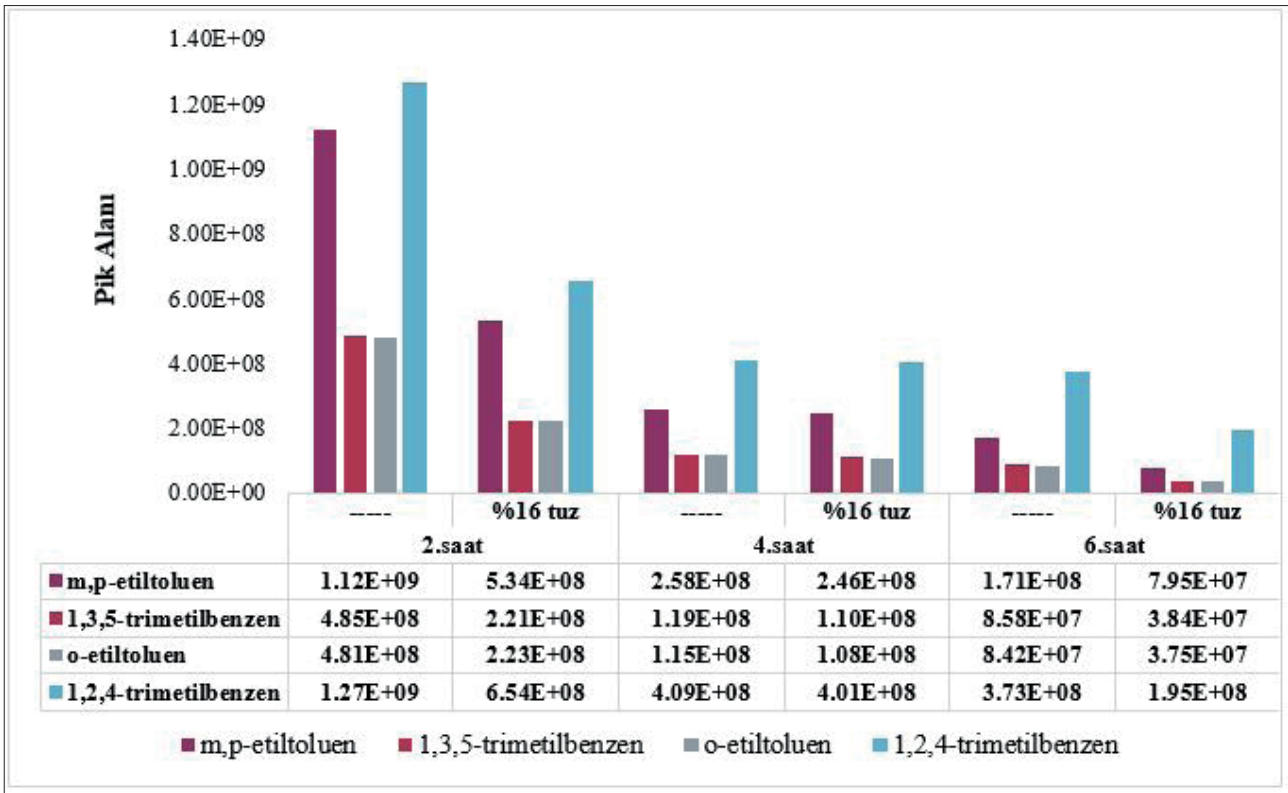
*:ASTM Standart Test Yöntemi E16180-19 tarafından belirlenen benzin tanımlanması için gerekli bileşikler [13]. SD: Standart sapma



Şekil 1. Benzin örneğinin toplam iyon kromatogramı



Şekil 2. Benzin eklenip yakılmadan 2, 4 ve 6 saat bekletilen halı örneklerinin toplam iyon kromatogramı karşılaştırması



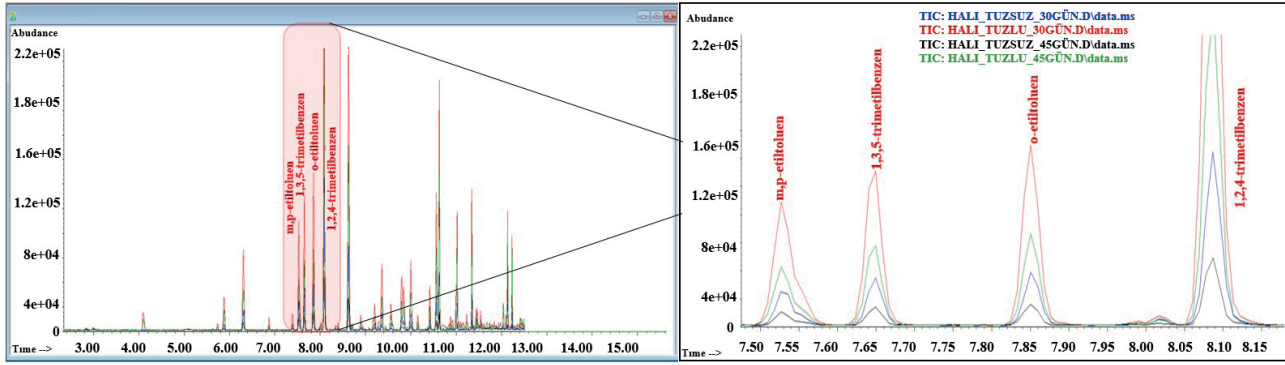
Şekil 3. Benzin eklenip yakılmadan 2, 4 ve 6 saat bekletilmiş halı örneklerinde bileşiklere göre tuzun etkisi

Aynı sürede bekletilen iki farklı numune grubunun, tuzun etkisini izlemek üzere pik alanlarının oranları değerlendirildiğinde, 2 ve 6 saat bekletilen numunelerde tuz eklemenin ortalama pik alanlarını yaklaşık %50 düşürdüğü [%48 (± 0.03) ve %47 (± 0.04), sırasıyla], 4 saat bekletilen halı numunelerinde ise her iki örnekleme yönteminin de birbiri ile benzer sonuç gösterdiği görülmüştür (Şekil 3).

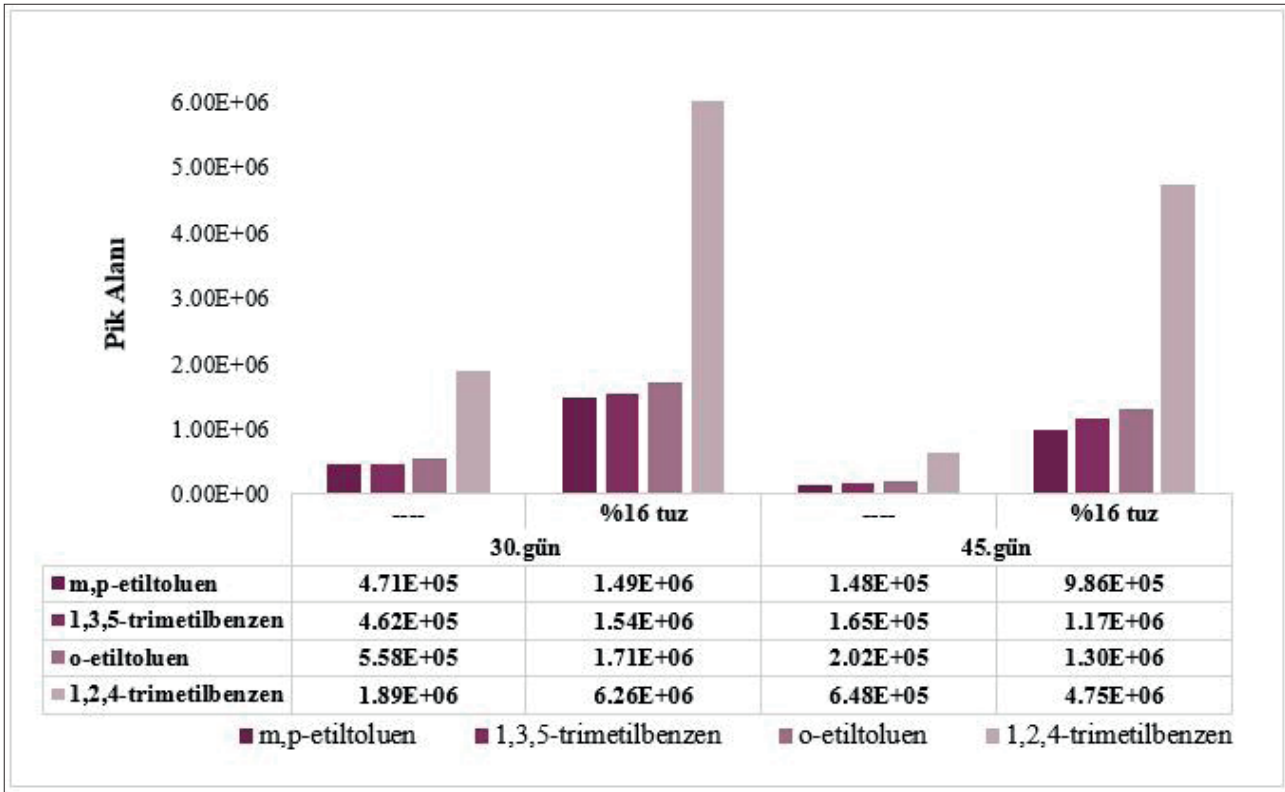
Aynı şekilde benzin eklendikten sonra yakma işlemi gerçekleştirilmeden 30 ve 45 gün bekletilen

halı numunelerinin sonuçları incelendiğinde, tüm sürelerde benzinin tespit edilebilir olduğu görülmüştür (Şekil 4).

Benzin eklendikten sonra yakma işlemi gerçekleştirilmeden 30 ve 45 gün bekletilen halı numuneleri tuz etkisi açısından incelendiğinde, Şekil 5'te görüldüğü gibi örnekleme aşamasında tuz eklendiğinde ilk sürelerin aksine (2, 4 ve 6 saat) benzinin pozitif tanımlanması için gerekli 4 zorunlu bileşiğin her iki süre içinde pik alanlarında



Şekil 4. Benzin eklenip yakılmadan 30 ve 45 gün bekletilen halı örneklerinin toplam iyon kromatogramı karşılaştırması



Şekil 5. Benzin eklenip yakılmadan 30 ve 45 gün bekletilmiş halı örneklerinde bileşiklere göre tuzun etkisi

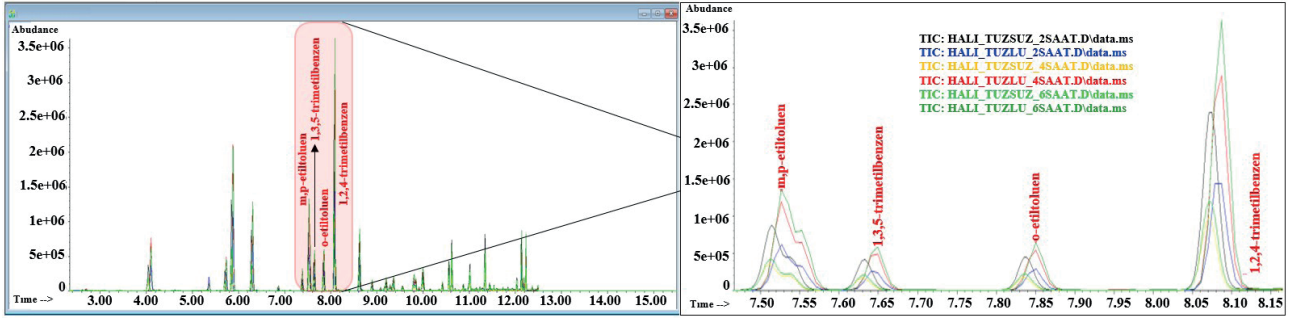
artış görülmüştür. Yüzde 16'lık tuz içeriğine sahip halı numunelerinde ekstraksiyon verimliliğinin tuz içermeyen örneklere göre 30. gün örneklerinde ortalama 3.21 (± 0.13) kat, 45. gün numunelerinde ise ortalama 6.88 (± 0.39) kat artış gösterdiği görülmüştür.

Yanmış halı örneklerinde tuzun etkisi

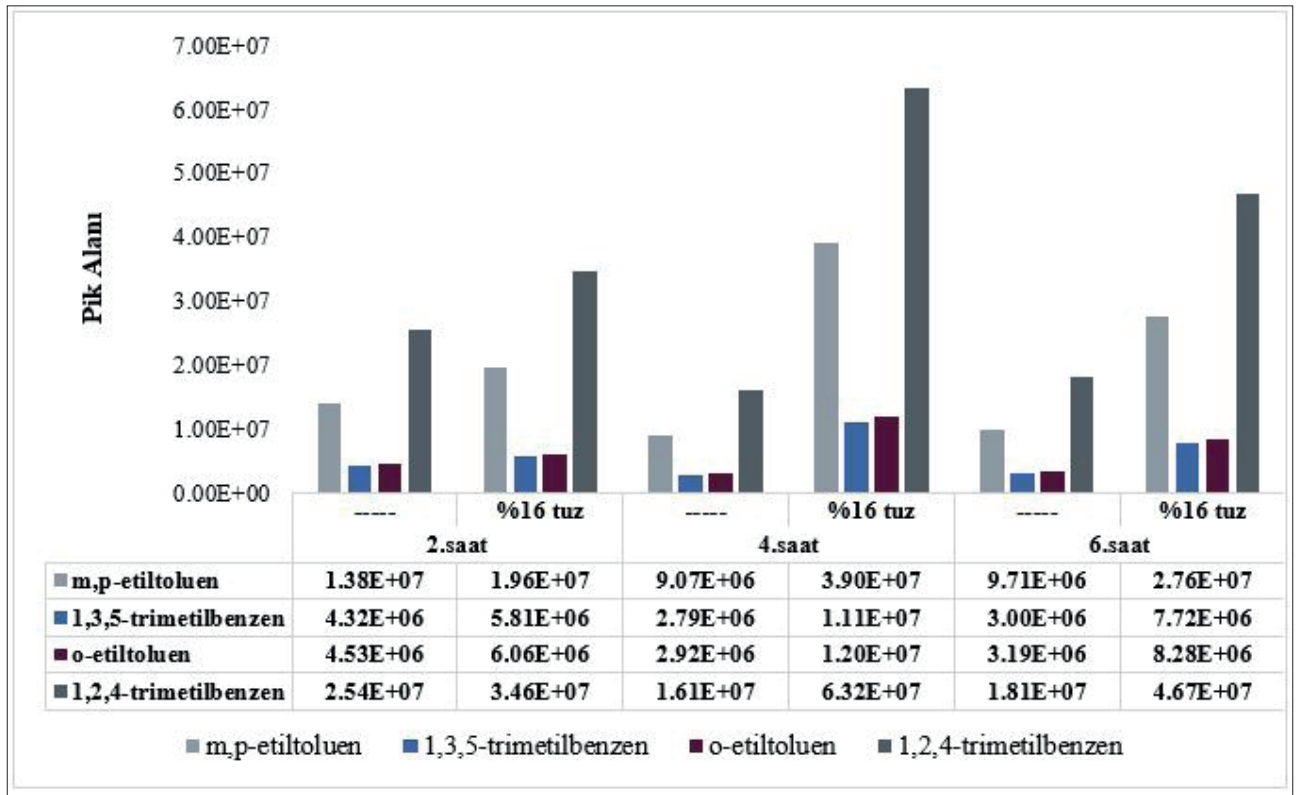
Gerçek olay yerine daha yakın bir senaryo oluşturmak üzere halı numunelerine benzin eklendikten sonra, numuneler yakılmış ve benzin kalıntılarının bulunması için 2, 4, 6 saat ve 30 ve 45

gün bekletildikten sonra tuz çözeltisi içeren (0.16 g/mL NaCl) ve içermeyen örnekler SPME yöntemi ile ekstrakte edilerek analiz edilmiştir. Her bir bekleme süresi için numuneler üç tekrarlı olacak şekilde çalışılmıştır.

Benzin eklendikten sonra yakılarak 2, 4 ve 6 saat bekletilen, tuz ekleyerek ve tuz eklenmeden SPME ile örnekleme yapılan halı numunelerinin sonuçları incelendiğinde, tüm sürelerde benzinin tespit edilebilir olduğu görülmüştür (Şekil 6).



Şekil 6. Benzin ile yakılarak 2, 4 ve 6 saat bekletilen halı örneklerinin toplam iyon kromatogramı karşılaştırması



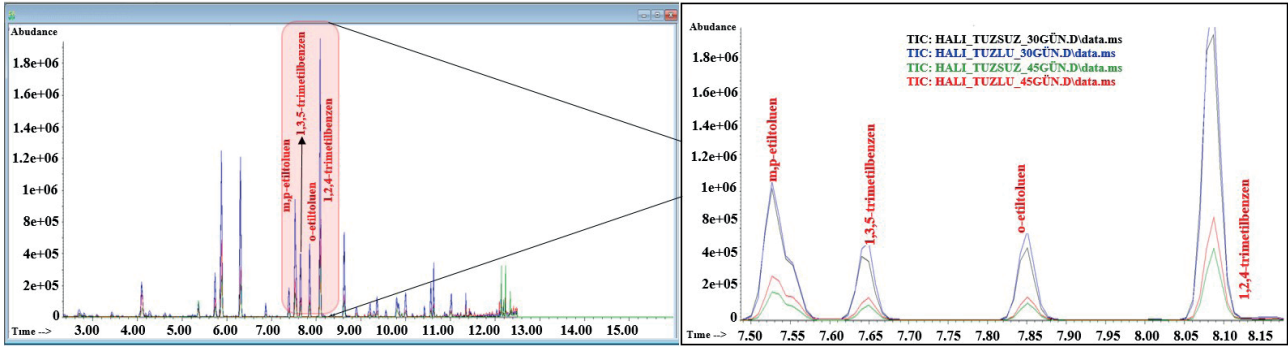
Şekil 7. Benzin ile yakılarak 2, 4 ve 6 saat bekletilmiş halı örneklerinde bileşiklere göre tuzun etkisi

Aynı sürelerde bekletilen iki farklı numune grubunun, tuzun etkisini izlemek üzere pik alanlarının oranları değerlendirildiğinde, yanmadan analiz edilen numunelerin aksine, 2, 4 ve 6 saat bekletilen numunelerde tuz eklemenin ekstraksiyon verimliliğini pozitif yönde etkilediği, dört hedef bileşiğin pik alanları ortalamasının, 2. saatte 1.36 (± 0.03), 4. saatte 4.08 (± 0.16), 6. saatte ise 2.64 (± 0.13) kat arttırdığı görülmüştür (Şekil 7).

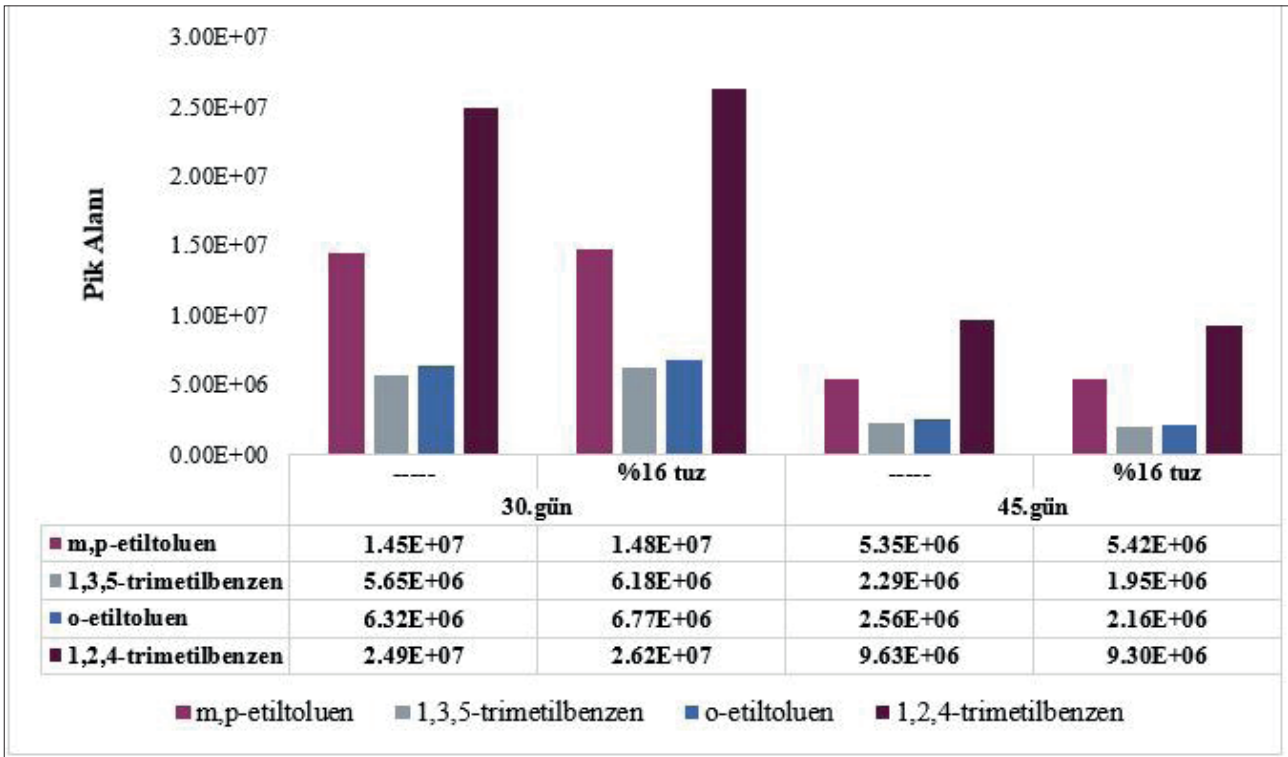
Benzin eklendikten sonra yakılan, 30 ve 45 gün bekletilen halı numunelerinin sonuçları

incelediğinde, her iki süre içinde ve her iki örnek hazırlama yönteminde de benzinin tespit edilebilir olduğu görülmüştür (Şekil 8).

Örnek hazırlama basamağında eklenen tuz çözeltilisinin ekstraksiyon verimliliği üzerine etkisi 30. ve 45. gün numunelerinde değerlendirildiğinde, her iki örnekleme içinde hedef bileşiklerin ekstraksiyon verimliliğinin benzer olduğu, 30. gün örneklerinde ortalama pik alanlarının 1.06 (± 0.03), 45. gün için 0.92 (± 0.08) kat değişiklik gösterdiği görülmüştür (Şekil 9).



Şekil 8. Benzin ile yakılarak 30 ve 45 gün bekletilen halı örneklerinin toplam iyon kromatogramı karşılaştırması



Şekil 9. Benzin ile yakılarak 30 ve 45 gün bekletilmiş halı örneklerinde bileşiklere göre tuzun etkisi

TARTIŞMA

SPME tekniği günümüzde birçok matriste uçucu bileşenlerin analizi için yaygın olarak kullanılmaktadır (40). SPME ile gerçekleştirilen örnekleme işlemi, örnekleme süresi, örnekleme sıcaklığı, desorpsiyon süresi, kullanılan fiber tipi, örneğin pH değeri ve örneğe tuz eklenmesi gibi faktörler etkilemektedir (21). Uçucu bileşenlerin diğer matrislerden (gıda, su, toprak vb.) olduğu gibi, tutuşabilir sıvı içeren yangın numunelerinden de etkin olarak ekstrakte edilmesi için bu parametrelerin optimize edilmesi önem taşımaktadır. Bu amaçla benzin kalıntı analizinde Kılıç MD vd., (2024)

tarafından optimize edilen SPME koşullarına (örnekleme süresi, örnekleme sıcaklığı ve desorpsiyon süresi) (36) ek olarak, ekstraksiyonda kullanılan tuzun etkisinin SPME ekstraksiyon verimliliği üzerine etkisi incelenmiştir.

Öncelikle benzinin içerdiği uçucu bileşenleri tespit etmek üzere yapılan pozitif kontrol çalışması incelendiğinde, benzinin 18 farklı uçucu bileşene sahip olduğu sertifikalı referans materyaller ile desteklenmiştir. Bu çalışmada, sadece ASTM tarafından belirlenmiş, yangın olay yerinden elde edilen numunelerde benzin kalıntısı olduğunu

kanıtlayan ve benzinde bulunması zorunlu olan bileşikler (m,p-etiltoluen, 1,3,5-trimetilbenzen, o-etiltoluen ve 1,2,4-trimetilbenzen) üzerinde durulmuş olup diğer 14 bileşik dikkate alınmamıştır.

Halı numunelerine benzin eklendikten sonra yakmadan bekletilen tüm sürelerde sonuçlar bu 4 bileşik için pozitif bulunmuştur. Tuz ile ve tuz eklemeyen yapılan SPME denemeleri karşılaştırıldığında 2 ve 6 saat bekletilen yanmamış halı numunelerinde tuz ile yapılan örneklenmenin hedef 4 bileşik için ekstraksiyon verimliliğini düşürdüğü, 4. saatte ise herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Otuz ve 45 gün bekletilen halı numuneleri incelediğinde ise ekstraksiyon verimliliğinin sırasıyla ortalama pik alanlarında 3.21 ve 6.88 kat artış sağladığı görülmüştür. Yanmadan kısa süreli bekletilen (2, 4 ve 6 saat) örneklerde tuzun ekstraksiyon verimliliğine bir katkısının olmaması, aksine 2 ve 6. saatlerde pik alanlarında azalma meydana gelmesi ancak 30 ve 45 gün gibi uzun süre bekleyen örneklerde tuz ile muamele etmenin benzin kalıntısının tespitine olumlu yönde katkı sağlaması tuzun özellikle iz analizlerinde etkili olduğu yönündeki bilgiyi doğrulamaktadır (21). Zira numuneler yakılman analiz edildiği için özellikle 2, 4 ve 6. saatler benzin içerisinde yer alan bileşikler yüksek konsantrasyonda bulunmaktadır (Şekil 3).

Halı numunelerini yakmadan gerçekleştirilen deneysel çalışmalardan sonra, benzin içeren halı numuneleri yakılarak aynı sürelerde laboratuvar ortamında bekletilmiştir. Yanmamış halı numunelerinde olduğu gibi, benzin eklendikten sonra yakılan tüm numunelerde aranan 4 bileşik tespit edilmiş ve sonuçlar benzin kalıntısı açısından pozitif olarak değerlendirilmiştir.

Yanmış ve 2, 4 ve 6 saat bekletildikten sonra analiz edilmiş numuneler ekstraksiyon aşamasında eklenen tuzun etkisi açısından incelediğinde, yakılmadan bekletilen numunelerden farklı olarak, tüm sürelerde tuz eklenmeyen numunelere göre daha yüksek ekstraksiyon verimliliği göstermiştir. Yakıldıktan sonra 30 ve 45 gün bekletilerek analiz edilen numunelerin ekstraksiyon verimliliği incelediğinde ise yakılmadan bekletilen numunelerden farklı olarak tuzun ekstraksiyon verimliliğine etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Çalışma boyunca 30 ve

45 günün sonunda yanmış halı numunelerinin sert bir forma dönüştüğü gözlemlendiğinden, eklenen tuz çözeltilsinin benzin kalıntıları ile etkileşime giremediği, bu nedenle ekstraksiyon verimliliğine etki etmediği düşünülmektedir.

Tuzun, SPME yönteminin ekstraksiyon verimliliği üzerine etkisi ile ilgili yapılan çalışmalar incelediğinde, yangın kalıntı analizlerinde veya tutuşabilir sıvılar içerisinde bulunan uçucu bileşenler ile yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Araştırmalar genellikle gıda, su, biyolojik örnek vb. matrislerdeki uçucu bileşenlerin ekstraksiyon verimliliği üzerine yoğunlaşmıştır (32,33,35). Kusano vd. (2011) çalışmalarında, insan biyolojik örneklerinde bulunan uçucu organik bileşiklerin analizi için SPME yönteminin geliştirilmesini amaçlamış ve tuzun etkisinin ekstraksiyon verimliliği üzerine etkisini incelemişlerdir. Deneysel çalışmalarında beş farklı inorganik tuz (NaCl, KCl, MgSO₄, K₂CO₃ ve Na₂CO₃) için denemeler gerçekleştirmişler, en iyi ekstraksiyon verimi sağlayan tuz türünün NaCl olduğuna karar vermişlerdir (34).

Alonso vd., (2012) çalışmalarında, kan örneklerinde uçucu bileşenlerin tespiti için en iyi deneysel koşulları bulmak amacıyla farklı etkileri (örn. seyreltme ve tuzlama) değerlendirmişler, benzen, toluen, etilbenzen, m,p-ksilen, o-ksilen vb. bileşiklerin ekstraksiyon verimliliğini iyileştirmek üzere 0.16 g mL⁻¹ NaCl kullanmışlardır. Tuzun uçucu bileşenler üzerinde pozitif bir etkisi olduğunu ve ekstraksiyon verimliliğini arttırdığını tespit etmişlerdir (35). Bizde çalışmamızda Alonso vd. (2012) çalışmasında kullanılan miktarda NaCl çözeltilsi kullanarak hem ASTM E1618-19 standardında belirtilen 4 zorunlu bileşiğin, hem de bu çalışmada verileri sunulmayan ancak benzinin içeriğinde bulunan, benzen, toluen, etilbenzen, m,p-ksilen ve o-ksilen gibi bileşiklerin geri kazanımlarının arttığını gözlemledik (13,35).

Higashikawa vd., (2013) gerçekleştirdikleri çalışmada, çevresel numunelerdeki belirli uçucu bileşiklerin analizi için SPME yöntemini kullanmışlardır. Çalışmalarında örnekleme süresinin ve örnekleme sıcaklığının optimizasyonu haricinde tuzun ekstraksiyon verimliliği üzerine etkisini de incelemişlerdir. Çalışmalarında kullandıkları NaCl

tuzunun hedef uçucu bileşenler içerisinde polar olan bileşenlerde (n-bütanol ve 4-metil-2-pentanon) ekstraksiyon verimliliğini arttırdığı, apolar bileşiklerde ise (dodekan, β -pinen ve o-etiltoluen) tuz eklenen ve tuz eklenmeyen numunelerin sonucunun benzer olduğunu gözlemlemişlerdir (32). Çalışmamızda incelediğimiz 4 hedef bileşik içerisinde bulunan ve apolar yapıda olan o-etiltoluen bileşiğinin geri kazanımının bu çalışmada belirtilenin aksine tuz ile muamele edilen örneklerde, özellikle yanmadan 30 ve 45 gün bekletilen ve yaktıktan sonra 2, 4 ve 6 saat bekletilen halı numunelerinde, artış gösterdiği tespit edilmiştir (32). Her ne kadar ekstraksiyon sırasında tuz kullanımının özellikle polar bileşikler için iyileştirici olduğu bildirilse de, diğer çalışmalarda kullanılan örnek türleri farklı olduğundan sonuçların değişkenlik gösterebileceği düşünülmektedir (21,32).

Olay yeri incelenmesinde kritik saatler olan 2., 4. ve 6. saatlerin haricinde, ikinci bir görüş istenmesi durumunda numuneler uzun süre bekleyebileceğinden benzin kalıntı analizinde tuz kullanılmasının ekstraksiyon verimliliği üzerine etkisini incelemek için ayrıca 30. ve 45. günler de çalışmaya dahil edilmiştir. Şekil 8'de de görüldüğü üzere yakıldıktan sonra 30 ve 45 gün bekleyen halı numunelerinde hem tuzsuz örnekleme hem de tuz ile örnekleme sonuçları benzin kalıntılarının varlığı açısından pozitif bulunsada tuz ile muamele etmenin sonuçlara olumlu bir katkısı olmadığı görülmüştür. Kılıç MD vd., (2024) tarafından optimize edilen SPME (70°C ekstraksiyon sıcaklığı, 6 dak. Ekstraksiyon süresi ve 20 s desorpsiyon süresi) koşulları ile gerçekleştirilen bu çalışmada, tuz ile muamele edilen örneklerde ekstraksiyon verimliliğinin benzer olduğu görüldüğü de (36) SPME dışında farklı bir örnekleme yöntemi kullanılarak tuz varlığında ekstraksiyon veriminin değişiminin izlenmesi gerektiği düşünülmektedir.

SONUÇ

Tutuşabilir bir sıvı olan ve kasıtlı yangınlarda sıklıkla kullanılan benzinin kalıntı analizinde tuz çözeltisi kullanmanın ekstraksiyon verimliliği üzerine etkisi ilk kez bu çalışmada incelenmiştir. Laboratuvar ortamında kontrollü şekilde yapılan bu çalışmanın tüm sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde ekstraksiyon sırasında tuz kullanımının, yanmamış

benzin içeren ve uzun süre bekletilen numunelerde ve yanmış benzin içeren ve 6 saate kadar bekletilen numunelerde olumlu etki meydana getirdiği görülmüştür. Ancak yine de unutulmamalıdır ki, her yanma ve her yangın olay yeri kendine has özellikler barındırmaktadır. Öte yandan çalışmada kullanılan halı numunesinin içeriği, kalınlığı, örneklemede kullanılan miktarı da dikkate alınarak benzer çalışmaların farklı içeriğe sahip (pamuk, akrilamid vb.) matrislerde de gerçekleştirilmesinin, ayrıca farklı tuz konsantrasyonlarının ve türlerinin $[(NH_4)_2SO_4, NaHCO_3$ vb.] ekstraksiyon verimliliği üzerine etkisinin araştırılmasının yangın enkaz analizlerinde ve birliktelik faaliyetlerinde faydalı olacağı düşünülmektedir.

Etik Kurul Onayı: Çalışmada halı materyali kullanılmış olup, herhangi bir biyolojik örnek veya insana ait bilgi vb. materyal kullanılmadığı için, etik kurul onayı alınmamıştır.

Finans: Bu çalışma için hiç bir kurum veya kuruluştan finansal destek alınmamıştır.

Çıkar çatışması: Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Teşekkür: Bu çalışma, İstanbul Kalkınma Ajansı tarafından TR10/18/YMP/0057 numaralı proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Dolan JA. Chapter 26 Forensic analysis of fire debris. Handb Anal Sep. 2008;6:873-922. [https://doi.org/10.1016/S1567-7192\(06\)06026-8](https://doi.org/10.1016/S1567-7192(06)06026-8)
2. Nic Daeid N, Gabriel GF. Fire investigation: evidence recovery. Encycl Forensic Leg Med Second Ed. 2016;515-519. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800034-2.00179-8>
3. Redsicker DR, O'Connor JJ. Practical Fire and Arson Investigation, 2nd ed. Redsicker DR, O'Connor JJ, editors. CRC Press; 1996.
4. Pert AD, Baron MG, Birkett JW. Review of analytical techniques for arson residues. J Forensic Sci. 2006;51(5):1033-1049. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2006.00229.x>
5. NFPA. NFPA 921: guide for fire and explosion investigations. Association. NFP, editor. 2004.
6. Stauffer E, Dolan JA, Newman R. Flammable and combustible liquids. Fire Debris Anal. 2008;199-233. <https://doi.org/10.1016/B978-012663971-1.50011-7>
7. Kuloğlu M, Dağlıoğlu N, Kuloğlu L. Adli yangın incelemeleri: sorunlar ve çözüm önerileri. Adli Bilim ve Suç Araştırmaları Derg. 2020;2(1):37-58.
8. Lennard CJ, Tristan Rochaix V, Margot P, Huber K. A GC-MS database of target compound chromatograms for the identification of arson accelerants. Sci Justice. 1995;35(1):19-30. [https://doi.org/10.1016/S1355-0306\(95\)72624-7](https://doi.org/10.1016/S1355-0306(95)72624-7)
9. Saferstein R, editor. Criminalistics: an introduction to forensic science. In: Forensic Aspects of Arson and Explosion Investigations, 12th ed. Pearson; 2018. p. 427-457.

10. Stauffer E, Dolan JA, Newman R. Interpretation of ignitable liquid residues extracted from fire debris. In: *Fire Debris Analysis*. Academic Press; 2008. p. 441-493. <https://doi.org/10.1016/B978-012663971-1.50016-6>
11. ASTM. ASTM Method E 1387-01, Standard test method for ignitable liquid residues in extracts from fire debris samples by gas chromatography. West Conshohocken, PA; 2006.
12. ASTM. ASTM Method E 1388-12, Standard practice for sampling headspace vapors from fire debris samples. West Conshohocken, PA; 2006.
13. ASTM. ASTM Method E 1618-19, Standard test method for ignitable liquid residues in extracts from fire debris samples by gas chromatography-mass spectrometry. 2021.
14. Kerr TJ. Sample preparation for the analysis of fire debris -past and present. *J Sep Sci*. 2018;41(21):4055-4066. <https://doi.org/10.1002/jssc.201800556>
15. Evans-Nguyen K, Hutches K. *Forensic Analysis of Fire Debris and Explosives*. 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-25834-4>
16. Caddy B, Smith FP, Macy J. Methods of fire debris preparation for detection of accelerants. *Forensic Sci Rev*. 1991;3(1):57-69.
17. Arthur C, Pawliszyn J. Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers. *Anal Chem* [Internet]. 1990[cited 2022 Jun 17];62(19):2145-2148. Available from: <https://pubs.acs.org/sharingguidelines> <https://doi.org/10.1021/ac00218a019>
18. Lashgari M, Singh V, Pawliszyn J. A critical review on regulatory sample preparation methods: Validating solid-phase microextraction techniques. *TRAC Trends Anal Chem*. 2019;119:115618. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.07.029>
19. Wu CH, Chen CL, Huang C Te, Lee MR, Huang CM. Identification of gasoline soot in suspect arson cases by using headspace solid phase microextraction-GC/MS. *Anal Lett*. 2004;37(7):1373-1384. <https://doi.org/10.1081/AL-120035904>
20. Risticvic S, Lord H, Gorecki T, Arthur CL, Pawliszyn J. Protocol for solid-phase microextraction method development. *Nat Protoc*. 2010;5(1):122-139. <https://doi.org/10.1038/nprot.2009.179>
21. Supelco. *Solid Phase Microextraction: Theory and Optimization of Conditions*. Bellefonte, PA;1999.
22. Wu J, Xie W, Pawliszyn J. Automated in-tube solid phase microextraction coupled with HPLC-ES-MS for the determination of catechins and caffeine in tea. *Analyst*. 2000;125(12):2216-2222. <https://doi.org/10.1039/b006211l>
23. Kataoka H, Lord HL, Pawliszyn J. Applications of solid-phase microextraction in food analysis. *J Chromatogr A*. 2000;880(1-2):35-62. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(00\)00309-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(00)00309-5)
24. Aldrich A, Gennarino-Lopez E, Odugbesi G, Woodside K, Haddadi S. Screening carpet substrate interferences in arson identification by solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Separations*. 2020;7(4):1-18. <https://doi.org/10.3390/sep7040063>
25. Dhabbah AM. Detection of petrol residues in natural and synthetic textiles before and after burning using SPME and GC-MS. *Aust J Forensic Sci*. 2018;52(2):194-207. <https://doi.org/10.1080/00450618.2018.1510029>
26. Visotin A, Lennard C. Preliminary evaluation of a next-generation portable gas chromatograph mass spectrometer (GC-MS) for the on-site analysis of ignitable liquid residues. *Aust J Forensic Sci*. 2016;48(2):203-221. <https://doi.org/10.1080/00450618.2015.1045554>
27. Huang TY, Yu J (Chi C. Carbon nanotubes-assisted solid-phase microextraction for the extraction of gasoline in fire debris samples. *J Chromatogr A*. 2023;1701:464063. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2023.464063>
28. Baerncopf J, Hutches K. Evaluation of long term preservation of ignitable liquids adsorbed onto charcoal strips: 0 to 2 years. *Forensic Chem*. 2020;18:100234. <https://doi.org/10.1016/j.forc.2020.100234>
29. Manousi N, Rosenberg E, Zachariadis GA. Solid-phase microextraction arrow for the sampling of volatile organic compounds in milk samples. *Separations*. 2020;7(4):75. <https://doi.org/10.3390/sep7040075>
30. Barros EP, Moreira N, Pereira GE, Leite SGF, Rezende CM, de Pinho PG. Development and validation of automatic HS-SPME with a gas chromatography-ion trap/mass spectrometry method for analysis of volatiles in wines. *Talanta*. 2012;101:177-186. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2012.08.028>
31. Pizarro C, Pérez-del-Notario N, González-Sáiz JM. Optimisation of a simple and reliable method based on headspace solid-phase microextraction for the determination of volatile phenols in beer. *J Chromatogr A*. 2010;1217(39):6013-6021. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.07.021>
32. Higashikawa FS, Cayuela ML, Roig A, Silva CA, Sánchez-Monedero MA. Matrix effect on the performance of headspace solid phase microextraction method for the analysis of target volatile organic compounds (VOCs) in environmental samples. *Chemosphere*. 2013;93(10):2311-2318. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.08.023>
33. Wypych J, Maňko T. Determination of volatile organic compounds (VOCs) in water and soil using solid phase microextraction. *Chem Analytyczna*. 2002;47(4):507-530.
34. Kusano M, Mendez E, Furton KG. Development of headspace SPME method for analysis of volatile organic compounds present in human biological specimens. *Anal Bioanal Chem*. 2011;400:1817-1826. <https://doi.org/10.1007/s00216-011-4950-2>
35. Alonso M, Castellanos M, Besalú E, Sanchez JM. A headspace needle-trap method for the analysis of volatile organic compounds in whole blood. *J Chromatogr A*. 2012;1252:23-30. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2012.06.083>
36. Kılıç MD, Yayla M, Mercan S. Detection of gasoline residues on household materials up to 60 days: Comparison of two extinguishing methods. *Forensic Sci Int*. 2024;364:112222. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2024.112222>
37. Dhabbah AM, Al-Jaber SS, Al-Ghamdi AH, Aqel A. Determination of gasoline residues on carpets by SPME-GC-MS technique. *Arab J Sci Eng* 2014;39(9):6749-6756. <https://doi.org/10.1007/s13369-014-1233-1> <https://doi.org/10.1007/s13369-014-1233-1>
38. Aqel A, Dhabbah AM, Yusuf K, Al-Harbi NM, Al Othman ZA, Yacine Badjah-Hadj-Ahmed A. Determination of gasoline and diesel residues on wool, silk, polyester and cotton materials by SPME-GC-MS. *J Anal Chem*. 2016;71(7):730-736. <https://doi.org/10.1134/S1061934816070029>
39. Swierczynski JM, Grau K, Schmitz M, Kim J. Detection of gasoline residues present in household materials via headspace-solid phase microextraction and gas chromatography - mass spectrometry. *J Anal Chem*. 2020;75(1):44-55. <https://doi.org/10.1134/S1061934820010153>
40. Dadalı C, Elmacı Y. Gıdalarda uçucu bileşen analizinde katı faz mikroekstraksiyon. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknol Derg*. 2017;5(10):1173-1183. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i10.1173-1183.1340>

Duyulardan veya organlardan birinin işlevinin sürekli zayıflaması ya da yitilmesi yönünden değerlendirilen üst ekstremitte ortopedik arazlarının maluliyet ve özürlülük açısından irdelenmesi

Evaluation of orthopedic upper-extremity disorders assessed in terms of permanent functional weakness or functional loss through the council of forensic medicine disability and impairment calculations

 Hatice Ak*,
0009-0002-4959-2089

 Erkan Doğan,
0000-0003-4930-1501

 Duygu Güleş,
0009-0001-6609-8093

 Kağan Gürpınar
0000-0002-1068-0316

ÖZET

Amaç: Türk Ceza Kanunu'nda Tanımlanan Yaralama Suçlarının Adli Tıp Açısından Değerlendirilmesi Rehberi'nde ceza kanunu çerçevesindeki değerlendirmelerin, tazminat veya borçlar hukuku çerçevesindeki maluliyet, meslekte kazanma gücünden kayıp oranı veya engellilik oranları ile karşılaştırılmaması gerektiği; ancak karar verilemeyen durumlarda maluliyet/engellilik listelerine göre bir oran hesaplanarak karar verilebileceği belirtilmiştir. Çalışmamızda bu yönetmeliklerin duyulardan veya organlardan birinin işlevinin sürekli zayıflaması ya da yitilmesi (OBİSZ/Y) kararlarında kullanılabilirliğini tartışmak ve nasıl kullanılmalı gerektiği konusunda katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

Yöntem: Çalışmamızda Adli Tıp Kurumu Adli Tıp 2. İhtisas Kurulu tarafından 2014-2018 yılları arasında kurul muayenesi yapılarak OBİSZ/Y hususunda görüş bildirilmiş olan ve sadece üst ekstremitte ortopedik yaralanması olanlar çalışmaya dahil edilmiş eşlik eden nörolojik hasarı olan olgular dışlanarak 211 olgu elde edilmiştir.

Bulgular: Çalışmamızda 211 olgudan 49'u (%23,2) için yaralanmasının organlarından birinin işlevinin sürekli zayıflaması niteliğinde olduğu, 19'u (%9) için ise yitilmesi niteliğinde olduğu yönünde görüş bildirildiği görülmüştür. Kemik kırığına bağlı yaralanmaların %64,9 ile ilk sırada, %17,1 ile amputasyon yaralanmalarının ise ikinci sırada geldiği, olguların 82'sinin (%38,9) el parmaklarından, 68'inin (%32,2) omuz bölgesinden yaralanmış olduğu tespit edilmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucunda OBİSZ/Y ile D ve E cetveline göre hesaplanan maluliyet oranı arasında pozitif yönlü iyi derecede korelasyon olduğu, OBİSZ/Y ile el, üst ekstremitte, tüm vücut özürlülük düzeyi arasında pozitif yönlü mükemmel derecede korelasyon olduğu gözlenerek, her iki yönetmeliğe ait cetvellerin de OBİSZ/Y kararlarının oluşturulmasında kullanılabilirliği düşünülmüştür. İşlevde yitirme kararı için ROC analizinde duyarlılığı ve özgüllüğü en optimal aralıkta olacak şekilde yapılan cut off sınır tespitinde; üst ekstremitte özürlülük oranında %32,5, tüm vücut özürlülük oranında ise yüzde % 19,5 değerleri bulunmuştur.

Sonuç: Ulaşılabilen literatürde benzeri olmayan çalışmamızda TCK'da Tanımlanan Yaralama Suçlarının Adli Tıp Açısından Değerlendirilmesi Rehberi'nde yer alan ekstremitte fonksiyon kayıplarına yönelik kriterlerin netleştirilerek ayrıntılandırılması gerektiği, üst ekstremitte yaralanmalarında el, el bileği, ön kol, dirsek, kol ve omuz bölgelerinin ayrı ayrı organ olarak değerlendirilip değerlendirilmeyeceği konusunda birlik sağlanmasına ihtiyaç olduğu, bu konuda özellikle Özürlülük Yönetmeliği ekinde yer alan cetvellerden faydalanılabileceği sonucuna varılmıştır. Zayıflama ve yitirme kararları için kullanılabilir maluliyet ve özürlülük oranları hesaplanıp öneri olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İşlev zayıflaması, işlev yitilmesi, maluliyet, özürlülük, üst ekstremitte

ABSTRACT

Objective: In the Guide for Assessment of Offences Against Physical Integrity Which were Described in Turkish Penal Code in terms of Forensic Medicine, evaluations within the framework of the criminal law should not be confused with capacity to work and vocational permanent disability rates or disability rates within the framework of the law of compensation or obligations; however, it has been stated that in cases where a decision cannot be made, a decision can be made by calculating a rate according to the disability lists. In our study, we aimed to discuss the usability of these regulations in decisions regarding the permanent weakening or loss of the function of one of the senses or organs (PWFLSO) and to contribute to how they should be used.

Methods: We retrospectively examined 211 cases, having upper extremity orthopedic injuries not accompanied by neurological damage, which were reported and examined by the Ministry of Justice Council of Forensic Medicine Second Forensic Medicine Specialization Board regarding permanent weakening or loss of the function of one of the senses or organs between the years of 2014-2018.

Results: In our study, it was observed that in 49 (23.2%) of 211 cases were stated as "permanent weakening function of one of the senses or organs" and in 19 (%9) of 211 cases were stated as "permanent loss of the function of one of the senses or organs". It was determined that the most frequent cases were bone fractures with 64.9%, followed by amputation injuries with 17.1% and 82 (38.9%) of the cases were injured on the phalanx and 68 (32.2%) were injured on the shoulder. As a result of the correlation analysis, there is a good positive correlation between PWFLSO and the disability rate calculated according to "Regulation on the Procedures on the Determination of the Loss of Working Power and Profitability Rate", also there is very high positive correlation between PWFLSO and hand, upper extremities and whole person impairment according to "The Scale of Disability Rates" therefore it is thought that scales of both regulations can be used for reports of PWFLSO. In the ROC analysis for the decision of loss of function, the cut-off limit is determined in a way that the sensitivity and specificity are in the most optimal range; it is found that the upper extremity disability rate was 32.5%, and the whole body disability rate was 19.5%.

Conclusion: In our study, which is unique in the available literature, the criteria for extremity function losses in the Guide for Assessment of Offences Against Physical Integrity Which were Described in Turkish Penal Code in terms of Forensic Medicine should be clarified and detailed, there is a need to establish unity on whether the hand, wrist, forearm, elbow, arm and shoulder regions should be evaluated as separate organs in upper extremity injuries. It has been concluded that especially the tables in the annex of The Scale of Disability Rates can be used in this regard.

Keywords: Upper extremity, functional weakness, loss of function, disability, impairment

Cite as: Ak H, Doğan E, Güleş D, Gürpınar K. Duyulardan veya organlardan birinin işlevinin sürekli zayıflaması ya da yitilmesi yönünden değerlendirilen üst ekstremitte ortopedik arazlarının maluliyet ve özürlülük açısından irdelenmesi. J For Med 2024;38(3):217-224

Received: 31.05.2024 • Accepted: 26.10.2024

Corresponding Author: Uzm. Dr., Hatice AK, Adli Tıp Kurumu Başkanlığı, 2. Adli Tıp İhtisas Kurulu İstanbul, Türkiye. E-mail: islamogluhatice@gmail.com
Uzm. Dr., Adli Tıp Kurumu Başkanlığı, 2. Adli Tıp İhtisas Kurulu İstanbul, Türkiye



Turkish Journal of Forensic Medicine is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

GİRİŞ

Duyulardan veya organlardan birinin işlevinin sürekli zayıflaması ya da yitilmesi (OBİSZ/Y) hususu, 5237 sayılı Türk Ceza Kanunu'nda (TCK) Vücut Dokunulmazlığına Karşı İşlenen Suçlar isimli İkinci Bölümünde yer alan adli travmatoloji ile ilgili kasıtlı veya taksirle gerçekleşen vücut dokunulmazlığının ihlali niteliğindeki yaralama suçlarının netice sebebi ile ağırlaşmış hallerini işleyen 87. ve 89. maddelerde yer almaktadır. Söz konusu maddelerde kasten yaralama filli mağdurun OBİSZ/Y ile sonuçlanması durumu ceza artırımı ile karşılık bulmaktadır (1).

Söz konusu kasıtlı veya taksirle gerçekleşen vücut dokunulmazlığının ihlali niteliğindeki yaralanmalar sonrası kişilerin mağduriyetinin giderilmesi ve sebep olan kişinin gerekli cezayı alabilmesi konusunda adli mercilere yardımcı olması için "Türk Ceza Kanunu'nda Tanımlanan Yaralama Suçlarının Adli Tıp Açısından Değerlendirilmesi Rehberi" adı altında oldukça kapsamlı bir kılavuz hazırlanmıştır. Rehberde genel olarak o organ veya ekstremitenin kendi anatomik yapısı ve/veya fonksiyonuna göre %10-50 arasındaysa "işlevin sürekli zayıflaması"; %50'nin üstünde ise "işlevin yitilmesi" olarak değerlendirilmektedir (2). Ayrıca işitme ve görme işlevlerindeki kayıplara yönelik nispeten ayrıntılı ve belirgin kriterler belirlenmiş olmasına rağmen, ekstremita fonksiyonlarını etkileyen durumlar için net standartlar bulunmamaktadır.

Uygulama sürecinde ortaya çıkan tartışmalı hususlar ve rehberde gözlenen eksikleri gidermek üzere 2016 yılında başlayan güncelleme çalışmaları, 01/07/2019 tarihinden itibaren kullanılacak rehber olarak Adli Tıp Kurumu(ATK) resmi sitesinde yayınlanmıştır. Bu rehberde DOBİSZ/Y hususunda, öncekinden farklı olarak duyu veya organlar ile kas-iskelet sistemini oluşturan yapıların işlevinde, yaşa bağlı ya da nontravmatik başka nedenlerle zayıflama veya kayıp varken oluşan travma sonrası işlevdeki zayıflamanın arttığı veya işlevin yitildiği durumlarda, "son kısıtlılık" – "önceki kısıtlılık" şeklinde fark hesabı yapılması, fark %10'dan fazla ise (%10 dâhil) işlev zayıflaması, fark %50'den fazla ise işlevin yitilmesi olduğu kararına varılması gerektiği hususu eklenmiştir. Her bir duyu, organ veya ekstremitedeki

arazların kendi içinde değerlendirilmesi, diğer duyu, organ veya ekstremitedeki arazların oranları ile toplama yapılmayacağı, her biri için ayrı sonuç verileceği belirtilmiştir. Ek olarak rehberde ceza kanunu çerçevesindeki bu değerlendirmelerin, tazminat veya borçlar hukuku çerçevesindeki maluliyet, meslekte kazanma gücünden kayıp oranı veya engellilik oranları ile karıştırılmaması gerektiği; ancak karar verilemeyen durumlarda maluliyet/engellilik listelerine göre bir oran hesaplanarak karar verilebileceği belirtilmiştir (2).

Adli tıp açısından maluliyet; herhangi bir travma (iş kazası, trafik kazası, ateşli silah yaralanması, darp, yüksekten düşme, vb.) ile oluşan ve insan vücudunun bütünlüğünü bozan yaralanmaların ya da çalıştıkları meslekle ilgili ortam koşullarından kaynaklanan veya bu ortamlarda kullanılan fiziksel ve kimyasal ajanlara bağlı olarak vücut organ ve dokularında meydana gelen rahatsızlıkların (silikozis, pansitopeni vb.) tüm tedavilerden sonra tamamen iyileşemeyip, bu arızanın sekel halinde devam etmesi şeklinde tanımlanmaktadır. Maluliyetin, bazı parametreler baz alınarak hazırlanmış cetvellere dayanarak, oranının (tüm vücudun meslekte kazanma gücüne oranla kayıp miktarının) belirlenmesine ise maluliyet oranı (meslekte kazanma gücü kaybı oranı) adı verilmektedir (3).

5378 Sayılı Engelliler Kanunu'na göre "doğuştan veya sonradan herhangi bir nedenle bedensel, zihinsel, ruhsal, duyu ve sosyal yeteneklerini çeşitli derecelerde kaybetmesi nedeniyle toplumsal yaşama uyum sağlama ve günlük gereksinimlerini karşılama güçlükleri olan ve korunma, bakım, rehabilitasyon, danışmanlık ve destek hizmetlerine ihtiyaç duyan kişi "özürlü" olarak tanımlanmaktadır (4). Engellilik ise, bir yetersizlik ya da özür nedeni ile kişinin yaşına, cinsiyetine ve kültürel faktörlere bağlı olarak kendisi için normal kabul edilen bir rolü yerine getirmesini engelleyen ya da kısıtlayan dezavantajlılık halidir (5,6). Ülkemizde engellilik durumunun tespitine yönelik, Dünya Sağlık Örgütü tarafından düzenlenmiş İşlevsellik, Yetiyitimi ve Sağlığın Uluslararası Sınıflandırılmasına (ICF) paralel olacak şekilde geliştirilmiş engellilik listeleri kullanılmaktadır (7).

Çalışmamızda adli tıp pratiğinde yoğun olarak kullanılan maluliyet ve engellilik listelerinin

DOBİSZ/Y kararlarında kullanılabilirliğini tartışmak ve nasıl kullanılması gerektiği konusunda katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamızda Adli Tıp Kurumu Adli Tıp 2. İhtisas Kurulu tarafından 2014-2018 yılları arasında kurul muayenesi yapılarak OBİSZ/Y hususunda görüş bildirilmiş olan ve sadece üst ekstremitte ortopedik yaralanması olanlar çalışmaya dahil edilip nörolojik hasarı olan olgular dışlanarak 211 olgu elde edilmiştir.

Bu 211 olgunun her biri için, 30/03/2013 tarih ve 28603 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmış olan Özürlülük Ölçütü Sınıflandırması ve Özürlülere Verilecek Sağlık Kurulu Raporları Hakkında Yönetmelik kapsamında bulunan özürlülük oranları ile Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği kullanılarak çalışma gücü ve meslekte kazanma gücü kaybı oranları hesaplanmıştır. Çalışma gücü ve meslekte kazanma gücü kaybı oranı hesaplanırken olguların hepsi Grup 1 yani “düz işçi” kabul edilmiştir. E cetveline göre yapılan değerlendirmesinde ATK uygulamasındaki gibi kişinin olay tarihindeki yaşı esas alınmıştır. Ayrıca 30/03/2013 tarih ve 28603 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Özürlülük Yönetmeliği’nde dominant taraf ayırımı olmadığından karşılaştırma yapılırken standardizasyonun bozulmaması ve ayrıca TCK kapsamında OBİSZ/Y kapsamında yapılan değerlendirmelerde tüm çift organlar ayrı birer bir organ olarak kabul edilmesi ve aralarında ayırım yapılmaması nedeniyle Maluliyet Yönetmeliğinde de çekinik taraflı olgulara 1/5 indirim yapılmamıştır.

Olgular; cinsiyet, olay tarihindeki yaş, gönderilen adli merci, adli mercilerin üst yazısında belirtilen soru, rapor yılı, yaralanmaya neden olan olayın çeşidi, yaralanma şekli ve yaralanma bölgesi yönünden incelenmiştir.

Çalışmada elde edilen veriler SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) sürüm 21 paket programı ile değerlendirilmiştir. Tanımlayıcı istatistiklerde kategorik değişkenler sayı ve yüzde ile, sayısal değişkenler ise ortalama, standart sapma, medyan, en küçük (minimum) ve en büyük (maksimum) değer kullanılarak gösterilmiştir. Korelasyon analizleri, parametrik koşulların sağlanamaması nedeniyle

Spearman testi ile gerçekleştirilmiştir. Reciever Operator Characteristics Curve (ROC) analizlerinde ROC eğrileri oluşturulmuş ve eğri altında kalan alanlar hesaplanmıştır. Optimum sınır değerler belirlenirken pozitif olabirlik oranları hesaplanmış ve sensitivite ve spesifitenin en yüksek olduğu değerlere karar verilirken göz önüne alınmıştır. Tip-1 hata düzeyinin %5’in altında olduğu durumlar ($p < 0,05$) istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

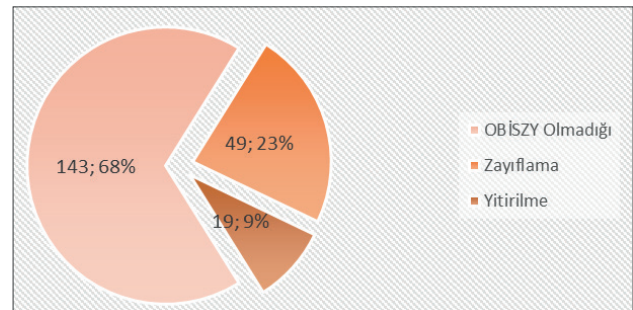
BULGULAR

Çalışmamıza mahkeme ve savcılıklarınca gönderilerek Adli Tıp Kurumu Adli Tıp 2. İhtisas Kurulu tarafından 2014-2018 yılları arasındaki 5 yıllık sürede OBİSZ/Y hususunda görüş bildirilen ve sadece üst ekstremitte ortopedik yaralanması olup ATK’de muayenesi yapılan 211 olgu dahil edilmiştir.

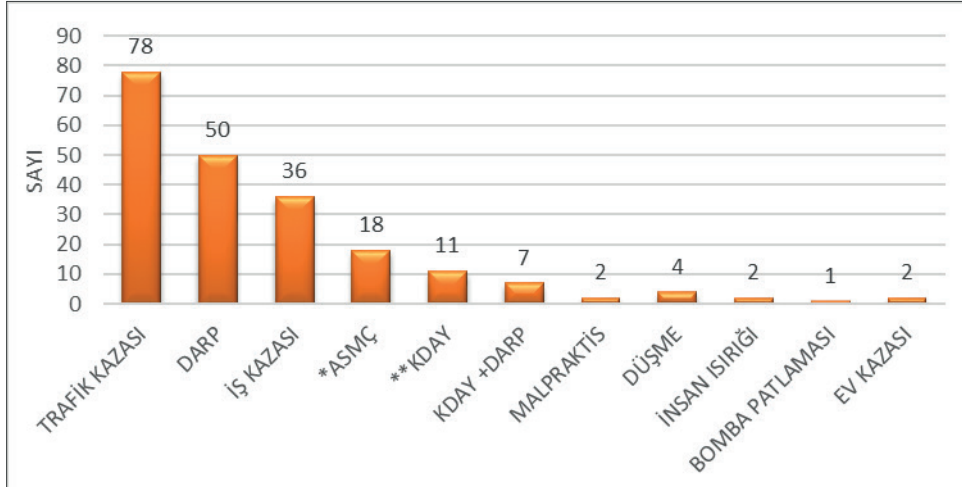
Olguların cinsiyete göre değerlendirilmesinde; 40’ının (%19) kadın, 171’ini (%81) erkek olduğu görülmüştür. OBİSZ/Y hususunda verilen kararların incelenmesinde; 143’ü (%68) için OBİSZ/Y niteliğinde sekele neden olan yaralanma olmadığı, 49’ü (%23) için yaralanmasına bağlı sekelin organlarından birinin işlevinin sürekli zayıflaması niteliğinde olduğu, 19’u (%9) için ise yaralanmasına bağlı sekelin organlarından birinin işlevinin yitirilmesi niteliğinde olduğu görülmüştür (Şekil 1).

Olguların yaralanmaya neden olan olay çeşitlerine göre dağılımı Şekil 2’de, yaralanma bölgelerine göre dağılımı ise Şekil 3’de belirtilmiştir.

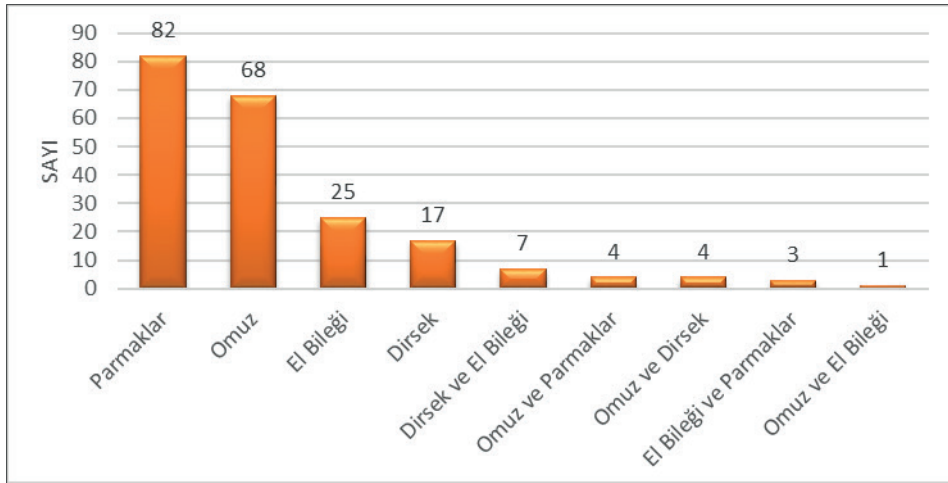
Olguların yaş, çalışma gücü ve meslekte kazanma gücü kaybı oranları ile özürlülük oranlarının merkezi eğilim ve yayılım ölçülerine göre incelenmesi Tablo 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Olguların OBİSZ/Y Kararlarına Göre Dağılımı



Şekil 2. Olguların Olay Çeşidiine Göre Dağılımı(*Ateşli Silah Mermi Çekirdeği, ** Kesici Delici Alet Yaralanması)



Şekil 3. Olguların Yaralanma Bölgesine Göre Dağılımı

Tablo 1. Olguların Yaş, Maluliyet Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı ile ve Özürlülük Oranlarının Ortalama, Median, Standart Sapma, Minimum ve Maksimum Değerleri

	Ortalama	Median	SD	Min	Max
Yaş	37,87	35	14,91	7	82
D Cetveline Göre Oran	10,19	5,1	12,77	0	66
E Cetveline Göre Oran	9,93	5,0	12,51	0	62,0
El Özürlülük Oranı	7,73	0	15,17	0	77
Üst Ekstremitte Özürlülük Oranı	12,75	5,0	18,96	0	100
Tüm Vücut Özürlülük Oranı	7,61	3,0	11,37	0	60

Tablo 2. OBİSZ/Y ile Maluliyet ve Özürlülük Oranlarının Korelasyon Analizi

		El Özürlülük Oranı	Üst Ekstremitte Özürlülük Oranı	Tüm Vücut Özürlülük Oranı	D Cetveline Göre Oran	E Cetveline Göre Oran
DOBİSZ/Y	Korelasyon Katsayısı	0,882**	0,795**	0,771**	0,684**	0,649**
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	n	88	211	211	211	211

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

Tablo 3. Organlardan Birinin İşlevinin Sürekli Zayıflaması Kararı İçin Yapılan ROC Analizi Sonuçları

	Maluliyet Yönetmeliği		Özürlülük Yönetmeliği			
	D Cetveli	E Cetveli	Eİ Özürlülük	Üst Ekstremitte Özürlülük	Tüm Vücut Özürlülük	
EAKA	0,933	0,923	0,965	0,971	0,971	
SD	0,016	0,018	0,022	0,009	0,009	
P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
EAKA güven aralığı	Alt sınır	0,902	0,889	0,923	0,953	0,952
	Üst sınır	0,964	0,957	1,000	0,989	0,989
Cut off	9,8	8,6	9,5	10,5	6,5	
Sensitivite	0,868	0,853	0,956	0,912	0,912	
Specifite	0,839	0,804	0,933	0,901	0,901	
OO+	5,39	4,36	14,33	9,247	9,247	

EAKA:Eğri Altında Kalan Alan, SD: Standart Sapma, OO+: pozitif olabirlik oranı

OBİSZ/Y kararı ile özürlülük ve çalışma gücü ve meslekte gücü kaybı oranlarının korelasyon analizi sonucunda OBİSZ/Y ile el özürlülük düzeyi arasında pozitif yönlü mükemmel derecede korelasyon olduğu ($p < 0,001$; $r = 0,882$), OBİSZ/Y ile üst ekstremitte özürlülük düzeyi arasında pozitif yönlü mükemmel derecede korelasyon olduğu ($p < 0,001$; $r = 0,795$), OBİSZ/Y ile tüm vücut özürlülük düzeyi arasında pozitif yönlü mükemmel derecede korelasyon olduğu ($p < 0,001$; $r = 0,771$), OBİSZ/Y ile D cetveline göre hesaplanan çalışma gücü ve meslekte kazanma gücü kaybı oranları arasında pozitif yönlü iyi derecede korelasyon ($p < 0,001$; $r = 0,684$) olduğu, OBİSZ/Y ile E cetveline göre hesaplanan çalışma gücü ve meslekte kazanma gücü kaybı oranları arasında pozitif yönlü iyi derecede korelasyon olduğu ($p < 0,001$; $r = 0,649$) gözlenmiştir (Tablo 2).

Organlardan Birinin İşlevinin Sürekli Zayıflaması Kararı İçin Yapılan Receiver Operator Characteristics Curve (ROC) Analizleri

1) 11/10/2008 tarih ve 27021 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği dikkate alınarak hesaplanan çalışma gücü ve meslekte kazanma gücü kaybı oranına göre yapılan değerlendirmeler;

a) D cetveli esas alınarak hesaplanan çalışma gücü ve meslekte kazanma gücü kaybı oranına göre işlevde zayıflama kararı: Çalışmamızda Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği ile değerlendirilen 211

olgunun D cetveli esas alınarak hesaplanan orana göre işlevde zayıflama olup olmadığı konusunda yapılan ROC analizinde; eğri altında kalan alan 0,933 olarak tespit edilmiş olup tanı değeri yüksek bir yöntem olduğu anlaşılmıştır. Eğri altında kalan alanın güven aralığı 0,902-0,964; standart sapması ise 0,016 olarak bulunmuştur. Tüm olgular için işlevde zayıflama olup olmadığı hususunda 9,8 olarak hesaplanan cut off sınır değerimizin duyarlılığı 0,868 ve özgüllüğü 0,839, pozitif olabirlik oranı (OO+) 5,39 olarak tespit edilmiştir (Tablo 3).

b) E Cetveli esas alınarak hesaplanan çalışma gücü ve meslekte kazanma gücü kaybı oranına göre işlevde zayıflama kararı: Çalışmamızda Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği ile değerlendirilen 211 olgunun E cetveli esas alınarak hesaplanan orana göre işlevde zayıflama olup olmadığı konusunda yapılan ROC analizinde; eğri altında kalan alan 0,923 olarak tespit edilmiş olup tanı değeri yüksek bir yöntem olduğu anlaşılmıştır. Eğri altında kalan alanın güven aralığı 0,889-0,957; standart sapması ise 0,017 olarak bulunmuştur. Bu olgularda işlevde zayıflama olup olmadığı hususunda 8,6 olarak hesaplanan cut off sınır değerimizin duyarlılığı 0,853 ve özgüllüğü 0,804, pozitif olabirlik oranı (OO+) 4,36 olarak analiz edilmiştir (Tablo 3).

2) 30/03/2013 tarih ve 28603 sayılı Resmi Gazete'de Yayımlanan Özürlülük Ölçütü, Sınıflandırması ve Özürlülere Verilecek Sağlık Kurulu Raporları Hakkında Yönetmelik dikkate alınarak hesaplanan özürlülük oranına göre yapılan değerlendirmeler;

a) El yaralanmalarının, el özürlülük oranına göre zayıflama kararı: Sadece el yaralanması olan 88 olgunun, el özürlülük oranına göre zayıflama olup olmadığı konusunda yapılan ROC analizinde; eğri altında kalan alan 0,965 olarak tespit edilmiş olup tanı değeri yüksek bir yöntem olduğu anlaşılmıştır. Eğri altında kalan alanın güven aralığı 0,923-1,000; standart sapması ise 0,022 olarak bulunmuştur. Yine bu olgularda zayıflama olup olmadığı hususundaki cut off sınır değerimiz (Positive if Greater Than or Equal) 9,5 olarak tespit edilmiştir. Cut off sınır değerimizin duyarlılığı (sensitivity) 0,956 ve özgüllüğü (spesifity) 0,933, pozitif olabilirlik oranı (OO+) 14,33 olarak analiz edilmiştir (Tablo 3).

b) Üst ekstremite özürlülük oranına göre zayıflama kararı: Çalışmamızda 211 olgunun üst ekstremite özürlülük oranına göre zayıflama olup olmadığı konusunda yapılan ROC analizinde; eğri altında kalan alan 0,971 olarak tespit edilmiş olup tanı değeri yüksek bir yöntem olduğu anlaşılmıştır. Eğri altında kalan alanın güven aralığı 0,953-0,989; standart sapması ise 0,009 olarak bulunmuştur. Olgularda zayıflama olup olmadığı hususundaki cut off sınır değerimiz 10,5 olarak tespit edilerek cut off değerimizin duyarlılığı 0,912 ve özgüllüğü 0,90, pozitif olabilirlik oranının (OO+) 9,247 olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3).

c) Tüm vücut özürlülük oranına göre işlevde zayıflama kararı: tüm vücut özürlülük oranı hesaplanan bütün olguların bu orana göre zayıflama olup olmadığı konusunda yapılan ROC analizinde; eğri altında kalan alan 0,971 olarak tespit edilmiş olup tanı değeri yüksek bir yöntem olduğu anlaşılmıştır. Eğri altında kalan alanın güven aralığı 0,952-0,989; standart sapması ise 0,009 olarak bulunmuştur. Tüm vücut özürlülük oranına göre olgularda zayıflama olup olmadığı hususundaki cut off sınır değerimiz 6,5 olarak tespit edilmiştir. Cut off sınır değerimizin duyarlılığı 0,912 ve özgüllüğü 0,901, pozitif olabilirlik oranı (OO+) 9,247 olduğu hesaplanmıştır (Tablo 3).

Duyularından veya Organlardan Birinin İşlevinin Sürekli Yitirilmesi Kararı İçin Yapılan (ROC) Analizleri

1) 11/10/2008 tarih ve 27021 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma

Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği dikkate alınarak hesaplanan çalışma gücü ve meslekte kazanma gücü kaybı oranına göre yapılan değerlendirmeler;

a) D Cetveli esas alınarak hesaplanan çalışma gücü ve meslekte kazanma gücü kaybı oranına göre işlevde yitirilme kararı: Değerlendirilen 211 olgunun D cetveli esas alınarak hesaplanan orana göre işlevde yitirilme olup olmadığı konusunda yapılan ROC analizinde; eğri altında kalan alanın 0,934-1,000 güven aralığı ile 0,967 olarak tespit edilmiş olup; standart sapmasının 0,017 olduğu bulunmuştur. Yine bu olgularda işlevde yitirilme olup olmadığı hususundaki cut off sınır değeri 23,5 olarak tespit edilmiş; cut off sınır değerinin duyarlılığı 0,895 iken özgüllüğü 0,943 ve pozitif olabilirlik oranı (OO+) 15,61 olarak analiz edilmiştir (Tablo 4).

b) E cetveli esas alınarak hesaplanan çalışma gücü ve meslekte kazanma gücü kaybı oranına göre işlevde yitirilme kararı: 211 olgunun E cetveline göre hesaplanan oranın işlevde yitirilme olup olmadığı konusunda yapılan ROC analizinde; eğri altında kalan alan 0,954 olarak tespit edilmiş olup tanı değeri yüksek bir yöntem olduğu anlaşılmıştır. Eğri altında kalan alanın güven aralığı 0,911-0,997; standart sapması ise 0,022 olarak hesaplanmıştır. Tüm olgularımızda işlevde yitirilme olup olmadığı hususundaki cut off sınır değerimiz 19,6 olarak tespit edilmiştir. Cut off değerimizin duyarlılığı 0,895 ve özgüllüğü 0,896, pozitif olabilirlik oranı (OO+) 8,58 olarak analiz edilmiştir (Tablo 4).

2) 30/03/2013 tarih ve 28603 sayılı Resmi Gazete'de Yayımlanan Özürlülük Ölçütü, Sınıflandırması ve Özürlülere Verilecek Sağlık Kurulu Raporları Hakkında Yönetmelik dikkate alınarak hesaplanan özürlülük oranına göre yapılan değerlendirmeler;

a) El yaralanmalarının, el özürlülük oranına göre yitirilme kararı: sadece el yaralanması olan 88 olgunun, el özürlülük oranına göre işlevde yitirilme olup olmadığı konusunda yapılan ROC analizinde; eğri altında kalan alan 0,988 olarak tespit edilmiş olup tanı değeri yüksek bir yöntem olduğu anlaşılmıştır. Eğri altında kalan alanın güven aralığı 0,969-1,000; standart sapması ise 0,010 olarak bulunmuştur. Yine bu olgularda işlevde yitirilme olup olmadığı

Tablo 4. Duyularından veya Organlardan Birinin İşlevinin Sürekli Yitirilmesi Kararı İçin Yapılan ROC Analiz Sonuçları

		Maluliyet Yönetmeliği		Özürlülük Yönetmeliği		
		D Cetveli	E Cetveli	El Özürlülük	Üst Ekstremitte Özürlülük	Tüm Vücut Özürlülük
EAKA		0,967	0,954	0,988	0,980	0,981
SD		0,017	0,022	0,010	0,015	0,015
p		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
EAKA güven aralığı	Alt sınır	0,934	0,911	0,969	0,950	0,952
	Üst sınır	1,000	0,997	1,000	1,00	1,000
Cut off		23,5	19,6	44,5	32,5	19,5
Sensitivite		0,895	0,895	1,000	0,947	0,947
Specifite		0,943	0,896	0,974	0,969	0,967
OO+		15,61	8,58	39	30,15	30,15

EAKA:Eğri Altında Kalan Alan, SD: Standart Sapma, OO+: pozitif olabilirlik oranı

Tablo 5. OBİSY/Z kararı için sınır değerlerin belirtildiği özet tablo.

		Zayıflama Cut off	Yitirme Cut off
ÇGVMKGK*	D cetveli oranı	9.8	23.5
	E cetveli oranı	8.6	19.6
ÖZÜRLÜLÜK	El özürlülük oranı	9.5	44.5
	Üst ekstremitte özürlülük oranı	10.5	32.5
	Tüm vücut özürlülük oranı	6.5	19.5

ÇGVMKGK: Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı

hususunda 44,5 olarak tespit edilen cut off sınır değerimizin duyarlılığı 1,000 ve özgülüğü 0,974, pozitif olabilirlik oranı (OO+) 39 olarak analiz edilmiştir (Tablo 4).

b) Üst Ekstremitte Özürlülük oranına göre yitirme kararı: değerlendirilen 211 olgunun üst ekstremitte özürlülük oranına göre işlevde yitirme olup olmadığı konusunda yapılan ROC analizinde; eğri altında kalan alan 0,980 olup güven aralığı 0,950-1,000 ile standart sapması ise 0,015 olarak hesaplanmıştır. Olgularda işlevde yitirme olup olmadığı konusundaki cut off sınır değerimiz 32,5 olarak tespit edilmiş; cut off sınır değerimizin duyarlılığı 0,947 ve özgülüğü 0,969; pozitif olabilirlik oranı (OO+) 30,15 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4).

c) Tüm Vücut Özürlülük oranına göre işlevde yitirilmesi kararı: Tüm vücut özürlülük oranına göre yitirme olup olmadığı konusunda yapılan ROC analizinde; eğri altında kalan alan 0,981 olarak tespit edilmiş olup tanı değeri yüksek bir yöntem olduğu anlaşılmıştır. Eğri altında kalan alanın güven aralığı 0,952-1,000; standart sapması ise 0,015 olarak bulunmuştur. Yine bu olgularda yitirme olup

olmadığı konusunda 19,5 olarak tespit edilen cut off sınır değerimizin duyarlılığı 0,947 ve özgülüğü 0,967, pozitif olabilirlik oranı (OO+) 30,15 olarak analiz edilmiştir (Tablo 4).

Vücut dokunulmazlığının ihlali varlığında TCK 87. ve 89. maddeleri kapsamında yapılan OBİSY/Z değerlendirilmesinde; üst ekstremitte yaralanmasının değerlendirilmesi isteniliyor ve kullanılan kılavuzun yetersiz kaldığı düşünülüyor ise sıklıkla kullanılan maluliyet ve özürlülük yönetmeliklerine göre yapılan hesaplamalarda elde edilen puanlara göre alınması gereken sınır(cut off) değerleri Tablo 5'te özetlenmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Adli tıbbi uygulamalarda, yaralanmaların OBİSY/Z niteliğinde olup olmadıkları, *Türk Ceza Kanunu'nda Tanımlanan Yaralama Suçlarının Adli Tıp Açısından Değerlendirilmesi Rehberi'ne* göre değerlendirilmektedir (2). Vücuttaki bazı duyu ve organların zayıflama ya da yitirme kararı söz konusu kılavuzda açıkça belirtilmesi nedeniyle

kolayca tespit edilebiliyorken (gözde görme kaybı gibi) bazı organlar için işlev zayıflaması veya kaybı ölçütünün nasıl değerlendirileceği ve hangi ölçütün esas alınacağı net değildir. Özellikle ekstremitelerde yaralanmalarında OBİSZ/Y kararı için her ne kadar fonksiyonel kayıp %10-50 arasında ise "zayıflama", %50 üzeri ise "yitirilme" kararı alınması belirtilse de söz konusu yüzdeler dilimde fonksiyonel kaybın hesaplanmasında nasıl bir yol izlenmesi gerektiği net bir şekilde belirtilmemiştir. Netice itibarıyla de yaklaşım bakımında üniversite adli tıp anabilim dalları ile Adli Tıp Kurumu kararları arasında ortak bir konsensus bulunmamaktadır.

Çalışmamızda ise OBİSZ/Y hususunda karar verilirken 11/10/2008 tarih ve 27021 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği ile Özürlülük Ölçütü Sınıflandırması ve Özürlülere Verilecek Sağlık Kurulu Raporları Hakkında Yönetmeliğinin kullanılabilirliği araştırılmış; yaptığımız korelasyon analizleri sonucunda OBİSZ/Y ile çalışma gücü ve meslekte kazanma gücü kaybı oranları arasında pozitif yönde *iyi derecede* korelasyon, özürlülük oranları arasında ise pozitif yönde *mükemmel derecede* korelasyon tespit edildiğinden her iki yönetmeliğin de OBİSZ/Y kararlarını yönlendirmede kullanılabilmesi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur. Ancak *Türk Ceza Kanunu'nda Tanımlanan Yaralama Suçlarının Adli Tıp Açısından Değerlendirilmesi Rehberi'nde belirtilen* %10 (zayıflama) ve %50 (yitirilme) sınır değerleri; Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği ve Özürlülük Ölçütü Sınıflandırması ve Özürlülere Verilecek Sağlık Kurulu Raporları Hakkında Yönetmeliğinin kullanılması durumunda Adli Tıp Kurumu İkinci İhtisas Kuruluna eş değer kararlar verilebilmesi için yeni sınır değerlerle (cut off) değerlendirilmesi gerektiği tespit edilmiştir (Tablo 5).

OBİSZ/Y kararlarına standardizasyon kazandırabilmek adına yaptığımız bu çalışmada daha ayrıntılı kriterler içermesi ve daha yüksek korelasyona sahip olması, kişinin mesleğinden ve

yaşından etkilenmemesi, el, üst ekstremiteler ve tüm vücut özürlülük oranları gibi nerdeyse organa özgü puanların ayrı ayrı hesaplanabilmesi yönleriyle, Özürlülük Ölçütü Sınıflandırması ve Özürlülere Verilecek Sağlık Kurulu Raporları Hakkında Yönetmeliğinin, Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliğine göre daha etkili olduğu anlaşılmıştır.

Sonuç olarak OBİSZ/Y kararında sınırların daha net ve objektif tanımlanabilmesi için diğer vücut bölümlerine de uygulanmış benzer çalışmalar ışığında tespit edilecek cut off değerlerin önemli bir yeri olacaktır.

Etik Kurul Onayı: Çalışmada Helsinki Deklarasyonu'na uyulmuş olup, Adli Tıp Kurumu Başkanlığı, Eğitim ve Bilimsel Araştırma Komisyonu'ndan 20/05/2019 tarih ve 21589509/2019/402 sayılı karar ile izin alınmıştır.

Finans: Bu çalışma için hiç bir kurum veya kuruluştan finansal destek alınmamıştır.

Çıkar çatışması: Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

1. Türk Ceza Kanunu. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5237.pdf> [Erişim Tarihi: 05.08.2019]
2. Türk Ceza Kanunu'nda Tanımlanan Yaralama Suçlarının Adli Tıp Açısından Değerlendirilmesi. <https://www.atk.gov.tr/tckyaralama24-11-15.pdf> [Erişim Tarihi: 04.08.2019]
3. Birgen N, Okudan M, İnanıcı MA, Okyay M. İş kazasına bağlı olgularda maluliyet oranı hesaplanması adli tıp açısından değerlendirilmesi. Bull Legal Med. 1999;4(3):101-108.
4. Engelliler Hakkında Kanun. T. C. Resmi Gazete: 07/07/2005 tarih ve 25868 sayı. <https://www.aile.gov.tr/eyhgm/mevzuat/ulusal-mevzuat/kanunlar/engelliler-hakkinda-kanun/>
5. ICIDH-2-International Classification of Functioning, Disability and Health, WHO, Geneva-2001, FinalDraft. <https://unstats.un.org/unsd/disability/pdfs/ac.81-b4.pdf> [Erişim Tarihi: 24.08.2019]
6. International Classification of Impairments, Disabilities and Handicaps, WHO, Geneva-1980. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/41003/9241541261_eng.pdf [Erişim Tarihi: 24.08.2019]
7. Özürlülük Ölçütü, Sınıflandırması ve Özürlülere Verilecek Sağlık Kurulu Raporları Hakkında Yönetmelik. T. C. Resmi Gazete: 30/03/2013 ve 28603 sayı. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/03/20130330-4.htm>

The prevalence, type and severity of forensic dental cases in Türkiye

Türkiye’de meydana gelen adli diş hekimliği vakalarının prevalans, çeşit ve ciddiyet açısından değerlendirilmesi

 İhsan Çağlar Çınar
0000-0002-9368-7109

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to assess prevalence, type and severity of forensic dental cases in Türkiye.

Materials and Methods: 620 of forensic dental cases which were referred to the Department of Dentistry of the 7th Specialization Board of the Council of Forensic Medicine, Türkiye,, between April 2019 and March 2024 evaluated retrospectively. Malpractice and complication occurrence were determined, type and severity of cases analysed as well in six grades.

Results: 69.7% of the cases were female (n=432), and 30.3% were male (n=188), (p<0.05). 75% of the claims has decided as complication and 25% of them decided as malpractice by the board (p<0.05). 52.1% of the cases underwent surgery, patients received orthodontic, prosthetic, and endodontic treatment 13.5%, 21.5% and 12.9% respectively (p<0.05). The second level severity was the most common with 41.9%, while the sixth level was the least common with 1.5% (p<0.05).

Conclusion: Within the limits of this study, the most common failure following dental procedures were surgical treatments and second level of severity had the highest incidence. While many of the failures have been considered as complications by the board, it should not be overlooked that in recent years, there has been an increase in malpractice claims.

Keywords: Forensic dental case, malpractice, complication

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı Türkiye’de meydana gelen adli diş hekimliği vakalarının prevalans, çeşit ve ciddiyet açısından değerlendirilmesidir.

Yöntem: 2019 Nisan-2024 Mart arasında Adli Tıp Kurumu 7. İhtisas Kurulu diş hekimliği bölümüne gönderilmiş 620 adli dental vaka geriye dönük olarak incelenmiştir. Komplikasyon ve malpraktis kararları ve vakaların çeşitlerinin yanısıra vakaların ciddiyeti de 6 seviyede değerlendirilmiştir.

Bulgular: Vakaların %69.7’si (n=432) kadın, %30.3’ü (n=188) ise erkektir (p<0.05). Konsey tarafından vakaların %75’i komplikasyon, %25’i ise malpraktis olarak sonuca bağlanmıştır (p<0.05). Vakalar içerisinde cerrahi işlemlerin oranı %52.1 iken, ortodontik protetik ve endodontik vakaların oranı ise sırasıyla %13.5, %21.5 ve %12.9’dur (p<0.05). Vakaların ciddiyeti açısından 2. seviye %41.9 ile en sık görülürken en az görülen %1.5 ile 6. seviyedir (p<0.05).

Sonuç: Bu çalışmanın sınırları dahilinde adli diş hekimliği vakalarında cerrahi işlemler ve ciddiyet açısından 2. seviye başarısızlıklar en sık görülen prosedürlerdir. Vakaların büyük bir kısmı konsey tarafından komplikasyon olarak sonuca bağlanmış olsa da son yıllarda malpraktis davalarındaki büyük artış akıldan çıkartılmamalıdır.

Anahtar Kelimeler: Adli diş hekimliği, malpraktis, komplikasyon

Cite as: Çınar İÇ. The prevalence, type and severity of forensic dental cases in Türkiye. J For Med 2024;38(3):225-235

Received: 11.10.2024 • **Accepted:** 02.12.2024

Corresponding Author: İhsan Çağlar Çınar, Department of Oral Implantology, Faculty of Dentistry, Istanbul University, Fatih, Istanbul, Türkiye

E-mail: cinarcaglar@gmail.com

Department of Oral Implantology, Faculty of Dentistry, Istanbul University, Fatih, Istanbul, Türkiye



Turkish Journal of Forensic Medicine is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

INTRODUCTION

Dentistry is a complex branch of medicine encompassing various fields such as surgery, prosthodontics, orthodontics, and endodontics, each with its unique techniques and challenges. Any situation that arises beyond the expected recovery after the procedure, any unexpected outcome is classified as a complication or malpractice (1, 2). Appropriate indications, proper techniques, and the management of adverse events are essential criteria for distinguishing between complication and malpractice. In recent years, there has been a growing number of lawsuits filed between healthcare professionals and patients due to these adverse events (3).

After dental procedures, patient satisfaction, dentists' professional liabilities, and resulting legal processes have recently become major concerns worldwide. The increase in malpractice cases not only leads to changes in physicians' treatment approaches but also disrupts patients' access to the necessary treatment. Most allegations in lawsuits against dentists are related to deficiencies in practice and/or the occurrence of postoperative complications. Delays or mistakes in diagnosis and the recurrence or persistence of the disease are other bases for allegations (4, 5).

During the legal process, distinctions between complications and malpractice are determined based on expert opinions and reports provided by the Forensic Medicine Institution (FMI). In Türkiye, if a patient complains about a dentist, he/she can go to court and sue. Afterward, the patient is generally referred to the dentistry faculty for a thorough and precise examination and the results are then sent to the court. In some cases, judges are not satisfied with these reports and may refer file to the FMI for a more accurate decision. In the FMI, the documents are reviewed by specialized medical commissioners, and the final decision is then sent to the court.

The prevalence, type, and severity of postoperative failures are influenced by various factors, such as the patient's age, gender, anatomical considerations, the knowledge and experience of the performing dentist, the patient's systemic condition, and other

factors like smoking (6). Conditions that increase the risk of morbidity, such as bleeding disorders, cardiac problems, and diabetes, should be thoroughly examined before the procedure, and consultation with the patient's physician should be sought when necessary (7, 8). Numerous studies in the literature emphasize the correlation between the success of dental procedures and the patient's existing systemic condition (9-12). Before the procedure, necessary clinical and radiological investigations should be conducted, comprehensive information about potential risk factors should be obtained, and the patient should be adequately informed. The patient's treatment expectations and treatment's ability can meet these expectations, and potential adverse events that may occur during the process should be documented and stored with the informed consent form (13).

There are limited number of studies in the literature regarding the evaluation of postoperative failures in dental procedures as complication or malpractice, and the ratio of postoperative adverse events associated with different procedures. Furthermore, healthcare professionals can benefit from conducting a preoperative assessment of potential risk factors to reduce postoperative failures. Therefore, this study aims to assess and classify forensic cases resulting from dental procedures that have been referred to and adjudicated by the FMI.

MATERIALS AND METHODS

The retrospective study was conducted on a total of 620 dentistry cases referred to the Department of Dentistry of the between April 2019 and March 2024. The study was approved by the Committee of Education and Scientific Research, Council of Forensic Medicine, under the reference number 21589509/2022/1057. Forensic cases due to failures following surgical, prosthetic, orthodontic, and endodontic procedures in dentistry were examined in this study. After reviewing expert reports and the available data, these cases were referred to court as complication or malpractice based on the decision of the FMI's 7th Specialization Board. The study did not include pediatric dentistry cases involving individuals under the age of 13.

Categorization of Data

Failures were evaluated in four primary categories: surgical, prosthetic, orthodontic, and endodontic. Surgical failures included tooth extraction, bone graft procedures, implant treatment, orthognathic surgery, and periodontal surgery. Prosthetic failures include aesthetic deficiencies related to restorations, problems such as cracking, occlusal relationship disorders, and issues arising from poorly fitted prosthetics. Endodontic failures included incorrect or incomplete root canal therapy, file fracture in the root canal, and accidental injection of sodium hypochlorite (NaOCL) for anesthesia during treatment. Orthodontic failures were classified as dissatisfaction with the aesthetic outcome of the treatment, occlusal discrepancies, and resorptions occurring in the roots of the teeth.

Classification of postoperative failures

Based on the impact of routine daily activities and the severity the recorded postoperative failures were classified into one of six groups.

Grade I failures

Localized failures were those that do not significantly impact the success of the applied dental procedure. Instances in this category included minor bleeding, increased sensitivity, prolonged swelling, and delayed wound healing.

Grade II failures

Localized failures were those that affect the success of the performed dental procedure. Complications such as exposure of the membrane used in bone augmentation procedures, necrosis of the bone graft, implant failure, fracture of the file during endodontic therapy, cracking of prosthetic restoration, poorly obturated root canals, inappropriate occlusion or root resorption after orthodontic treatment, the opening of the wound area, migration of tooth/implant to neighbouring anatomical structures, and gingival recession have been classified as level 2 complications.

Grade III failures

These localized and/or systemic failures represent conditions those were observed either locally or

systemically, adversely affecting the patient's daily life but not requiring hospitalization. Examples of such conditions included jaw fracture, poorly fitted dental restorations, fever, sinusitis, trismus, excessive bleeding, and similar situations.

Grade IV failures

These were conditions observed either locally or systemically, which not only negatively impact the patient's daily life but also require hospitalization. Conditions such as sepsis and anaphylaxis fell into this category.

Grade V failures

These were situations where one or more anatomical structures incur irreversible damage. Examples within this category include nerve injuries, NaOCL injection, and squamous cell carcinoma due to poorly fitted prosthetics.

Grade VI failures

Failures resulting in the patient's death were classified as Level 6.

Statistical analyses

The data analysis was conducted using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 26.0 Statistics package program. The normal distribution of severity levels in cases was evaluated using skewness and kurtosis values. It was observed that all of these values followed the rules of a normal distribution, with the reference value falling within ± 1.5 .

Independent Sample T Test and One Way ANOVA tests were used to compare severity levels based on gender, age, smoking status, applied treatment, and complication/malpractice occurrences for all cases and different procedure groups (surgical, orthodontic, prosthetic, and endodontic). Post Hoc Tests were employed to analyze differences between groups. The Chi-square test was used to explore associations between gender, age, smoking status, applied treatment, procedure type, severity levels, and occurrences of complication/malpractice occurrences for all cases and cases within different procedure groups. Throughout the study, the significance levels were set at 0.05 and 0.01.

RESULTS

The study included 620 cases, 69.7% of the cases were female (432), and 30.3% were male (188). 32.1% of the cases were in the 18-35 age range, 35.8% were in the 36-50 age range, and 32.1% were 51 or older. A quarter of the cases did not smoke, while 18.9% smoked fewer than 10 cigarettes per day, and 56.6% smoked 10 or more cigarettes per day. The mean age of dentists was 36.5 years with a range of 28–58 years old. All the cases involved Turkish dentists. Out of 620 dentists, 405 (65.3%) were men and 215 (34.7%) were women. The majority of complaints (88.3%) were related to the private sector, with 61.9% of the cases, against private solo-practice clinics, 10.9% against polyclinics, and 15.5% against medical centers. The remaining complaints (11.7%) pertained to the governmental sector.

52.1% of the cases underwent surgery, 13.5% received orthodontic, 21.5% received prosthetic, and 12.9% received endodontic treatment. When analyzing the severity grades of forensic cases, the second level was the most common with 41.9%, while the sixth level was the least common with 1.5%. Table 1 provides the overall descriptive features of forensic dental cases.

Table 1. Descriptive Analysis of Forensic Dental Cases

Descriptive Features	Number	%	
Gender	Female	432	69,7
	Male	188	30,3
Age	18-35 years old	199	32,1
	36-50 years old	222	35,8
	51 years and above	199	32,1
Smoking Habits	Non	152	24,5
	<10	117	18,9
	10>	351	56,6
Procedure Type	Surgery	323	52,1
	Orthodontic	84	13,5
	Prosthetic	133	21,5
	Endodontic	80	12,9
Severity Grade	I	102	16,5
	II	260	41,9
	III	83	13,4
	IV	79	12,7
	V	87	14,0
	VI	9	1,5
Complication/ Malpractice Status	Complication	465	75,0
	Malpractice	155	25,0
	Total	620	100

The comparison of severity levels of forensic cases based on gender, age, smoking habits, procedure type, and the occurrence of complications/ malpractice was shown in Table 2.

Table 2. Comparison of Severity Grades of Forensic Dental Cases Based on Descriptive Features

Descriptive Features	Mean	Standard Deviation	P-Value	
Gender	Female	2,71	1,34	0,886
	male	2,69	1,37	
Age	18-35 years old	2,55	1,28	0,156
	36-50 years old	2,79	1,41	
	51 years and above	2,76	1,33	
Smoking Habits	Non	2,61	1,40	0,303
	<10	2,86	1,37	
	10>	2,69	1,31	
Procedure Type	Surgery ^a	2,90	1,44	0,000** Difference: a, d > b, c
	Orthodontic ^b	2,27	1,05	
	Prosthetic ^c	2,27	0,99	
	Endodontic ^d	3,06	1,48	
Complication/ Malpractice Status	Complication	2,54	1,29	0,000**
	Malpractice	3,19	1,39	

*p<0.05, **p<0.01, t: Independent Sample T Test (Gender and Comp./Malp.), F: One Way ANOVA, Difference: Post Hoc Tests^a

The severity levels among forensic cases were found not to have a significant difference based on gender, age, and smoking status ($p>0.05$). Although there was no statistical difference, it can be noted, especially for cases in the 18-35 age group, that the severity grades were lower compared to other age groups. The severity-level of surgical (2.90) and endodontic (3.06) groups were higher than the orthodontic (2.27) and prosthetic (2.27) groups ($p<0.05$). The severity level for cases with complications was on average 2.54, while the average severity grade for cases involving malpractice was 3.19 ($p<0.05$).

The comparison of complications/malpractice occurrences among cases based on gender, age, smoking habits, and applied treatment was presented in Table 3.

There was no significant difference in complications/ malpractice occurrences among cases based on gender, age, smoking habits, and applied treatment ($p>0.05$).

Table 3. Comparison of Complications/Malpractice Occurrences of Forensic Dental Cases Based on Descriptive Features

Descriptive Features		Complication (n:465)		Malpractice (n:155)		p
		N	%	n	%	
Gender	Female	331	76,6	101	23,4	0,190
	Male	134	71,3	54	28,7	
Age	18-35 years old	153	76,9	46	23,1	0,451
	36-50 years old	160	72,1	62	27,9	
	51 years and above	152	76,4	47	23,6	
Smoking habits	Non	116	76,3	36	23,7	0,830
	<10	89	76,1	28	23,9	
	10>	260	74,1	91	25,9	
Procedure Type	Surgery	249	77,1	74	22,9	0,096
	Orthodontic	67	79,8	17	20,2	
	Prosthetic	97	72,9	36	27,1	
	Endodontic	52	65,0	28	35,0	

*p<0.05, **p<0.01, χ^2 : Chi-square test (Categorical data)

Table 4. Comparison of Severity Grades of Surgical Forensic Cases

Descriptive Features		Mean	Standard Deviation	p-Value
Gender	Female	2,89	1,46	0,556
	Male	3,00	1,50	
Age	18-35 years old	2,74	1,41	0,463
	36-50 years old	2,95	1,48	
	51 years and above	3,01	1,49	
Procedure Type	Tooth Extraction	2,98	1,50	0,937
	Implant	2,92	1,50	
	Bone Graft	2,73	1,40	
	Orthognathic	2,86	1,37	
	Periodontal Surgery	3,00	1,60	
Complication/Malpractice Status	Complication	2,74	1,43	0,000**
	Malpractice	3,58	1,40	

*p<0.05, **p<0.01, t: Independent Sample T Test (Gender and Comp./Malp.), F: One Way ANOVA (Age and Failure Type).

The comparison of severity grades among cases treated with surgical procedures based on gender, age, procedure type, and complications/malpractice occurrences was presented in Table 4.

There were no significant differences in the severity grades among cases based on gender, age, and procedure type ($p>0.05$). However, a significant difference was observed in the severity levels among cases based on the occurrence of complications/malpractice ($p<0.05$). The average severity grade for cases with complications was 2.74, while the average severity grade for cases with malpractice was 3.58.

The comparison of complications/malpractice occurrences in cases undergoing surgical procedures

based on gender, age, and procedure type was presented in Table 5.

There were no significant differences among cases in terms of complications/malpractice occurrences based on gender, age, and procedure type ($p>0.05$). Despite the lack of a statistical difference, it can be noted that particularly cases undergoing implant treatment had a higher incidence of malpractice occurrences compared to other types of procedures.

The comparison of complications/malpractice occurrences in cases undergoing orthodontic treatment based on gender, age, and procedure type was presented in Table 6.

Table 5. Comparison of Complications/Malpractice Incidence in Surgical Forensic Cases

Descriptive Features		Complication (n:252)		Malpractice (n:71)		p
		N	%	n	%	
Gender	Female	180	76,6	55	23,4	0,313
	Male	72	81,8	16	18,2	
Age	18-35 years old	60	76,9	18	23,1	0,778
	36-50 years old	104	80,0	26	20,0	
	51 years and above	88	76,5	27	23,5	
Type of failure	Tooth Extraction	90	76,3	28	23,7	0,129
	Implant	73	73,0	27	27,0	
	Bone Graft	25	96,2	1	3,8	
	Orthognathic	45	80,4	11	19,6	
	Periodontal Surgery	19	82,6	4	17,4	

*p<0.05, **p<0.01, χ^2 : Chi-square test (Categorical data)

Table 6. Comparison of Complications/Malpractice Incidence in Orthodontic Forensic Cases

Descriptive Features		Complication (n:71)		Malpractice (n:13)		p
		n	%	n	%	
Gender	Female	54	90,0	6	10,0	0,028*
	Male	17	70,8	7	29,2	
Age	18-35 years old	57	83,8	11	16,2	0,527
	36-50 years old	8	80,0	2	20,0	
	51 years and above	6	100,0	0	0,0	
Type of Failure	Aesthetic	38	84,4	7	15,6	0,002**
	Occlusion	28	96,6	1	3,4	
	Resorption	5	50,0	5	50,0	

*p<0.05, **p<0.01, χ^2 : Chi-square test (Categorical data)

Table 7. Comparison of Complications/Malpractice Incidence in Prosthetic Forensic Cases

Descriptive Features		Complication (n:99)		Malpractice (n:34)		p
		N	%	n	%	
Gender	Female	76	80,9	18	19,1	0,044*
	Male	23	59,0	16	41,0	
Age	18-35 years old	14	70,0	6	30,0	0,884
	36-50 years old	37	75,5	12	24,5	
	51 years and above	48	75,0	16	25,0	
Procedure Type	Aesthetic	36	73,5	13	26,5	0,002**
	Fracture	24	75,0	8	25,0	
	Occlusion	25	78,1	7	21,9	
	Poorly-Fitted	14	70,0	6	30,0	

*p<0.05, **p<0.01, χ^2 : Chi-square test (Categorical data).

There was no significant difference between complication/malpractice occurrences and the age of cases ($p>0.05$). However malpractice occurrences in female cases were higher compared to males, and malpractice occurrences in cases with the type of resorption were higher compared to aesthetic and occlusion cases ($p<0.05$).

The comparison of complications/malpractice occurrences in cases undergoing prosthetic procedures based on gender, age, and procedure type was presented in Table 7.

There was no significant difference in the complications/malpractice occurrences in cases

Table 8. Comparison of Complications/Malpractice Incidence in Endodontic Forensic Cases

Descriptive Features		Complication (n:43)		Malpractice (n:37)		p
		n	%	n	%	
Gender	Female	25	58,1	18	41,9	0,396
	Male	18	48,6	19	51,4	
Age	18-35 years old	16	48,5	17	51,5	0,731
	36-50 years old	19	57,6	14	42,4	
	51 years and above	8	57,1	6	42,9	
Procedure Type	File Fracture	26	83,9	5	16,1	0,000**
	Poorly Obturated Root Canal	15	44,1	19	55,9	
	NaOCl Injection	2	13,3	13	86,7	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, χ^2 : Chi-square test (Categorical data).

based on age ($p > 0.05$). Malpractice occurrence was higher in female and poorly fitting prostheses group ($p < 0.05$).

The comparison of complications/malpractice occurrences in cases undergoing endodontic procedures, based on gender, age, and procedure type was presented in Table 8.

There was no significant difference in complications/malpractice occurrences in cases based on gender and age ($p > 0.05$). The occurrence of malpractice in cases with NaOCl injection was higher compared to file fractures and poorly obturated root canals ($p < 0.05$).

DISCUSSION

In this study, dental procedures that were referred to the FMI 7th Specialization Board were retrospectively evaluated. The study examined the demographic characteristics of forensic cases, the practitioners involved, complications/malpractice decisions by the board, and the content and severity of cases were examined. There are limited studies on the prevalence, type, and severity of dental claims in Türkiye. Analyzing the content of forensic cases and the decisions made can provide practitioners with the necessary knowledge, enabling them to feel more secure in their procedures and ensuring patients receive better treatment by considering potential risk factors.

Rehabilitating oral health, especially in advanced and complex cases, requires meticulous planning, appropriate clinical skills, and high technical

standards. While an acceptable outcome is the target for any dental treatment, failure, injuries, and dissatisfaction may happen (14, 15). When any of these situations happen they could be considered malpractice, leading to medico-legal and ethical implications. Dentists, like other healthcare professionals, strive to restore their patients' health; however, despite their best efforts, various failures can occur after procedures. Recently, similar to other medical fields, dentistry has experienced a rise in the number of legal processes due to patients' expectations and adverse treatment outcomes. Numerous international data about the complaints against doctors in various countries around the world reflect the fact that regardless of significant progress in new technologies and science concerning therapeutic procedures and diagnostics, complaints are increasing, making it a significant concern in the field of medicine, not only in Türkiye but also worldwide (16-18). This problem is influenced by several factors including the overgrowth of medical graduates, the economic status of doctors encouraging them to try high-risk operations, and the involvement of insurance companies and lawyers. Additionally, the growing population and increased patient awareness about their rights might be other reasons for the rise in patient claims. The raising of complaints is a global issue, with changing levels of severity in different countries. For instance, in the US, 3-4% of all doctors received complaints in 1970, 20% and 25% in 1980 and 1990 respectively (19).

More than half of the 620 cases examined in the study were associated with surgical procedures. Failures

related to tooth extraction, implant applications, orthognathic surgery, bone graft applications, and periodontal surgical procedures are documented. Oral surgical procedures are inherently prone to complications, as many treatments are applied close to important anatomical structures. In the study, the most commonly encountered failures in the oral surgery group were related to tooth extractions, particularly complications such as jaw fractures, temporary/permanent paraesthesia in the tongue and/or lips, and displacement of the tooth into adjacent anatomical structures during the extraction.

Wafa Al Ammar et al. (20) found 32 claims against dentists in 1997. The majority of complaints were related to surgical procedures. In Washington, the occurrence of paraesthesia following surgical extraction of mandibular wisdom teeth was 25% of the claims in 1984. In another study, it was found that oral surgery claims were 18.8% in 1988 and increased to 31.8% in 1991 (21).

In recent years, the use of dental implant applications has significantly increased worldwide. The number of patients expecting implants has risen, leading not only specialist implantologists but also general practitioners to frequently initiate implant procedures. This trend has also brought about numerous failures after implant applications. Mellor et al. (22) declared that implants and oral surgeries are associated with more claims compared to other treatments.

Pogrel and Tamby and his colleagues (23) reported in their study of 163 patients that inferior alveolar or lingual nerve injuries were significantly more common in women than in men. The surgical procedures most frequently causing nerve damage were, in order, third molar extraction, implant surgery, and orthognathic surgery. Tay et al. (24) in their study of 59 patients, found that the most common etiology of trigeminal nerve injuries was lower third molar surgery (52.1%).

In the study, 252 cases of oral surgical complications were identified, with 71 cases evaluated as malpractice. Tooth extraction and implant cases were the most common issues in malpractice decisions. The board evaluates the appropriate management

of failures that occur alongside accurate indications and techniques, influencing malpractice decisions, and basing its judgment on these three parameters. Cases involving inadequate management of paraesthesia after tooth extraction and implant surgeries, measurement errors in implant treatment planning, and overlooking jaw fractures following the extraction of mandibular wisdom teeth were the most frequent malpractice decisions. While there was no significant difference in the severity levels of cases and treatments among the group undergoing oral surgery, the severity level in cases receiving malpractice decisions was significantly higher compared to cases receiving complication decisions. We believed that malpractice decisions were not solely based on severity but were influenced by an increase in severity, especially in cases where anatomical damage or failure was not appropriately managed due to faulty planning.

In our study, the rate of malpractice observed in the group undergoing orthodontic treatment was found to be significantly higher in women and in cases where resorption failure occurred in tooth roots, compared to groups where aesthetic and occlusal failures were observed. Resorption occurring in tooth roots as a result of incorrect orthodontic force application can lead to tooth loss, and this plays a role in categorizing failures as malpractice. The rate of malpractice observed in the group undergoing prosthetic rehabilitation was significantly higher in women and in the group where poorly-fitted prostheses were applied, compared to groups with aesthetic, fracture, and occlusal failures. Kiani et al (25) reported that the majority of patients' complaints were related to fixed prosthodontics (27.8%). Rene and Owall (26) showed that prosthodontics is involved in patient claims more frequently than other disciplines. Lopez-Nicolas et al. (27) stated that the highest incidence of patients' clinical complaint cases involved prosthetic cases (42.85%).

Prosthetic procedures are complex practices where doctors collaborate with technicians, usually involving high treatment costs and patient expectations. Poorly fitted prostheses can lead to life-threatening issues such as pre-cancerous or squamous cell carcinoma in soft tissue. Additionally, failure to address patient expectations and complaints related to poorly fitted

prostheses may give rise to the perception that the resulting failure has not been managed well enough, leading to more frequent malpractice decisions.

In the study, women sued more than men (69.7%), which is similar to the results of a study by René and Owall (26) and many other studies in the literature (27-30). This could be explained by the fact that women use dental services more than men; therefore, they face a greater risk of treatment failure.

In the group where endodontic treatment was applied, the highest malpractice rate was observed in the group where NaOCL injection was performed. NaOCL is an agent with high toxicity used in the irrigation of infected root canals. Its inadvertent application as a local anesthetic can have serious adverse effects on the patient, leading to necrosis in soft and/or bone tissue. The physician should always be very careful about this issue.

To categorize the impact of certain failures on treatment outcomes and patient well-being, according to level of severity, we proposed a six-grade classification. The highest incidence of the reported failures pertained to Grade II. In this group, there were various failures such as; implant failure, exposure of membrane, inappropriate occlusion or root resorption following orthodontic therapy, gingival recession, cracking of prosthetic restoration, migration of tooth/implant to neighbouring anatomical structures, opening wound area, fracture of file and poorly obturated root canals. Failures in implant applications, dissatisfaction resulting from prosthetic restorations, undesired tooth movements occurring during orthodontic treatment, the generally high costs of these treatments, and patients' high expectations could explain why this group has the highest incidence.

In the study, cases where death occurred were categorized as Grade VI, and there were 9 cases out of 620 (1.5%). 5 patients died due to a heart attack during the procedure; multiple organ failure was developed in 2 patients after the operation; 1 patient died from mucormycosis; and 1 patient died from brain hemorrhage. None of these cases resulted in a malpractice decision, and they were all considered complications. To minimize the risk of such adverse

events, patients need to consult with their doctors. Their systemic conditions, medications, and possible interactions of these medications should be carefully examined, and necessary consultations should be made. This is not only important for preventing potential complications but also a legal responsibility of the physicians. Ozdemir et al. (31) showed that complaints included treatment malpractices, malpractice in diagnosis, lack of consultation, not obtaining informed consent, and lack of follow-up.

56.6% of the cases examined consisted of patients who smoked 10 or more cigarettes a day. Smoking not only leads to atherosclerosis in the vascular structure, disrupting blood flow and nutrition, but also, as a result of the direct contact effect of cigarette smoke, particularly after oral procedures, it may lead to prolonged healing, infection of the wound or graft material, membrane exposure, and many other adverse effects, especially after surgical procedures. Moreover, smoking has been extensively associated with an effect on host response by reducing neutrophil and phagocytosis (32).

Zambon et al. (33) declared that the risk of subgingival infection in heavy smokers (≥ 10 per day) is 2.3 times more than in non-smokers. Smoking was also associated with early membrane exposure (5.4%), excessive pain (11.1%), flap dehiscence (8.0%) in GBR, and prolonged wound healing in guided tissue regeneration (7.6%).

The majority of the files examined in the study belong to physicians working in the private sector. Many claims were against private dental offices; the level of the higher socioeconomic level of patients and costs could be the reason for this; patients expect high-quality treatments from these offices and dentists.

Despite the inclusion of 620 claims, the present paper has some limitations. Since the patients' medical history data were not available in the case files, their systemic conditions could not be evaluated. In some cases, the treatment administered to the patients, which was the subject of the complaint, had been corrected or renewed by another physician. Therefore, the final condition could not be observed during the follow-up examination,

and decisions had to be made based on X-rays and photographs submitted to the board. Additionally, while measuring the degree of sensitivity and pain, no objective scale was used. Parameters such as an emergency visit to the office due to pain were used to assess different grades of pain.

CONCLUSION

When considering the limitations of this study, it is noted that the most common failures following dental procedures are surgical and prosthetic procedures. While many of the failures have been considered as complications, it should not be overlooked that in recent years, there has been an increase in malpractice cases due to the rising treatment expectations of patients and increased involvement of lawyers and insurance companies in the matter. Proper medical history taking, informed consent, conducting necessary consultations, having adequate technical knowledge related to the treatment to be applied, documenting medical records, and showing necessary care in following up on the resulting failures will reduce the likelihood of physicians facing legal proceedings.

I would like to thank Dr. Hizir Asliyukse and Dr. Caner Beskoc for their assistance in the collection and analysis of data in this study.

Ethics approval and consent to participate: *The study was approved by the Education and Scientific Research, Council of Forensic Medicine Ethics Committee (date and number 05.12.2022/21589509/2022/1057)*

Competing interests: *No competing interests are declared by the authors.*

Funding: *No funding was received from any source for the completion of this work*

REFERENCES

1. Yamalik N, Perea-Pérez B. Patient safety and dentistry: what do we need to know? Fundamentals of patient safety, the safety culture and implementation of patient safety measures in dental practice. *Int Dent J.* 2012;62:189–196. <https://doi.org/10.1111/j.1875-595X.2012.00119.x>
2. Tiwana KK, Morton T, Tiwana PS. Aspiration and ingestion in dental practice: a 10-year institutional review. *J Am Dent Assoc.* 2004;135:1287–1291. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2004.0404>
3. Thusu S, Panesar S, Bedi R. Patient safety in dentistry –state of play as revealed by a national database of errors. *Br Dent J.* 2012;213:E3. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2012.669>
4. Swanson AE. Removing the mandibular third molar: neurosensory deficits and consequent litigation. *J Can Dent Assoc.* 1989;55(5):383–386.
5. Sjostron O. No-fault-compensation, patient guarantee, peer review committees: the Swedish experience. *Int Dent J.* 1990;40:103–108.
6. Freire MO, Van Dyke TE. Natural resolution of inflammation. *Periodontol 2000.* 2013;63:149–164. <https://doi.org/10.1111/prd.12034>
7. Mei CC, Lee FY, Yeh HC. Assessment of pain perception following periodontal and implant surgeries. *J Clin Periodontol.* 2016;43:1151–1159. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12618>
8. Lodi G, Figini L, Sardella A, Carrassi A, Del Fabbro M, Furness S. Antibiotics to prevent complications following tooth extractions. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012;11:CD003811. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003811.pub2>
9. Scully C. *Medical problems in dentistry*, 6th ed. London: Churchill Livingstone; 2010.
10. National Institute for Health and Care Excellence. *Antimicrobial prophylaxis against infective endocarditis.* London: NICE; 2008.
11. North West Medicines Information Centre. *Surgical management of the primary care dental patient on antiplatelet medication.* Liverpool: North West Medicines Information Centre; 2009.
12. Griffiths M, Scully C. New anticoagulants. *Br Dent J.* 2012;213:96. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2012.674>
13. Kalantari F, Saeidimehr S, Rahim F. Medical specialties at high risk of litigation in Iran, 1991e2011: a systematic review of 24 studies. *J Med Sci.* 2012;12:248e55. <https://doi.org/10.3923/jms.2012.248.255>
14. Conrad DA, Whitney C, Milgrom P, O'Hara D, Ammons R, Fiset W, Vesneski W. Malpractice premiums in 1992: results of a national survey of dentists. *J Am Dent Assoc.* 1995;126:1045–1056. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1995.0283>
15. Keeling SD, Martin CS. The malpractice morass and practice activities of orthodontists. *Am J Orthodont Dentofacial Orthopedic.* 1990;97:229–239. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(05\)80056-3](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(05)80056-3)
16. Hapcook CP Sr. Dental malpractice claims: percentages and procedures. *J Am Dent Assoc.* 2006;137:1444–1445. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0059>
17. Clark N, Paquin N, Nevin J. Dental malpractice baseline data from insurance claims closed in 1970, with analyses. *Public Health Rep.* 1984;99:87–93.
18. Griangreggo E, Johnson B, Dwyer B. Emphasis: the liability issue protecting the profession. *J Am Dent Assoc.* 1986;112:607. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1986.0085>
19. Medical malpractice, from world of health; 2007. <http://www.bookrags.com/research/medical-malpractice-woh/> [Accessed: 09.07.07]
20. Al Ammar W, Guile E. A one-year survey of dental malpractice claims in Riyadh. *Saudi Dental J.* 2000;12:95–99.
21. The statistics on dental malpractice claims. *Am Dent Assoc;* 2007. http://www.ada.org/prof/resources/topics/riskmanagement_survey.pdf [Accessed: 09.07.07]

22. Mellor AC, Milgrom P. Prevalence of complaints by patients against general dental practitioners in greater Manchester. *Br Dent J.* 1995;178:249–253. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4808726>
23. Pogrel MA, Thamby S. The aetiology of altered sensation in the inferior alveolar, lingual, and mental nerves as a result of dental treatment. *J Calif Dent Assoc* 1999;27:531-538. <https://doi.org/10.1080/19424396.2016.12221149>
24. B. G. Tay, J. R. Zuniga: Clinical characteristics of trigeminal nerve injury referrals to a university centre. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2007;36:922–927. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2007.03.012>
25. Kiani, M.;Sheikhazadi, A. A five-year survey for dental malpractice claims in Tehran, Iran. *J. Forensic Leg. Med.* 2009, 16, 76-82. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2008.08.016>
26. Rene N, Owall B. Malpractice reports in prosthodontics in Sweden. *Swed Dent J.* 1991;15:205e17.
27. Lopez-Nicolas M, Falcón M, Perez-Carceles MD, Osuna E, Luna A. The role of a professional dental organization in the resolution of malpractice claims the Professional dentist college in the region of Murcia (Spain) . *Med Law.* 2011;30:55e63.
28. Poloson GJ, Gee NJ. *The essentials of forensic medicine*, 5th ed. Oxford: Pergamon Press; 1985. p. 105e15.
29. Robert D, Dripps Leroy D, Vandam James E, Eckenhoff F. *Introduction to anesthesia, the principles of safe practice*. 6th ed. Philadelphia and London: W. B. Saunders, Elsevier; 1982. p. 124e8 Chapter 6.
30. Abasi M. *Collection of medical law*. Tehran, Iran: Juridical Press; 1996.
31. Ozdemir MH, Saracoglu A, Ozdemir AU, Ergonen AT. Dental malpractice cases in Turkey during 1991e2000. *J Clin Forensic Med.* 2005;12:137e42. <https://doi.org/10.1016/j.jcfm.2005.01.003>
32. MacFarlane GD, Herzberg MC, Wolff LF, Hardie NA. Refractory periodontitis associated with abnormal polymorphonuclear leukocyte phagocytosis and cigarette smoking. *J Periodontol.* 1992;63:908–913. <https://doi.org/10.1902/jop.1992.63.11.908>
33. Zambon JJ, Grossi SG, Machtei EE, Ho AW, Dunford R, Genco RJ. Cigarette smoking increases the risk for subgingival infection with periodontal pathogens. *J Periodontol.* 1996;67(Suppl. 10S):1050–1054. <https://doi.org/10.1902/jop.1996.67.10s.1050>

El parmak arızalarının maluliyet hesabında bilirkişi yaklaşımlarının sonuca etkisi

The impact of expert approaches on the outcome of disability assessment for finger injuries

Ümran Taşçı Büyüksahan¹,
0009-0000-1528-0103

Mehmet Mesut Sönmez²
0000-0002-8646-2067

ÖZET

Amaç: Çalışmamızda maluliyet oranları hesaplanırken bilirkişiler arasında uygulama farklılıklarının olup olmadığı ve varsa sonuca etkisi vurgulanarak bu hesaplamaların standardize edilmesine katkı sağlamak amaçlandı.

Materyal ve Metod: Çalışmamızda 20.05.2019 ile 25.06.2021 tarihleri arasında Adli Tıp Üçüncü İhtisas Kurulunda aynı ortopedi uzmanı tarafından yapılan muayenelerde el parmak arızası tespit edilen 160 olgu incelendi. Bu vakalar için doğum tarihi, kaza tarihi, meslek grup numarası, ayrıntılı el muayenesi ve radyolojik inceleme bilgisini içeren formlar düzenlendi. Çalışmamıza gönüllülük esasına göre dâhil olan 3 adli tıp uzmanı aynı yönetmelikleri ve bu verileri kullanarak; birbirlerinden bağımsız olacak şekilde kendi sonuçlarını elde etti. Bu oranlar Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği ve Erişkinler İçin Engellilik Değerlendirmesi Hakkında Yönetmelik kullanılarak ayrı ayrı hesaplandı.

Bulgular: Yapılan Friedman analizi; hesaplanan meslekte kazanma gücü kaybı oranlarında uzmanlar arası istatistiksel anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. (Q= 65,55, p<0,001). Yine bu analiz hesaplanan engellilik oranlarında da uzmanlar arası istatistiksel anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. (Q=14,955, p<0,001). Böylece değerlendirmeyi yapan uzmanın hesaplanan maluliyet değeri üzerinde istatistiksel anlamlı farklılık yarattığı görülmüş oldu.

Sonuç: Çalışmamızda bulduğumuz farklılıkların sebebi basit matematiksel hatalar olabileceği gibi, formülasyondan kaynaklanan hatalar, takdir kullanımı, tüzüğün farklı yorumlanması ve muayene bulgularının farklı yorumlanması gösterilebilir. Matematiksel hatalar ve formülendirme aşamasında meydana gelebilen hesaplama hatalarının giderilmesi amacıyla yeni yazılımlar geliştirilebilir ve böylece farklılıkların bir kısmı ortadan kaldırılabılır. MKGKOTİY'nin A cetvelinde yer alan arıza listelerinin yeterince ayrıntılı olmaması nedeniyle takdir uygulanması gerekebilmektedir. Bu nedenle daha objektif bir değerlendirme yapılabilmesi için; arıza listeleri ile tanıların daha ayrıntılı ve yeterli hale getirilecek şekilde revize edilerek ankiloz gibi genel tabirler yerine EHA gibi motor fonksiyon kaybına dayalı bir liste oluşturulması ve yine de gerekli durumlarda takdir kullanılacak ise takdir kullanımının standardize edilmesi faydalı olacaktır. Yönetmeliklerin ve muayene bulgularının farklı yorumlanmasından kaynaklanan hataların önüne geçebilmek için bilirkişiler için hizmet içi eğitimler, seminerler ve bu konuda yapılacak çalışmaların sonuçları paylaşılarak ortak bir kanaat geliştirilmesine katkı sağlanacağı kanaatindeyiz.

Anahtar Kelimeler: *Bilirkişi, el parmak, engellilik, maluliyet, takdir kullanımı, üst ekstremité*

ABSTRACT

Objective: In our study, we aimed to highlight whether there are differences in the application of disability rates among experts and, if so, their impact on the outcome to contribute to the standardization of these calculations.

Material and Methods: In our study, 160 cases of finger injuries identified by the same orthopedic specialist during examinations conducted at The Council of Forensic Medicine 3rd Forensic Expertise Board between May 20, 2019, and June 25, 2021, were examined. For each case, we prepared forms that included the birth date, accident date, occupational group number, detailed hand examination, and radiological examination information. Three forensic medicine specialists who participated voluntarily in the study used the same regulations and data to determine their results independently. The disability rates for these cases were calculated separately using "Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği" and "Erişkinler İçin Engellilik Değerlendirmesi Hakkında Yönetmelik".

Results: The performed Friedman analysis indicated a statistically significant difference among the experts in the calculated loss of earning capacity rates (Q = 65.55, p < 0.001). Similarly, this analysis showed a statistically significant difference among the experts in the calculated disability rates (Q = 14.955, p < 0.001). Thus, it was observed that the expert conducting the assessment caused a statistically significant variation in the calculated disability value.

Conclusion: The differences observed in our study may be due to simple mathematical errors, formulation errors, discretionary decisions, interpretations of regulations, and interpretations of examination findings. Developing new software by aiming to stop the differences caused by mathematical errors and calculation mistakes during the formulation phase could help eliminate some differences. The insufficiency of the fault lists in Chart A of the MKGKOTİY may necessitate the use of discretion. Therefore, to enable a more objective assessment, it would be beneficial to revise the fault lists and diagnoses to make them more detailed and adequate, creating a list based on motor function loss, such as ROM, instead of general terms like ankylosis. If discretion is still necessary, standardizing its use would also be advantageous. We believe in-service training, seminars, and sharing of research results with experts could contribute to developing a common consensus to prevent errors arising from different interpretations of regulations and examination findings.

Keywords: *expert, Finger injury, disability, impairment, discretion, upper extremity*

Cite as: Taşçı Büyüksahan Ü, Sönmez MM. El parmak arızalarının maluliyet hesabında bilirkişi yaklaşımlarının sonuca etkisi. J For Med 2024;38(3):236–245

Received: 09.10.2024 • **Accepted:** 13.11.2024

Corresponding Author: Ümran Taşçı Büyüksahan, Adli Tıp, Adli Tıp Kurumu, İstanbul, Türkiye
E-mail: dr.umrantasci@gmail.com

¹Adli Tıp, Adli Tıp Kurumu, İstanbul, Türkiye

²Ortopedi ve Travmatoloji, Prof. Dr.Cemil Taşcıoğlu Şehir Hastanesi, İstanbul, Türkiye



Turkish Journal of Forensic Medicine is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

AMAÇ

Çeşitli sebeplerle kişilerde meydana gelen ve fonksiyon kaybına yol açan yaralanmaların yapılan her türlü tedaviye rağmen düzelmemesi ve sekel halinde kalması durumuna maluliyet, bunun birtakım cetveller kullanılarak hesaplanması ile ortaya çıkan orana maluliyet oranı denilmektedir (1). Ülkemizde maluliyet başlığı altında çalışma gücü ya da meslekte kazanma gücü kaybı oranı (MKGKO) ve engellilik kavramları beraber değerlendirilmektedir. Bunlar birbirinden farklı kavramlar olup farklı yönetmeliklerle hesaplanmaktadır. MKGKO ve engellilik hesaplamalarındaki temel fark; MKGKO hesaplanırken kişideki mevcut arıza, yaşı ve mesleği dikkate alınırken, engellilik hesaplamalarında sadece mevcut arıza değerlendirilmektedir. Ayrıca 65 yaş üstü kişiler için yaşlılığa bağlı ilave engel oranı verilmektedir. Bu farklılıklar nedeniyle aynı yaralanma için birbirinden çok farklı maluliyet oranları elde edilmektedir.

Çalışmamızda el parmak arızaları, MKGKOTİY (Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği) (2) ve EİEDHY (Erişkinler İçin Engellilik Değerlendirmesi Hakkında Yönetmelik) (3) hükümlerine göre değerlendirilerek bu yönetmeliklerin benzerlik ve farklılıkları yanı sıra; maluliyet oranları hesaplanırken bilirkişiler arasında uygulama farklılıklarının olup olmadığı ve varsa sonuca etkisi vurgulanarak bu hesaplamaların standardize edilmesine katkı sağlamak amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOD

Çalışmamızda Adli Tıp Üçüncü İhtisas Kurulu'nda (3.ATİK) aynı ortopedi uzmanı tarafından yapılan muayenelerde el parmak arızası tespit edilen 160 olgu incelendi. Bu vakalar için doğum tarihi, kaza tarihi, meslek grup numarası, kişinin yaşı, cinsiyeti, dominant eli, ek hastalık varlığı, mesleği, aynı ekstremitede ek yaralanma olup olmadığı, ayrıntılı eklem hareket açıklığı (EHA) ve varsa amputasyon seviyesini belirtir ayrıntılı el muayenesi ve radyolojik inceleme bilgisini içeren formlar düzenlendi. Bu hesaplamalar yapılırken el parmak arızaları dışındaki diğer yaralanmalar ve arızalar hesaplamalara dâhil edilmemiş olup sadece el parmak arızaları için maluliyet oranları hesaplanmıştır.

Çalışmamıza gönüllülük esasına göre dâhil olan 3 adli tıp uzmanı aynı yönetmelikleri ve bu verileri kullanarak; birbirlerinden bağımsız olacak şekilde kendi sonuçlarını elde etti. Bu üç uzman asistanlık eğitimini aynı kurumda farklı zamanlarda tamamlamış olup çalışma grubumuzun özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışma grubumuzun özellikleri

	Uzman 1	Uzman 2	Uzman 3
Uzmanlık süresi	10 yıl	1 yıl	8 yıl
Maluliyet ve Engellilik Hakkında Profesyonel Deneyim	8 yıl	1 yıldan az	8 yıl

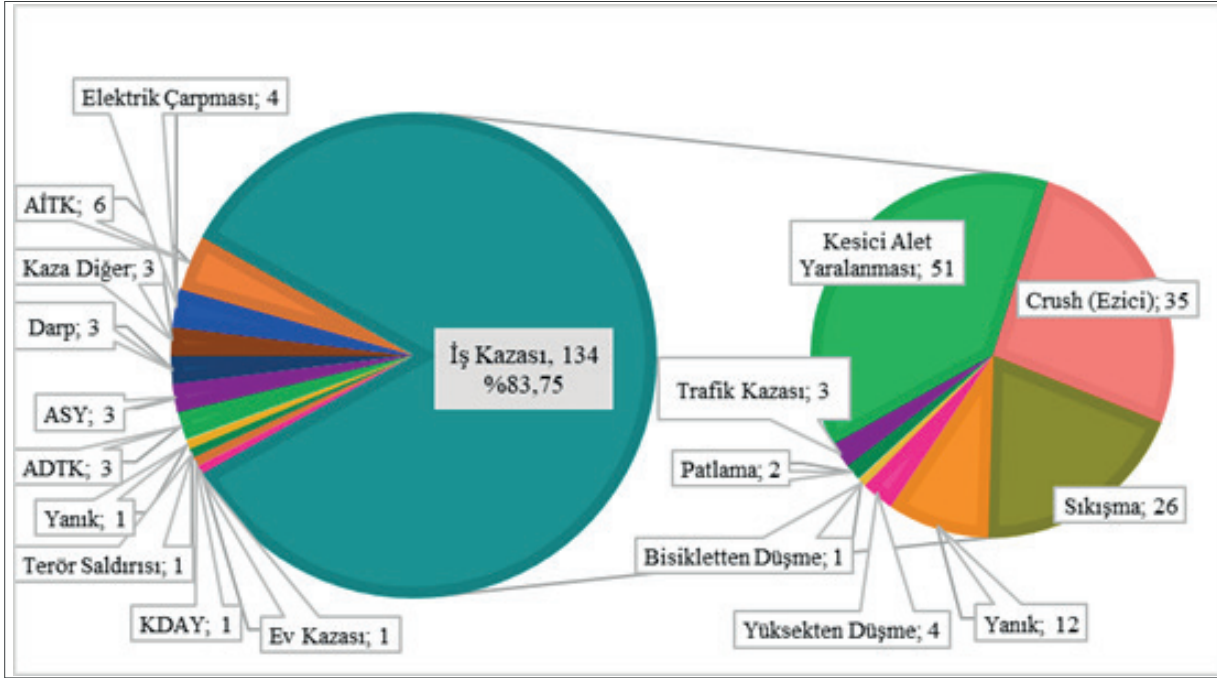
Çalışmamızda; her bir uzman birbirinden bağımsız olacak şekilde; MKGKO hesabında meslek grup numaraları 1 kabul edilerek ve D cetveline göre elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Engellilik oranı hesabında ise yaşa göre ilave engel oranı verilmeden tüm yaş gruplarında EİEDHY kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmamızda olguların cinsiyeti, yaşı, olay türü, el parmağında gelişen arıza çeşidi, takdir kullanımı, maluliyet ve engel oranları arasındaki ilişki incelenerek elde edilen bulgular şekiller ve tablolar kullanılarak sunulmuştur.

İstatiksel Analiz: Verilerin istatiksel analizinde ve grafiklendirilmesinde IBM SPSS Statistics (Versiyon 28.0.10.0), Microsoft Excel for Mac (Versiyon 16.56) ve Tableau Desktop Professional Edition kullanılmıştır. Betimleyici istatistikler; kategorik değişkenler için sayı ve yüzde olarak verilirken, sayısal değişkenler için aritmetik ortalama, standart sapma, maksimum, minimum ve median değerleri olarak verildi. Bağımlı grup analizleri, sayısal değişkenlerin farkları normal dağılıma uygun olmadığından Wilcoxon ve Friedman Analizleri kullanılarak yapıldı. İstatistiksel alfa anlamlılık seviyesi $p < 0,005$ olarak kabul edildi.

BULGULAR

Çalışmamızda incelenen 160 olgunun 21'i (%13,1) kadın, 139'u (%86,9) erkektir. Olguların olay tarihindeki yaşları 3- 74 arasında değişmekte olup, yaş ortalaması 32,7 olarak hesaplanmıştır.

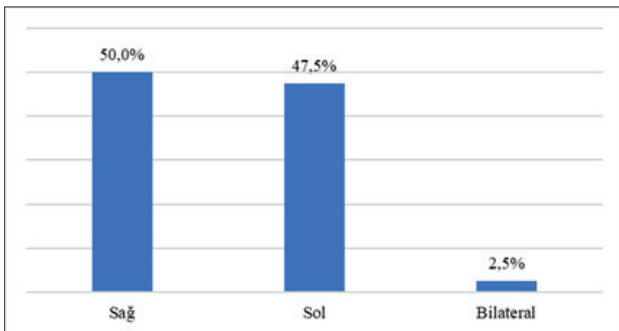
Olguların yaralanmaya neden olan olay türlerine göre dağılımı Şekil 1'de verilmektedir. 134 olgu (%83,8) ile iş kazası kaynaklı yaralanmalar ilk sırada



Şekil 1. Olguların yaralanmaya neden olan olay türlerine göre dağılımı

yer almaktadır. Araç içi trafik kazası (AİTK) 6 olgu (%3,8) ikinci ve elektrik çarpması 4 olgu (%2,5) ile üçüncü sıradadır. Diğer tür kazalar, darp, ateşli silah yaralanması (ASY), araç dışı trafik kazası (ADTK) türleri 3'er olgu (%1,9) ile dördüncü sırada yer almaktadırlar. Ev kazaları, kesici delici alet yaralanması (KDAY), terör saldırısı ve yanık türleri 1'er olgu ile son sırada bulunmaktadır.

Olguların yaralanan ekstremitelere göre dağılımı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Olguların yaralanma taraflarına göre dağılımı

Ayrıca 125 olguda (%78,1) el parmakları haricinde aynı ekstremitelerde ek yaralanma yokken, 35 olguda (%21,9) aynı ekstremitelerde ek yaralanma olduğu

gözlemlenmiştir. Olgularda görülen arıza çeşitleri Tablo 2'de verilmiştir. Parmak arızalarının her bir parmakta ayrı ayrı görülme sıklığı Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2. Olguların görülen arızaya göre dağılımı

Olguda Görülen Arıza	n	%
Parmak Ampütasyonu	19	12,42
Parmak Ampütasyonu ve Parmak EHK	31	19,25
Parmak EHK	110	68,32

Tablo 3. Parmak arızalarının görülme sıklığının incelenmesi

	Bahsi geçen parmağın yaralandığı toplam olgu sayısı	Sadece bahsi geçen parmağın yaralandığı olgu sayısı
1.parmak	51	12
2.parmak	117	12
3.parmak	114	5
4.parmak	120	44
5.parmak	100	5

Olguların 3. ATİK tarafından verilen sonuçlara göre yapılan değerlendirilmesinde 160 olgunun %91,9'unda (n=147) maluliyet oranı hesaplanırken takdir uygulanmamış olup, sadece %8,1'inde (n=13) takdir kullanılmıştır. Olgular ikinci uzmanın takdir

kullanımına göre değerlendirildiğinde; 160 olgunun %74,4'ünde (n=119) maluliyet oranı hesaplanması esnasında takdir uygulanmamışken, %25,6'sında (n=41) takdir kullanılmıştır.

Çalışmamızda 160 olgunun Grup1 kabul edilerek D cetveline göre hesaplanan MKGKO ve engellilik oranları her bir uzman için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Tüm uzmanlar MKGKOTY göre yaptıkları değerlendirmede 28 olguda aynı sonuca ulaşmıştır. Bu olguların 18'i dominant, 10'u nondominant el yaralanması olup, bilateral yaralanmalarda ortak sonuç elde edilmemiştir. Ortak sonuç elde edilen 28 olgu görülen arızaya göre değerlendirildiğinde 6 olguda amputasyon, 16 olguda ise eklem hareket kısıtlılığı (EHK) bulunmakta olup 6 olguda hem EHK hem amputasyon arızaları bulunmaktadır.

Tüm uzmanlar EİEDHY göre yaptıkları değerlendirmede 26 olguda ortak sonuca ulaşmış olup bunlardan 15'i dominant el, 11'i nondominant el olup, 3 olguda parmak amputasyonu, 21 olguda ise EHK ve 2 olguda hem parmak amputasyonu hem EHK olduğu görülmüştür.

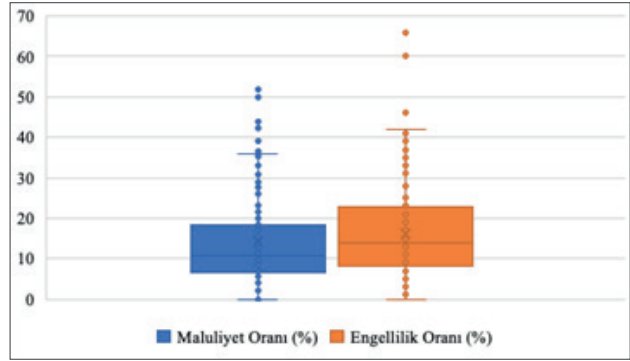
Birinci Uzmanın Yaptığı Hesaplamaların Değerlendirilmesi: Uzman 1 tarafından, olguların 100'ünde (%62,5) engellilik oranı daha yüksek, 53'ünde (%33,1) MKGKO daha yüksek bulunmuş olup; 7 olguda ise (%4,4) MKGKO ve engellilik oranları eşit bulunmuştur. Bu 7 olgunun; 1'inde hem MKGKO hem de engel oranının %0 olduğu, 6'sında ise bulunan oranda eşitlik olduğu görülmüştür. Ayrıca 3 olguda MKGKO %0 olup, bu olguların 2 tanesinde özür oranı sıfırdan farklı bir değerdir. Bu iki olgudan birinde 1. Parmakta, diğerinde 3. ve 4. parmakta EHK olduğu görülmüştür. Engel oranı %0 olup ve MKGKO %0 olmayan olgu yoktur (Tablo 4), (Şekil 3).

Yapılan Wilcoxon testine göre; Uzman 1'in hesapladığı maluliyet ve engellilik oranları arasında istatistiksel anlamlı farklılık vardır ($Z=-3,593$, $p<0,001$).

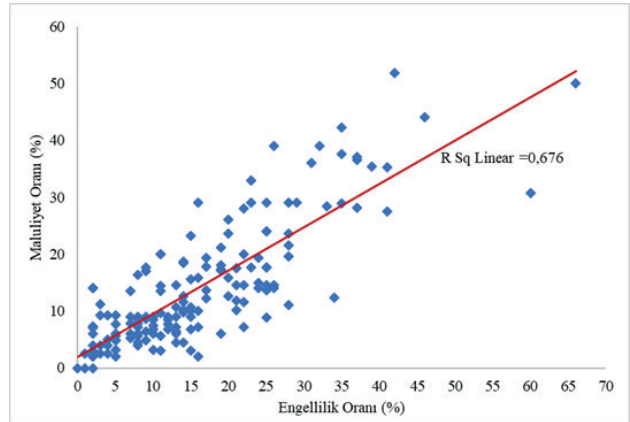
Uzman 1 tarafından tüm olgular için hesaplanan maluliyet oranları ile engellilik oranları arasında pozitif yönde çok iyi derecede anlamlı bir ilişki vardır ($r= 0,822$; $p<0,001$) (Şekil 4).

Tablo 4. Uzman 1 tarafından tüm olgulara verilen maluliyet ve engellilik oranı incelemesi

	Ortalama	SS	Min - Max	Median
Maluliyet Oranı (%)	14,158	10,619	0-55,8	10,71
Engellilik Oranı (%)	16,11	11,464	0-66	14



Şekil 3. Uzman 1'in tüm olgular için hesapladığı maluliyet ve engellilik oranlarının minimum, maksimum, %25-75 persentil ve median değerleri

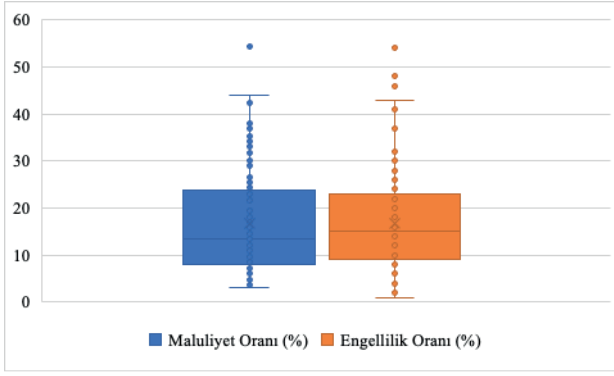


Şekil 4. Uzman 1 tarafından tüm olgulara verilen engellilik ve maluliyet oranlarının ilişkisi

İkinci Uzmanın Yaptığı Hesaplamaların Değerlendirilmesi: İkinci uzman tarafından olguların 82'inde (%51,2) engellilik oranı daha yüksek, 72 olguda (%45) ise MKGKO daha yüksek bulunmuştur. 6 olguda (%3,8) oranlar eşit bulunmuştur. Engel oranı %0 olup ve MKGKO farklı bir değer hesaplanan olgu olmadığı gibi MKGKO %0 olup ve engel oranı farklı bir değer hesaplanan olgu da yoktur (Tablo 5), (Şekil 5).

Tablo 5. Uzman 2 tarafından tüm olgulara verilen maluliyet ve engellilik oranı incelemesi

	Ortalama	SS	Min - Max	Median
Maluliyet Oranı (%)	16,737	10,711	3,2-54,4	13,6
Engellilik Oranı (%)	16,81	10,619	0-55,8	10,71



Şekil 5. Uzman 2'in tüm olgular için hesapladığı maluliyet ve engellilik oranlarının minimum, maksimum, %25-75 persentil ve median değerleri

Yapılan Wilcoxon testine göre; Uzman 2'in hesapladığı maluliyet ve engellilik oranları arasında istatistiksel anlamlı farklılık yoktur ($Z = -0,497, p = 0,619$).

Uzman 2 tarafından tüm olgular için hesaplanan maluliyet engellilik oranları arasında pozitif yönde çok iyi derecede anlamlı bir ilişki vardır ($r = 0,878, p < 0,001$). (Şekil 6).

Üçüncü Uzmanın Yaptığı Hesaplamaların Değerlendirilmesi: Üçüncü uzman tarafından, tüm olguların 72'sinde (%45) engellilik oranı daha yüksek, 79 olguda (%49,4) ise MKGKO daha yüksek bulunmuştur. 9 olguda (%5,6) MKGKO ve engellilik oranları eşit bulunmuştur. Aralarında eşitlik bulunan 9 olgunun; sadece 1'inin hem MKGKO hem de engel oranlarının %0 olduğu diğer 8 olguda ise hesaplanan oranda eşitlik oluşmuştur. Engel oranı %0 olup ve MKGKO farklı bir değer hesaplanan olgu olmadığı gibi MKGKO oranı %0 olup ve engelliği farklı bir değer hesaplanan olgu da yoktur (Tablo 6), (Şekil 7).

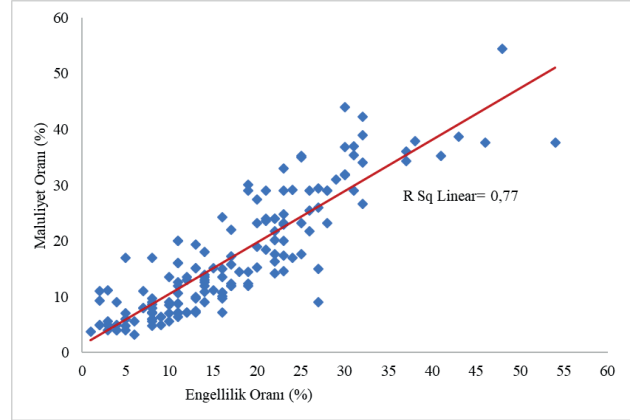
Yapılan Wilcoxon testine göre; Uzman 3'ün hesapladığı maluliyet ve engellilik oranları arasında istatistiksel anlamlı farklılık yoktur ($Z = -1,213, p = 0,225$).

Uzman 3 tarafından tüm olgular için hesaplanan maluliyet engellilik oranları arasında pozitif yönde çok iyi derecede anlamlı bir ilişki vardır ($r = 0,799, p < 0,001$) (Şekil 8).

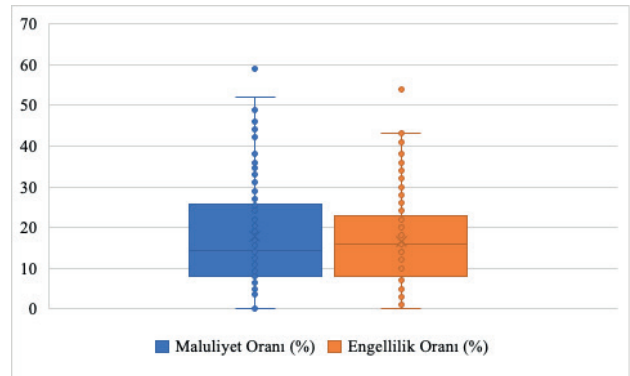
Uzmanlar Arası Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranlarının Karşılaştırması: MKGKO'ları üzerinde hesaplama yapan uzmandan uzmana farklılık olup olmadığının değerlendirilmesi için yapılan Friedman analizi sonucu; uzmandan

Tablo 6. Uzman 3 tarafından tüm olgulara verilen maluliyet ve engellilik oranı incelemeleri

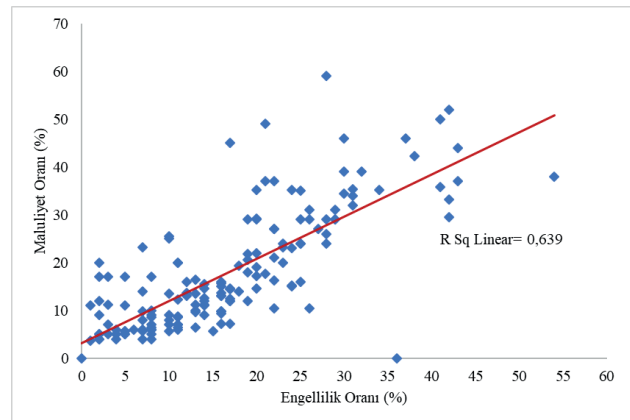
	Ortalama	SS	Min - Max	Median
Maluliyet Oranı (%)	18,046	12,33	0-59	14,47
Engellilik Oranı (%)	16,68	10,746	0-54	16



Şekil 6. Uzman 2 tarafından tüm olgulara verilen engellilik ve maluliyet oranlarının ilişkisi



Şekil 7. Uzman 3'in tüm olgular için hesapladığı maluliyet ve engellilik oranlarının minimum, maksimum, %25-75 persentil ve median değerleri

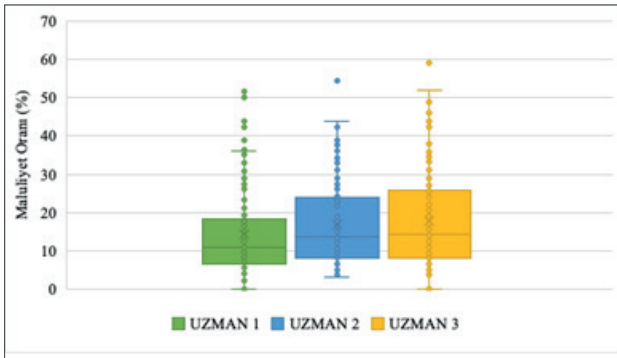


Şekil 8. Uzman 3 tarafından tüm olgulara verilen engellilik ve maluliyet oranlarının ilişkisi

uzmana istatistiksel anlamlı bir farklılık olduğu saptanmıştır ($Q=65,55$, $p<0,001$). Değerlendirmeyi yapan uzmana göre, hesaplanan maluliyet oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık ortaya çıktığı anlaşılmıştır (Tablo 7), (Şekil 9).

Tablo 7. Tüm olguların maluliyet oranının uzmanlara göre incelemesi

	Ortalama	Standard Sapma	Min-Max	Median	Ortalama Rank
Uzman 1	14,158	10,619	0-51,80	10,71	1,57
Uzman 2	16,737	10,711	3.2-54.4	23,905	2,12
Uzman 3	18,046	12,333	0-59	26,75	2,32



Şekil 9. Uzman1, Uzman 2 ve Uzman 3'ün tüm olgular için hesapladığı maluliyet oranlarının minimum, maksimum, %25-75 persentil ve median değerleri

Yapılan Post-hoc analizleri (Wilcoxon testi) sonucu; Uzman 1 ve Uzman 2'nin hesapladığı MKGKO arasında ($Z=-5,824$, $p<0,001$), Uzman 1 ve Uzman 3'ün hesapladığı MKGKO arasında ($Z=-6,660$, $p<0,001$), Uzman 2 ve Uzman 3'ün hesapladığı MKGKO arasında ($Z=-2,910$, $p=0,004$) anlamlı bir farklılık olduğu saptanmıştır.

Uzmanlar Arası Engellilik Oranlarının Karşılaştırması:

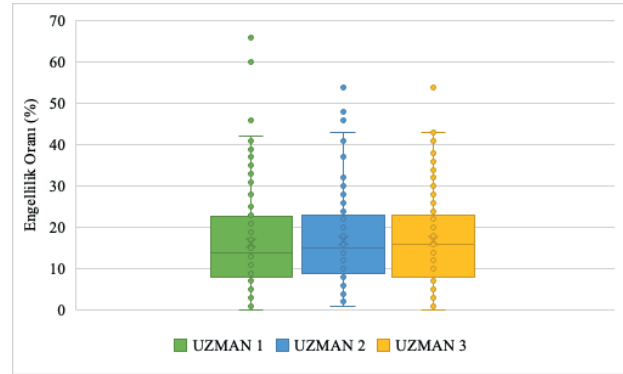
Tablo 8. Tüm olguların engellilik oranının uzmanlara göre incelemesi

	Ortalama	Standard Sapma	Min-Max	Median	Ortalama Rank
Uzman 1	16,11	11,464	0-66	14	1,79
Uzman 2	16,81	10,204	1-54	15	2,10
Uzman 3	16,68	10,746	0-54	16	2,12

Engellilik oranları üzerinde hesaplama yapan uzmandan uzmana farklılık olup olmadığının değerlendirilmesi için yapılan Friedman analizi sonucu; uzmandan uzmana istatistiksel anlamlı bir

farklılık olduğu saptanmıştır ($Q=14,955$, $p<0,001$). Değerlendirmeyi yapan uzmanına göre, hesaplanan engellilik oranları arasında istatistiksel anlamlı farklılık ortaya çıktığı anlaşılmıştır. (Tablo 8), (Şekil 10).

Yapılan Post-hoc analizleri (Wilcoxon testi) sonucu; Uzman 1 ve Uzman 2'nin hesapladığı engellilik oranları arasında ($Z=-1,824$, $p=0,068$), Uzman 1 ve Uzman 3'ün hesapladığı engellilik oranları arasında ($Z=-2,348$, $p=0,019$), Uzman 2 ve Uzman 3'ün hesapladığı engellilik oranları arasında ($Z=-0,035$, $p=0,972$) anlamlı bir farklılık olmadığı saptanmıştır.



Şekil 10. Uzman1, Uzman 2 ve Uzman 3'ün tüm olgular için hesapladığı engellilik oranlarının minimum, maksimum, %25-75 persentil ve median değerler

TARTIŞMA

Çalışmamızda 160 olgunun cinsiyetlere göre dağılımı literatür ile uyumlu bulunmuştur. Literatür tarandığında iş kazasının ağırlıklı olduğu çalışmalarda cinsiyet oranının %95,3-97,5 arasında erkeklerden, %2,9-4,7 arasında kadınlardan oluştuğu, trafik kazası yoğunlukta olan çalışmalarda ise bu oranın %59,6-74,3 arası erkeklerden, %25,7-40,4 arası kadınlardan oluştuğu görülmüştür (4-7). Hem çalışma hayatında hem de sosyal hayatta erkeklerin daha fazla bulunması nedeni ile kazalara erkeklerin daha fazla maruz kaldığı düşünülmüştür. Olguların olay tarihindeki yaş ortalaması 32,7 olarak hesaplanmış olup; ülkemizde gerek iş hayatında, gerek sosyal hayatta ve gerekse trafikte genç nüfusun daha aktif yer almasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Çalışmamızda olgular yaralanmaya neden olan olay türlerine göre incelendiğinde 134 olgu (%83,8) ile iş kazası kaynaklı yaralanmalar ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Bizim çalışmamızın aksine Ak'ın

çalışmasında (8) %37, Özbay'ın çalışmasında (9) %66,5, Umut ve Okudan'ın çalışmasında (10) %73,4 oranı ile trafik kazaları daha fazla bulunmuş olup belirgin bir fark olduğu görülmüştür. Çalışmamızda iş kazalarının daha fazla görülme sebebi olarak yapılan işlerin büyük çoğunluğunda el becerisi önemli olmasıyla birlikte elin tehlikeye en açık organ olmasından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca trafik kazası, düşme, ASY gibi tüm vücudu ilgilendiren yaralanmalarda MKGKO verilirken eğer daha ağır engele neden olan bir yaralanma varsa oranı yüksek olan dikkate alınır yaklaşımı nedeniyle el parmakları yerine, el bilek, dirsek, omuz vb. üst ekstremitelere arızasına bağlı oran verildiği, bu nedenle el parmak arızası görülme sıklığının diğer kazalarda daha düşük olabileceği düşünülmektedir. Çalışma serimizdeki olguların 125'inde (%78,1) el parmakları haricinde aynı ekstremitelerde ek yaralanma olmaması, sadece 35 olguda (%21,9) el parmakları harici ek yaralanma tespit edilmiş olması, bu görüşümüzü destekler niteliktedir.

Olguların %50'sinde (n= 80) sağ, %47,5'inde (n=76) sol, %2,5'inde (n=4) bilateral yaralanma olduğu tespit edilmiştir. Çalışma grubumuzun çoğunluğunu oluşturan iş kazası kaynaklı yaralanmalar olduğu göz önüne alınırsa sağ ve sol el için çok yakın değerler bulunmuş olması çalışma hayatında her iki elin yaralanma riskinin yakın olduğunu düşündürmektedir. Aynı şekilde çalışmamızda 160 vakanın 84'ü (%52,5) dominant, 72'si (%45) nondominant elde ve 4'ü (%2,5) bilateral yaralanma olup, bu verilere göre gerek iş yaşamında gerekse gündelik hayatta el becerisi gerektiren işlerde dominant taraf kadar nondominant tarafın da aktif rol aldığı ve yaralanma riskinin yakın olduğu görülmektedir. Her ne kadar dominant elin avantajlı olduğu meslekler olsa da birçok riskli iş grubunda her iki el için de benzer kaza riskleri olmakla birlikte, nondominant el yaralanmış dahi olsa bir sonraki olası kazada her iki elin yaralanma riskini arttırdığı düşünülmektedir. Aynı şekilde meslekle ilgili kazalara pek rastlanmayan işlerde çalışanlar için ise yeterli egzersizle dominant elin değiştirilip öğrenilebilir bir yetenek olması nedeniyle dominant nondominant ayrımının MKGKO hesaplamasından kaldırılması ve %20 oranında indirim uygulanmamasının daha adil olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışma grubumuzdaki 160 vakanın hangi parmak arazlarından oran verildiği incelendiğinde, 51 vaka da başparmak (1.parmak) arızasının olduğu, bunlardan 12 tanesinde sadece başparmak arızası olduğu, 117 vakada işaret parmak (2.parmak) arızasının olduğu, bunlardan 12 tanesinde sadece işaret parmak arızasının olduğu, 114 vakada orta parmak (3.parmak) arızası olduğu, bunlardan sadece 5 tanesinde sadece orta parmak arızası olduğu, 120 vakada yüzük parmak (4. Parmak) arızası olduğu, bunlardan 4 tanesinde sadece yüzük parmak yaralanması olduğu, 100 vakada serçe parmak (5. parmak) arızası olduğu, bunlardan 7 tanesinde sadece serçe parmak arızası olduğu görüldü. Her parmak için ayrı ayrı izole tek parmak arızası olması o parmağın total arızalı olması oranı hesaplanmış olup, başparmak için %23,5, işaret parmak için %10,3, orta parmak için %5,1, yüzük parmak için %3,3, serçe parmak için %7 oranları bulunmuş olup, en sık yalnız yaralanan parmağın başparmak olduğu, en çok diğer parmaklar ile birliktelik gösteren parmağın da yüzük parmağı olduğu bulunmuştur.

Çalışmamızda 3. ATİK tarafından verilen MKGKO sonuçlarına göre takdir kullanım durumu değerlendirildiğinde; sadece 13 (%8.1) olguda takdir kullanıldığı görülmüştür. Çalışmamıza dâhil olan 3 uzmandan sadece birisi takdir kullanım durumunu kaydetmiştir. Bu çalışmamız açısından bir eksiklik olarak değerlendirilmiş olsa da 3. ATİK ile Uzman 2'nin verilerinin karşılaştırılması açısından anlamlı bulunmuştur. Uzman 2; 160 olgudan 41 (%25.6) inde takdir kullanmıştır. Literatür tarandığında Gürbüz'ün çalışmasında (7) 201 olgunun %23,5'inde, Yıldırım'ın çalışmasında (11) olguların %8,9'unda, Eroğlu'nun çalışmasında (12) %64,9'unda, Budak'ın çalışmasında (13) %26,8'inde (n=40) takdir uygulandığı görülmüştür. Takdir uygulanmasının bu kadar geniş aralıkta olmasının sebebi takdir kullanımının kişiler, birimler, kurumlar ve üniversiteler arasında farklılıklar göstermesidir.

Çalışmamızda kullandığımız 160 olgu için MKGKO hesaplanırken uzmandan uzmana istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu, ayrıca üç uzmanın Uzman 1 ve Uzman 2, Uzman 1 ve Uzman 3, Uzman 2 ve Uzman 3 olacak şekilde ikişerli olarak karşılaştırılmasında da aralarında anlamlı farklılık olduğu saptanmıştır.

Çalışmamızda kullandığımız 160 olgu için engellilik oranı hesaplanırken uzmandan uzmana istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu, uzmanlar arasında yapılan ikişerli karşılaştırmalarda, Uzman 1 ve Uzman 2 arasında anlamlı farklılık olmadığı, Uzman 1 ve Uzman 3 arasında anlamlı bir farklılık olduğu, Uzman 2 ve Uzman 3 arasında anlamlı bir farklılık olmadığı saptanmıştır.

Çalışmamızda her iki cetvelin kullanımında kişiler arasında değerlendirme farklılıkları olduğu bulunmuş olsa da derinlemesine incelendiğinde engellilik cetvelinde bulunan değerler birbirine daha yakın olup kişiler arasındaki kullanım farklılıkları minimumdadır.

Maluliyet cetveli kullanımında ise farkın daha açık olmasının birçok sebebi vardır. Bunlardan en dikkat çeken maluliyet hesaplamasında EHA kaybı ve kas gücü kaybının A cetvelinde (arıza listesinde) bir karşılığının olmamasıdır. El parmak arızaları için eğer ampütasyon mevcut ise seviyesine göre bir değer bulunmakta fakat eklem hareket kısıtlılığı için hesaplama o eklemdeki sertlik ve ankiloz değerleri üzerinden orantılanarak yapılmaktadır. Ve bu noktada çok fazla kişiler arası yaklaşım farklılığı, takdir kullanımına bağlı değer farklılıkları ortaya çıkmaktadır.

Engellilik cetvelinde ise her eklem için ayrı ayrı 10'ar derecelik eklem hareket açıklığına göre ve eklem ankilozlarına karşılık gelen değerler bulunmakta olup kişiler arası yaklaşım farklılığının büyük ölçüde önüne geçilmiştir.

ATK'da yapılan bir çalışmada (14); birimler arasında MKGKO hesabı açısından en uyumlu arıza listesinin 9. Liste olarak belirlendiği bildirilmiştir.

Adli Tıp Kurumunda yapılan başka bir çalışmada (15), Adli Tıp Genel Kurulu (ATGK) ile 3. ATİK'nda yalnızca tek listeden maluliyet oran hesabı yapılmış olgular arasında en yüksek uyumun 9. Listede (El parmakları arızaları) olduğu, buna karşılık ATGK ile diğer kurum kararları arasında en düşük uyumun 9. Listede (El parmakları arızaları) olduğu bildirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada tek listeden maluliyet oran hesabı yapılan olgularda, 3. ATİK ile diğer kurum kararları arasında en düşük uyumun ise sırasıyla 1. 2. ve 9. Listeler arasında olduğu bildirilmiştir.

Aynı çalışmada, değerlendirmelerin aynı kişi ya da aynı ekip tarafından yapılması halinde tutarlılığın çok yüksek olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada ise, MKGKOTC'ne göre 3 uzmanın belirlediği maluliyet oranlarında uzmandan uzmana istatistiksel anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur. Bu doğrultuda daha kapsamlı bir çalışmalar yapılması, aynı olguların çalışmaya katılan uzmanlara defaatle verilerek oran hesabı yapmalarının istenmesi ve böylece aynı kişinin farklı zamanlarda aynı olguya yaklaşımında farklılıklar ve benzerlikler olup olmadığının tartışılması yararlı olacaktır.

Literatürde, Türkiye'de MKGKO değerlendirilmesindeki farklılıkların nedeni olarak; tüzük ve yönetmeliklerdeki yoruma açık eksiklikler, tüzüğün yanlış kullanılması ya da farklı değerlendirilmesi (14,16-19), tüzüğün takdir kullanılmasına imkân veren yapısı (16,18), muayene ve değerlendirme farklılıkları (8,14,16,20) gösterilmiştir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde 3 uzman arasında elde edilen farklı sonuçların, basit matematiksel hatalardan kaynaklanabileceği gibi, formülasyondan kaynaklanan hatalar, takdir kullanımı, tüzüğün farklı yorumlanması ve muayene bulgularının farklı yorumlanmasından da kaynaklanabileceği söylenebilir.

SONUÇ

Klinik adli tıp uygulamalarında maluliyet ve engellilik değerlendirmesinde kişilerin muayenelerinin yapılması ve elde edilen bulguların değerlendirilmesi gerekir. Bu değerlendirmelerin standart ölçülerde yapılabilmesi için rehber ve yönetmelikler kullanılmaktadır. Kişide bulunan arızanın yönetmelikte tam karşılığının bulunmadığı durumlarda takdir yetkisi kullanılır ancak takdir kullanımının nasıl olması gerektiği yönetmelikte belirtilmemiştir. Adli tıp uzmanlarının hemen hemen tamamı takdir hakkını kullanmaktadır. Kurumlar kendi içlerinde takdir kullanımına yönelik standartlar belirlemiş olsalar da; diğer kurumlar ile ortak bir yaklaşım bulunmamaktadır. Bu belirsizlik ise raporlar arasındaki çelişiklere, itirazlara, mahkeme sürelerinin uzamasına ve hak kayıplarına neden olmaktadır.

Çalışmamızda özellikle eklem hareket kısıtlılıkları ve ampütasyonlar değerlendirilmiş olup sonuçlarımız dikkate alındığında daha objektif bir değerlendirme yapılabilmesi için; Meslekte Kazanma Gücü Kayıp Oranı Tespit Cetvelinin arıza listeleri ile tanılarının daha ayrıntılı ve yeterli hale getirilecek şekilde revize edilerek ankiloz gibi genel tabirler yerine EHA gibi motor fonksiyon kaybına dayalı bir liste oluşturulması ve yine de gerekli durumlarda takdir kullanılacak ise takdir kullanımının standardize edilmesi faydalı olacaktır.

Muayene edilecek olgularda adli dosyanın muayene öncesinde mutlaka ayrıntılı ön incelemeden geçirilmesi ve muayene sonucunda elde edilen bulgular ve dosyadan elde edilen bilgiler ile maluliyet oranının tayini için gerekli olan formülün oluşturulması ve kararın mümkünse bu aşamada alınması önerilmektedir.

Formüllendirme aşamasında hesaplama hatalarının giderilmesi amacıyla yeni yazılımlar geliştirilmeli böylece rapor düzenleyenden kaynaklanabilecek matematiksel hataların önüne geçilmesi ile raporlar arasındaki farklılıklar ortadan kaldırılmalıdır.

Sonuç olarak çalışmamızda el parmak arızaları değerlendirilmiş olup, diğer vücut bölgelerinde oluşan arızalara yönelik benzer çalışmalar da yapılarak cetveller arasındaki benzerlik ya da farklılıkların ortaya konulması, uygulamada yaşanan güçlüklerin değerlendirilmesi ile güncel, bilimsel, objektif, herkes tarafından uygulanabilen ortak bir cetvel oluşturmak uygun olacaktır.

Etik Kurul Onayı: Çalışma Adli Tıp Kurumu Başkanlığı Etik Kurulu 04.10.2021/2021/1190 sayılı karar ile izin almıştır.

Finans: Bu çalışma için hiç bir kurum veya kuruluştan finansal destek alınmamıştır.

Çıkar çatışması: Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Hilal A, Akgündüz E, Kaya K, Yılmaz K, Çekin N. Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı'na gelen maluliyet raporlarının retrospektif olarak değerlendirilmesi. Bull Med. 2017;22(3):189-193. <https://doi.org/10.17986/blm.2017332032>
- Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği. T. C. Resmi Gazete. 2008; 27021. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/10/20081011-10.htm>
- Erişkinler İçin Engellilik Değerlendirilmesi Hakkında Yönetmelik. T. C. Resmi Gazete. 2019; 30692. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/02/20190220-2.htm>
- Birgen N, Okudan M, İnanç M, Oktay M. İş kazasına bağlı olgularda maluliyet oranı hesaplanması adli tıp açısından değerlendirilmesi. Bull Med. 1999;4(3):101-108. <https://doi.org/10.17986/blm.199943374>
- Cantürk G, Eşiyok B, Yaşar H, Doğan B, Hancı H. Evaluation of occupational injury cases in the department of forensic medicine, Ankara University Medical Faculty between 1993-2003. Erciyes Med J. 2006;28.
- Kaya A, Meral O, Erdoğan N, Aktaş E. Maluliyet raporlarının düzenlenmesi anabilim dalımıza başvuran olgu özellikleriyle. Bull Med. 2015;20(3):144-151. <https://doi.org/10.17986/blm.2015314259>
- Gürbüz V. 2013-2016 Yılları Arasında Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Adli Anabilim Dalı Tarafından Düzenlenen Maluliyet Raporlarının Değerlendirilmesi, Ülkemizdeki ve Dünya Çapındaki Kıyaslamaları. Konya: Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi; 2017.
- Ak H. Duyulardan veya Organlardan Birinin İşlevinin Sürekli Zayıflaması ya da Yitirilmesi Yönünden Değerlendirilen Üst Ekstremitelerde Ortopedik Arazlarının Maluliyet ve Özürlülük Açısından İrdelenmesi. Uzmanlık Tezi. İstanbul: Adli Tıp Kurumu; 2012.
- Özbay M. İş Kazalarında Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespitinde Ülkemiz ile Diğer Ülkelerde Kullanılan Biremlerin Karşılaştırılması. Uzmanlık Tezi. İstanbul: Adli Tıp Kurumu; 2004.
- Umut S, Okudan M. Features of disability cases in forensic medicine. 7th National Days of Forensic Medicine Congress Book; 1993. p. 47-50.
- Yıldırım S. Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı İçin Gönderilen Olguların Değerlendirilmesi ve Engellilik Listesi İle Karşılaştırılması. Uzmanlık tezi. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi; 2017.
- Eroğlu İ. 2015-2016 Yılları Arasında Adli Tıp Anabilim Dalında "Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği Cetvelleri" Kullanılarak Düzenlenmiş "İş Gücü Kaybı (Maluliyet) " Konulu Rapor Sonuçlarının "Özürlülük Ölçütü, Sın. Uzmanlık Tezi. Isparta: Adli Tıp Kurumu; 2017.
- Budak EM. Kalça Eklemi ve Çevresini İlgilendiren Travmatik Kırıklarda Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliği ile Erişkinler İçin Engellilik Değerlendirmesi Hakkında Yönetmeliğin Karşılaştırılması. Uzmanlık Tezi. İstanbul: Adli Tıp Kurumu; 2021.
- Akgül M. İş Kazalarında Maluliyet Tayininde Ortaya Çıkan Bilirkişi Değerlendirme Farklılıklarının Araştırılması. Uzmanlık Tezi. İstanbul: Adli Tıp Kurumu; 2015.
- Garbioğlu A. Adli Tıp Genel Kurulunda Karara Bağlanan Maluliyet Dosyalarında Tespit Edilen Çelişki ve Yaklaşım Farklılıklarının Değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi. İstanbul: Adli Tıp Kurumu; 2018.
- Gitmiş G. Adli Tıp Genel Kurulu ve 3. Adli Tıp İhtisas Kurulundan Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Hakkında Görüş İstenilen Olguların Değerlendirilmesi. Uzmanlık tezi. İstanbul: Adli Tıp Kurumu; 2015.
- Reyhan U. Çalışma Gücü Kaybı Oranı Hakkında Karar Verilen Olguların Kurumlar Arası Karşılaştırılması. Uzmanlık tezi. İstanbul: Adli Tıp Kurumu; 2015.

18. Seyhan ÖF. Kafa Travması Vakalarında Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Hakkında Verilen Kararların Kurumlar Arası Karşılaştırılması. Uzmanlık Tezi. İstanbul: Adli Tıp Kurumu; 2015.
19. Kadı MR, Kadı G, Balcı Y, Göçeoğlu ÜÜ. Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranları ile Takdir Oranlarının Değerlendirilmesi: Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı Olguları. Adli Tıp Bülteni. 2018;23(2):77-88. <https://doi.org/10.17986/blm.2018136937>
20. Çeltek M. Mesleki Kusur Değerlendirilmesi Yapılan Olgularda Meslekte Kazanma Gücü Kaybı ve Geçici İş Göremezlik (İyileşme) Sürelerinin Değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi. İstanbul: Adli tıp Kurumu; 2017.

Akıl hastalığı veya akıl zayıflığı nedeniyle boşanma: Adli psikiyatrik açıdan inceleme

Marriage annulment due to psychiatric disorders: An analysis under Turkish civil law

 İlker Taşdemir¹,
0000-0003-2968-3899

 Muhammed Emin Boylu¹
0000-0001-8832-2650

ÖZET

Amaç: Boşanma davalarında akıl hastalığı veya akıl zayıflığı iddialarının incelendiği çok az sayıda çalışma mevcuttur. Çalışmamızda, boşanma sürecinde akıl hastalığı veya akıl zayıflığı olduğu iddiası ile kurumumuzca değerlendirme istenen vakaların hukuki ve psikiyatrik yönlerini incelemeyi amaçladık.

Yöntem: 2018-2023 yılları arasında mahkemeler tarafından Adli Tıp Kurumu Gözlem İhtisas Dairesine yönlendirilen, Türk Medeni Kanunu'nun (TMK) 145. ve 165. maddesi kapsamında değerlendirme istenen bireylerin kayıtları retrospektif olarak incelenmiştir.

Bulgular: Çalışmamızda TMK 165. madde kapsamında evliliği çekilmez hale getirecek bir psikiyatrik bozukluk olduğuna karar verilen 21 (%61,8), böyle bir rahatsızlık olmadığına karar verilen 13 (%38,2) olmak üzere toplamda 34 vaka mevcuttur. Evliliği çekilmez hale getirdiği kararı verilenlerde en sık tanı şizofreni spektrum bozukluklarıdır, zihinsel yetersizlikler ise ikinci sıklıktaki tanıdır. Dava dilekçelerinde belirtilen en sık sebepler evlilikte sorumluluklarını yerine getirememeye, psikiyatrik bozukluk belirtileri, şiddet uygulamadır. TMK 145. madde kapsamında butlan kararı verilenlerin oranı %41,2'dir.

Sonuç: Elde edilen bulgular, özellikle şizofreni spektrum bozuklukları gibi ciddi akıl hastalıklarının evlilikte ciddi sorunlar yaratabileceği ve karşı taraf için evliliği çekilmez hale getirebileceğini ve boşanma süreçlerini hızlandırabileceğini göstermektedir. Ciddi bir akıl hastalığı veya akıl zayıflığı olan bireylerin evliliklerinde sorumluluklarını yerine getirmekte zorlanabildikleri, psikiyatrik belirtiler nedeniyle sorunlar yaşayabildikleri, şiddet uygulayabildikleri ve bu durumun boşanma kararlarına zemin hazırladığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: TMK 165, TMK 145, şizofreni, zihinsel yetersizlik

ABSTRACT

Objective: There is a limited body of research examining divorce cases in which mental illness or mental weakness is the basis for divorce. This study aimed to examine the legal and psychiatric aspects of cases in which our institution was requested to evaluate cases with the claim of mental illness or mental weakness during the divorce process.

Method: The records of individuals referred to the Psychiatric Observation Department of the Forensic Medicine Institute by the courts between 2018 and 2023 and evaluated under the scope of Articles 145 and 165 of the Turkish Civil Code (TCC) were retrospectively analyzed.

Results: A total of 34 cases were included in our study. Among these, 21 cases (61.8%) involved individuals with a psychiatric disorder that made the marriage intolerable, as defined by Article 165 of the TCC. The most common diagnosis in these cases was schizophrenia spectrum disorders, followed by intellectual disabilities. The petitions cited reasons such as an inability to fulfill marital obligations, the presence of psychiatric symptoms, and incidents of violence. Additionally, 41.2% of the cases resulted in nullity decisions under Article 145 of the TCC.

Conclusion: The findings indicate that individuals diagnosed with serious mental disorders, such as schizophrenia spectrum disorders, may experience significant challenges in maintaining a stable and fulfilling marriage. These challenges may lead to a deterioration in the marriage and an accelerated rate of divorce. It was established that individuals with a serious mental illness or mental weakness may encounter challenges in fulfilling their marital responsibilities, may experience difficulties due to psychiatric symptoms, may engage in violence, and that this may ultimately result in a decision to divorce.

Keywords: Butlan, Schizophrenia, Divorce, marital problems, intellectual disability, Türkiye

Cite as: Taşdemir İ, Boylu ME. Akıl hastalığı veya akıl zayıflığı nedeniyle boşanma: Adli psikiyatrik açıdan inceleme. J For Med 2024;38(3):246-254

Received: 30.09.2024 • **Accepted:** 12.10.2024

Corresponding Author: Psychiatrik İlker Taşdemir, Institution Adli Tıp Kurumu Başkanlığı, İstanbul/Türkiye

E-mail: tasdemirilker@yahoo.com

¹Adli Tıp Kurumu Başkanlığı, İstanbul/Türkiye



Turkish Journal of Forensic Medicine is licensed
under a Creative Commons Attribution 4.0
International License.

GİRİŞ

Evlilik, yalnızca iki bireyin birlikte yaşama kararından ibaret olmayan, aynı zamanda hukuki, duygusal, sosyal ve ekonomik bir birlikliği ifade eden bir kurumdur. Evliliğin sürdürülebilirliği, eşler arasındaki sevgi, saygı, uyum, bağlılık gibi temel duyguların yanı sıra, görev ve sorumlulukların yerine getirilmesi, iletişim becerileri, problem çözme yetileri ve tarafların birbirlerine karşı yükümlülüklerini yerine getirme konusundaki durumlarına da bağlıdır. Bu dengeyi bozan bazı durumlar, evlilik birliğini sonlanmasına neden olabilmektedir. Türk Medeni Kanunu'na (TMK) göre zina, hayata kast, kötü veya onur kırıcı davranış, suç işleme ve haysiyetsiz hayat sürme, terk, akıl hastalığı gibi çeşitli sebeplerle boşanmaya karar verilebilmektedir (1). Bu durumlar arasında akıl hastalığı veya akıl zayıflığı önemli bir yer tutar ve evlilik üzerinde derin ve yıkıcı etkiler bırakabilir.

Türk Medeni Kanunu'nun 165. maddesi, "eşlerden biri akıl hastası olup da bu yüzden ortak hayat diğer eş için çekilmez hale gelirse, hastalığın geçmesine olanak bulunmadığı resmî sağlık kurulu raporuyla tespit edilmek koşuluyla bu eş boşanma davası açabilir" ifadesiyle, bu durumu hukuki olarak düzenlemektedir (2). Bu tür bir boşanma talebinin kabul edilebilmesi için, akıl hastalığının iyileşmesinin mümkün olmadığına resmî sağlık kurulu raporuyla belirlenmesi gerekmektedir. Bu düzenleme, evlilik kurumunu koruma amacını güderken, aynı zamanda akıl hastalığı olan bireyin haklarını da gözetir.

Türk Medeni Kanunu'nun 145. maddesi 2. fıkrasında eşlerden birinin evlenme sırasında sürekli bir sebeple ayırt etme gücünden yoksun bulunması durumunda, 3. fıkrasında ise eşlerden birinde evlenmeye engel olacak derecede akıl hastalığı bulunması durumunda evlenmenin mutlak butlanla batıl olacağına hükmedilmiştir (2). Bu hüküm, evliliğin temelden geçersiz sayılmasına yol açabilecek durumları önceden belirlemeyi amaçlar. Ayrıca, TMK 133. maddesine göre akıl hastalığı bulunan kişiler, evlenmelerine engel bir akıl hastalığı olmadığı şeklindeki bir sağlık kurulu raporuyla evlenebilirler (2).

Aklık hastalıkları ve akıl zayıflığı evliliğin başlaması ve sürdürülmesi konusunda çeşitli hukuki ve ilişkisel sorunlara neden olabilmektedir. TMK'ye göre kişilerin

evlenme sırasında ayırt etme gücüne sahip olmaları gerekmektedir. Evlendiği sırada fiili ehliyetini ortadan kaldıracak derecede bir akıl hastalığı veya akıl zayıflığı olan kişilerin evlilikleri geçerli olmayacaktır (1, 3). Evlendikten sonra ise akıl hastalığının veya akıl zayıflığının mahiyeti ve şiddetine göre ilişkide çeşitli sorunlar yaşanabilmektedir. Örneğin şizofreni hastaları negatif veya bilişsel belirtiler nedeniyle veya entelektüel yetersizliği bulunan kişiler evlilikteki görev ve sorumluluklarını, özbakım becerilerini yerine getirmekte ve çocuklara bakım verme konusunda zorluklar yaşayabilirler (4, 5). Hezeyan veya halüsinasyonlar ise karşı tarafa sürekli ithamlara, sıkça dava açmalara, çocukları için DNA testi istemlerine, şiddet uygulamaya, davranış problemlerine neden olarak evlilik ilişkisinde çok ciddi sorunlara neden olabilir. Çok sayıda çalışma, şizofreni spektrumu ve diğer psikotik bozukluklar, entelektüel yetersizlik ve bipolar bozukluk gibi psikiyatrik bozuklukların varlığında boşanma oranının arttığını göstermiştir (6, 7). Finlandiya'da yapılan bir çalışmada psikiyatrik morbiditenin boşanma oranlarını yaklaşık 2 kat artırdığı, bu oranın erkeklerde daha fazla olduğu bulunmuştur (8). Akıl hastalığının türü ve şiddeti, tedavi uyumu, içgörü gibi faktörlerin değerlendirmesi bu süreçte önemli olmaktadır. Adli Tıp Kurumu 4. İhtisas Dairesine başvuran, Bipolar Bozukluk tanısı olan kişilerin evliliği çekilmez hale getirip getirmediğinin incelendiği bir çalışmada başvuruların çoğuna (%89) evliliği çekilmez hale getirecek şiddette bir akıl hastalığı olmadığı kararı verildiği belirtilmiştir. Bu çalışmada evliliği çekilmez hale getirdiği düşünülen vakaların hastane yatış sıklıklarının ve suç öykülerinin anlamlı derecede daha fazla olduğu tespit edilmiştir (9).

Aklık hastalıkları veya akıl zayıflıkları nedeniyle boşanma davalarında rapor talep edilen uzman ekip dikkatli ve objektif çalışmalı, hastalığın türü ve süresi, tedaviye uyum, tedavi yanıtı, tedaviyle düzeliş düzelmemesi, hastaneye yatış sıklığı ve sayısı, evlilikte sorumlulukları yerine getirebilme, sosyal işlevsellik gibi birçok bileşeni değerlendirmelidir (10). Bu tür değerlendirmeler evlilikte her iki tarafın haklarının korunması ve evlilik kurumunun sağlıklı işleyişi açısından büyük önem taşımaktadır.

Ülkemizde bu konuda yapılan çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu makalede, Türkiye'de akıl hastalığı veya akıl zayıflığı iddiası ile kurumumuza

başvuran vakaların, başvuru sebepleri, hukuki süreçleri, sosyodemografik özellikleri, psikiyatrik tanıları incelenecektir. Çalışmamızla bu konudaki bilgileri artırmayı ve bu süreçte klinisyenlere yardımcı olabilmeyi amaçladık.

GEREÇ VE YÖNTEM

Örnekleme

Çalışmanın örnekleme, TMK'nın 165. Maddesine göre evliliği çekilmez hale getirecek bir akıl hastalığı veya akıl zayıflığı olup olmadığı ve TMK 145. Maddesine göre evlenmeye engel teşkil edecek bir akıl hastalığı veya akıl zayıflığı bulunup bulunmadığının değerlendirilmesi için 2018-2022 yılları arasında Adli Tıp Kurumu Gözlem İhtisas Dairesine yönlendirilen 18-65 yaş arası erkek ve kadınlardan oluşmaktadır. Adli Tıp Kurumu Gözlem İhtisas Dairesine başvuran vakaların büyük çoğunluğunu mahkemeler tarafından yönlendirilen ceza sorumluluğu değerlendirmeleri oluşturmaktadır (11). Vasi tayini açısından değerlendirmeler, fiili ehliyet değerlendirmeleri, boşanma davaları ve velayet açısından değerlendirmeler başvuruların daha küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Mahkemeler bu değerlendirmelerde, gerekli olduğuna karar verdiğinde, 3 haftaya kadar gözlem altına alınmasına karar vermekte ve bu kişilerin gözlem ihtisas dairesine yatışı yapılarak değerlendirmesi yapılmaktadır.

Çalışmamız örneklemindeki olgulara Ulusal Yargı Ağı Projesi (UYAP) yazılımı aracılığıyla elektronik veri arşivi sistemi üzerinden tarama yapılarak ulaşılmıştır. "Evlilik", "boşanma", "evliliği çekilmez hale", "TMK 165", "TMK 145" anahtar kelimeleri girilerek arama yapılmıştır. Toplamda 54 olgunun dosyasına ulaşılmıştır. Bu dosyalar incelendiğinde bunların 20'sinin vasi tayini veya işlem ehliyeti değerlendirmeleri olması nedeniyle bu dosyalar çalışmadan çıkartılmıştır.

Uygulama

2018-2023 yılları arasında kurumumuza başvuran vakaların retrospektif bir taramasını gerçekleştirdik. Adli psikiyatri raporları, yaş ve sosyo-ekonomik durum gibi demografik bilgilerin yanı sıra yasal sürecin başlatılmasının neden sebepleri, dava dosyasındaki geçmiş psikiyatrik başvurular,

hastalık süresi ve kurumumuzda yapılan psikiyatrik değerlendirmeler sırasında düşünce bozukluklarının tanımlanması açısından titizlikle incelendi. Vaka dosyalarında belgelenen geçmiş psikiyatrik tıbbi kayıtlar, ICD-10 sınıflandırma sistemi kullanılarak sınıflandırılmıştır. Dava sürecinin nasıl başlatıldığı "kişinin kendi başvurusu", "eşinin başvurusu", "ailenin başvurusu", "mahkeme tarafından" şeklinde kategorize edilmiştir. Dava sürecindeki dilekçede belirtilen sebepler şu şekilde kategorize edilerek olup olmadığı dilekçeler okunarak değerlendirilmiştir: "evlilikteki sorumluluklarını yerine getirememme iddiası", "psikiyatrik hastalık belirtisi iddiası", "şiddet uygulama iddiası", "maddi açıdan zarara uğratma/sorumluluklarını yerine getirememme iddiası", "çalışmama iddiası". Dava dilekçesinde hezeyan, halüsinasyon, dezorganize davranış olabilecek ifadeler psikiyatrik hastalık belirtisi iddiası olarak kategorize edilmiştir. Ayrıca, dava dilekçesinde başvuran kişinin evlendikleri sırada akıl hastalığı veya akıl zayıflığının kendisinden gizlendiği iddiası olup olmadığı kontrol edilmiştir. Gözlem ihtisas dairesinin düzenlediği rapor kararında evliliği çekilmez hale getiren bir hastalık olup olmadığı, varsa evlendiği sırada bir akıl hastalığı olup olmadığı kararı ve tanıları bilgileri alınmıştır. Çalışmada Helsinki Deklarasyonu'na uyulmuş olup, Adli Tıp Kurumu Eğitim ve Bilimsel Araştırma Komisyonu'ndan 30/04/2024 tarih ve 21589509/2024/138 sayılı karar ile izin alınmıştır.

BULGULAR

Boşanma davalarında adli psikiyatrik değerlendirme istenen olguların sosyodemografik özellikleri incelendiğinde; olguların yaş ortalaması $42,29 \pm 7,47$ yıl olarak saptanmıştır. Cinsiyet dağılımında, vakaların %64,7'si erkek ve %35,3'ü kadındır. Evlilik süresinin ortalama $10,35 \pm 6,80$ yıl olduğu görülmüştür. Eğitim durumu incelendiğinde, %8,8'inin okuryazar olmadığı, %50,0'sinin ilkokul mezunu olduğu, %20,6'sının ortaokul, %14,7'sinin lise, ve %5,9'unun üniversite mezunu olduğu görülmüştür. Çalışma durumu açısından, %8,8'inin düzenli çalıştığı, %14,7'sinin düzensiz çalıştığı, %64,7'sinin çalışmadığı ve %11,8'inin emekli olduğu belirlenmiştir. Çocuk sayısı bakımından, olguların %47,1'inin çocuğu olmadığı, %29,4'ünün 1 çocuğu olduğu, %11,8'inin 2 çocuğu olduğu ve %11,8'inin

ise 2'den fazla çocuğu olduğu tespit edilmiştir. Ayrıntılar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Boşanma davalarında adli psikiyatrik değerlendirme istenen olguların hukuki özellikleri incelendiğinde; başvuru sahibinin kim olduğuna bakıldığında, %73,5'inin eşi, %14,7'sinin kendisi, %8,8'inin ailesi ve %2,9'unun mahkeme olduğu görülmüştür. Dava dilekçelerindeki başvuru sebepleri analiz edildiğinde olguların %70,6'sının evlilikteki sorumluluklarını yerine getiremediği, %29,4'ü için ise böyle bir iddianın bulunmadığı tespit edilmiştir. Psikiyatrik hastalık belirtisi iddiası %73,5 oranında mevcutken, %26,5 oranında böyle bir iddia bulunmamaktadır. Şiddet iddiası %55,9 oranında mevcuttur, %44,1 oranında ise şiddet iddiası bulunmamaktadır. Çalışmama iddiası %23,5 oranında mevcutken, %76,5 oranında böyle bir iddia bulunmamaktadır. Maddi zarara uğratma/sorumluluklarını yerine getirmeme iddiası %14,7 oranında mevcut olup, %85,3 oranında böyle bir iddia bulunmamaktadır. Akıl hastalığının evlendiği dönemde kendisinden gizlendiği iddiası ise %44,1 oranında mevcutken, %55,9 oranında böyle bir iddia bulunmamaktadır. Tüm olguların ilgili mahkemesi Aile Mahkemesi olarak belirlenmiştir (%100,0). Kurumumuzdan çıkan kararlar incelendiğinde, %61,8 oranında evliliğin çekilmez hale geldiği yönünde, %38,2 oranında ise evliliği çekilmez hale getirecek bir akıl hastalığı saptanmadığı yönünde bir karar olduğu belirlenmiştir. Evlendiği sırada akıl hastalığı veya akıl zayıflığı olup olmadığı incelendiğinde, %41,2 oranında butlan kararı verildiği, %41,2 oranında butlan ile ilgili soru ve karar olmadığı, %17,6 oranında ise butlan sorulduğu ancak butlan gerektiren bir akıl hastalığı olmadığına karar verildiği görülmüştür. Ayrıntılar Tablo 2'de gösterilmiştir.

Boşanma davalarında adli psikiyatrik değerlendirme istenen olguların klinik özellikleri incelendiğinde; Kurumumuzda konulan psikiyatrik tanı açısından olguların %32,4'ünde şizofreni spektrum bozuklukları, %17,6'sında bipolar bozukluk, %11,8'inde hafif düzeyde zihinsel yetersizlik, %2,9'unda hezeyanlı bozukluk, %2,9'unda şizoaffektif bozukluk, %2,9'unda orta düzeyde zihinsel yetersizlik ve %2,9'unda alkol kullanım bozukluğu tanısı mevcuttur. %26,5'inde ise herhangi bir psikiyatrik bozukluk tespit edilmemiştir. Alkol kullanım bozukluğu %11,8 oranında, madde kullanım bozukluğu ise %5,9 oranında bulunmuştur. Dava dosyasındaki geçmiş psikiyatri polikliniği

Tablo 1. Boşanma davalarında adli psikiyatrik değerlendirme istenen olguların sosyodemografik özellikleri

		n	n %
Yaş (Ort. ± SS)		42,29 ± 7,47	
Cinsiyet	Erkek	22	64,7%
	Kadın	12	35,3%
Evlilik Süresi (Ort. ± SS)		10,35 ± 6,80	
Eğitim Durumu	Okuryazar Değil	3	8,8%
	İlkokul Mezunu	17	50,0%
	Ortaokul Mezunu	7	20,6%
	Lise Mezunu	5	14,7%
	Üniversite Mezunu	2	5,9%
Çalışma Durumu	Düzenli Çalışıyor	3	8,8%
	Düzensiz Çalışıyor	5	14,7%
	Çalışmıyor	22	64,7%
	Emekli	4	11,8%
Çocuk Sayısı	Çocuk yok	16	47,1%
	1 Çocuk	10	29,4%
	2 Çocuk	4	11,8%
	2 Çocuktan Fazla	4	11,8%

Tablo 2. Boşanma davalarında adli psikiyatrik değerlendirme istenen olguların hukuki özellikleri

		n	n %
Başvuru Sahibi	Eşi	25	73,5%
	Kendi	5	14,7%
	Ailesi	3	8,8%
	Mahkeme	1	2,9%
Evlilik Sorumluluğunu Yerine Getirme Durumu	Evlilikteki Sorumlulukları Yerine Getiremiyor	24	70,6%
	Böyle bir iddia yok	10	29,4%
Psikiyatrik Belirti İddiası	Var	25	73,5%
	Yok	9	26,5%
Şiddet İddiası	Var	19	55,9%
	Yok	15	44,1%
Çalışmama İddiası	Çalışmıyor	8	23,5%
	İddia yok	26	76,5%
Maddi Zarara Uğratma İddiası	Var	5	14,7%
	Yok	29	85,3%
Hastalığı Gizleme İddiası	Var	15	44,1%
	Yok	19	55,9%
İlgili Mahkeme	Sulh Hukuk Mahkemesi	0	0,0%
	Aile Mahkemesi	34	100,0%
Karar	Evliliği Çekilmez Hale Getirir	21	61,8%
	Hayır	13	38,2%
Butlan Durumu	Butlan Kararı Verilmiş	14	41,2%
	Butlan ile İlgili Soru ve Karar Yok	14	41,2%
	Butlan Sorulmuş ve Butlan Gerektirir Bir Durum Olmadığına Karar Verilmiş	6	17,6%

Tablo 3. Boşanma davalarında adli psikiyatrik değerlendirme istenen olguların klinik özellikleri

		n	%n
Psikiyatrik Tanı	Şizofreni Spektrum Bozuklukları	11	32,4%
	Hezeyanlı Bozukluk	1	2,9%
	Bipolar Bozukluk	6	17,6%
	Hafif Düzeyde Zihinsel Yetersizlik	4	11,8%
	Şizoaffektif Bozukluk	1	2,9%
	Psikiyatrik Bozukluk Yok	9	26,5%
	Orta Düzeyde Zihinsel Yetersizlik	1	2,9%
	Alkol Kullanım Bozukluğu	1	2,9%
Alkol Kullanım Bozukluğu	Var	4	11,8%
	Yok	30	88,2%
Madde Kullanım Bozukluğu	Var	2	5,9%
	Yok	32	94,1%
Psikiyatri Poliklinik Başvurusu ve Tanısı	Şizofreni	8	23,5%
	Hezeyanlı Bozukluk	13	38,2%
	Bipolar Bozukluk	4	11,8%
	Hafif Düzeyde Zihinsel Yetersizlik	5	14,7%
	Şizoaffektif Bozukluk	1	2,9%
	Alkol-Madde Kullanım Bozuklukları	1	2,9%
	Tanı yok	1	2,9%
	Diğer Psikiyatrik Tanılar	1	2,9%
	Yatış Sayısı (Ort. ± SS)	1,65 ± 2,00	
	Hastalık Süresi (Ort. ± SS)	13,03 ± 9,48	
Yatış Tanısı	Tanı Yok	14	41,2%
	Şizofreni	8	23,5%
	Atipik Psikoz	4	11,8%
	Hezeyanlı Bozukluk	4	11,8%
	Bipolar Bozukluk	3	8,8%
	Şizoaffektif Bozukluk	1	2,9%
	Diğer Psikiyatrik Tanılar	0	0,0%
	Var	3	8,8%
Aldatılma Hezeyanı	Yok	31	91,2%
	Var	5	14,7%
Paranoid Hezeyan	Yok	29	85,3%
	Var	7	20,6%
Perseküsyon Hezeyanı	Yok	27	79,4%
	Var	0	0,0%
Grandiyöz Hezeyan	Yok	34	100,0%
	Var	2	5,9%
Referans Hezeyanı	Yok	32	94,1%
	Var	0	0,0%
Hak Arama Paranoyası	Yok	34	100,0%
	Var	5	14,7%
Halüsinasyon	Yok	29	85,3%
	Var	2	5,9%
Çağrışımlarda Dağılım	Yok	32	94,1%
	Var	18	52,9%
İşlevsellik Kaybı ve Nörokognitif Yıkım	Yok	16	47,1%
	Var	12	35,3%
Düşünce İçeriğinde Fakirleşme	Yok	22	64,7%

tanı dağılımı incelendiğinde, %38,2'sinin hezeyanlı bozukluk, %23,5'inin şizofreni, %14,7'sinin hafif düzeyde zihinsel yetersizlik, %11,8'inin bipolar bozukluk, %2,9'unun şizoaffektif bozukluk ve %2,9'unun alkol-madde kullanım bozuklukları tanısı aldığı belirlenmiştir. Tanı olmayan olgular %2,9 oranındadır. Yatış sayısı ortalama 1,65 ± 2,00 olup, hastalık süresi ortalama 13,03 ± 9,48 yıl olarak saptanmıştır. Yatış tanuları incelendiğinde, %23,5'inde şizofreni, %11,8'inde atipik psikoz, %11,8'inde hezeyanlı bozukluk, %8,8'inde bipolar bozukluk ve %2,9'unda şizoaffektif bozukluk tanısı

konmuştur. Diğer psikiyatrik tanılar yatış tanısı olarak belirtilmemiştir. Klinik belirtiler açısından, %8,8'inde aldatılma hezeyanı, %14,7'sinde paranoid hezeyan, %20,6'sında perseküsyon hezeyanı ve %5,9'unda referans hezeyanı tespit edilmiştir. Grandiyöz hezeyan ve hak arama paranoyası hiçbir olguda bulunmamıştır. Halüsinasyon %14,7 oranında, çağrışımlarda dağılım %5,9 oranında, işlevsellik kaybı ve nörokognitif yıkım %52,9 oranında, düşünce içeriğinde fakirleşme ise %35,3 oranında mevcut bulunmuştur. Ayrıntılar Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 4. "Evliliği Çekilmez Kılma" Kararına Göre Sosyodemografik, Hukuki ve Klinik Özelliklerinin Karşılaştırılması

		Evliliği Çekilmez Kılma Kararı				p (X ² - t)
		Evliliği Çekilmez Hale Getirir		Hayır		
		n	n %	n	n %	
Yaş (Ort. ± SS)		43,86 ± 7,11		39,77 ± 7,63		0.123
Cinsiyet	Erkek	16	76,2%	6	46,2%	0.079
	Kadın	5	23,8%	7	53,8%	
Evlilik Süresi		11,00 ± 6,46		9,31 ± 7,45		0.489
Başvuru Sahibi	Eşi	18	85,7%	7	53,8%	0.092
	Kendi	1	4,8%	4	30,8%	
	Ailesi	2	9,5%	1	7,7%	
	Mahkeme	0	0,0%	1	7,7%	
Evlilik Sorumluluğunu Yerine Getirme Durumu	Evlilikteki Sorumlulukları Yerine Getiremiyor	17	81,0%	7	53,8%	0.097
	Böyle bir iddia yok	4	19,0%	6	46,2%	
Butlan Durumu	Butlan Kararı Verilmiş	13	61,9%	1	7,7%	<0.001
	Butlan ile İlgili Soru ve Karar Yok	8	38,1%	6	46,2%	
	Butlan Sorulmuş ve Butlan Gerekçirir Bir Durum Olmadığına Karar Verilmiş	0	0,0%	6	46,2%	
Psikiyatrik Tanı	Şizofreni Spektrum Bozuklukları	11	52,4%	0	0,0%	<0.001
	Hezeyanlı Bozukluk	1	4,8%	0	0,0%	
	Bipolar Bozukluk	2	9,5%	4	30,8%	
	Hafif Düzeyde Zihinsel Yetersizlik	4	19,0%	0	0,0%	
	Şizoaffektif Bozukluk	1	4,8%	0	0,0%	
	Psikiyatrik Bozukluk Yok	0	0,0%	9	69,2%	
	Orta Düzeyde Zihinsel Yetersizlik	1	4,8%	0	0,0%	
Psikiyatri Poliklinik Başvurusu ve Tanısı	Şizofreni Spektrum Bozuklukları	8	38,1%	0	0,0%	0.004
	Hezeyanlı Bozukluk	5	23,8%	8	61,5%	
	Bipolar Bozukluk	0	0,0%	4	30,8%	
	Hafif Düzeyde Zihinsel Yetersizlik	5	23,8%	0	0,0%	
	Şizoaffektif Bozukluk	1	4,8%	0	0,0%	
	Alkol-Madde Kullanım Bozuklukları	1	4,8%	0	0,0%	
	Tanı yok	0	0,0%	1	7,7%	
Diğer Psikiyatrik Tanılar	1	4,8%	0	0,0%		
Yatış Sayısı (Ortanca - min - max)		2 - 7 - 0		1 - 7 - 0		0.444
Hastalık Süresi (Ort. ± SS)		17,10 ± 8,26		6,46 ± 7,58		<0.001
Yatış Tanısı	yatış yok	8	38,1%	6	46,2%	0.1
	Şizofreni	8	38,1%	0	0,0%	
	Atipik Psikoz	2	9,5%	2	15,4%	
	Hezeyanlı Bozukluk	1	4,8%	3	23,1%	
	Bipolar Bozukluk	1	4,8%	2	15,4%	
	Şizoaffektif Bozukluk	1	4,8%	0	0,0%	
Paranoid Hezeyan	Var	5	23,8%	0	0,0%	0.057
	Yok	16	76,2%	13	100,0%	
Perseküsyon Hezeyanı	Var	7	33,3%	0	0,0%	0.019
	Yok	14	66,7%	13	100,0%	
Halüsinasyon	Var	5	23,8%	0	0,0%	0.057
	Yok	16	76,2%	13	100,0%	
İşlevsellik Kaybı ve Nörokognitif Yıkım	Var	18	85,7%	0	0,0%	<0.001
	Yok	3	14,3%	13	100,0%	
Düşünce İçeriğinde Fakirleşme	Var	12	57,1%	0	0,0%	<0.001
	Yok	9	42,9%	13	100,0%	

Boşanma davalarında adli psikiyatrik değerlendirme istenen olguların “evliliği çekilmez kılma” durumuna göre sosyodemografik, hukuki ve klinik özelliklerinin karşılaştırıldığında; yaş ortalaması “evliliği çekilmez hale getirir” kararında olan olgular için $43,86 \pm 7,11$ yıl, “hayır” kararında olanlar için ise $39,77 \pm 7,63$ yıl olarak belirlenmiştir ($p = 0.123$, anlamlı değil). Cinsiyet açısından, “evliliği çekilmez hale getirir” grubunda %76,2’si erkek, %23,8’i kadın; “hayır” grubunda ise %46,2’si erkek, %53,8’i kadındır ($p = 0.079$, anlamlı değil). Evlilik süresi “evliliği çekilmez hale getirir” kararında olanlar için $11,00 \pm 6,46$ yıl, “hayır” kararında olanlar için $9,31 \pm 7,45$ yıl olarak bulunmuştur ($p = 0.489$, anlamlı değil). Başvuru sahibi “evliliği çekilmez hale getirir” grubunda %85,7 ile eş, “hayır” grubunda ise %53,8 ile eş olarak belirlenmiştir ($p = 0.092$, anlamlı değil). “Evliliği çekilmez hale getirir” grubunda olguların %81,0’ı evlilikteki sorumluluklarını yerine getiremediği, “hayır” grubunda ise %53,8’i sorumluluklarını yerine getiremediği saptanmıştır ($p = 0.097$, anlamlı değil). Butlan durumu açısından “evliliği çekilmez hale getirir” grubunda %61,9 oranında butlan kararı verilmişken, “hayır” grubunda bu oran %7,7’dir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$). Psikiyatrik tanı incelendiğinde, “evliliği çekilmez hale getirir” grubunda %52,4 oranında şizofreni spektrum bozuklukları bulunurken, “hayır” grubunda bu oran %0’dır. Bu fark da istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$). Psikiyatri polikliniğine başvuru ve tanı durumuna göre, “evliliği çekilmez hale getirir” grubunda %38,1 oranında şizofreni tanısı bulunurken, “hayır” grubunda bu oran %0’dır. Bu fark da istatistiksel olarak anlamlıdır ($p = 0.004$). Ayrıca, hastalık süresi açısından “evliliği çekilmez hale getirir” grubunda $17,10 \pm 8,26$ yıl, “hayır” grubunda ise $6,46 \pm 7,58$ yıl olarak tespit edilmiştir; bu fark da anlamlıdır ($p < 0.001$). “Evliliği çekilmez hale getirir” grubunda paranoid hezeyan %23,8 oranında bulunurken, “hayır” grubunda bu oran %0’dır ($p = 0.057$, anlamlı değil). Perseküsyon hezeyanı “evliliği çekilmez hale getirir” grubunda %33,3 oranında, “hayır” grubunda ise %0 oranında bulunmuştur ve bu fark anlamlıdır ($p = 0.019$). Halüsinasyon “evliliği çekilmez hale getirir” grubunda %23,8 oranında bulunurken, “hayır” grubunda %0’dır ($p = 0.057$, anlamlı değil). İşlevsellik kaybı ve nörokognitif yıkım “evliliği çekilmez hale getirir” grubunda

%85,7 oranında mevcutken, “hayır” grubunda %0’dır; bu fark anlamlıdır ($p < 0.001$). Düşünce içeriğinde fakirleşme de “evliliği çekilmez hale getirir” grubunda %57,1 oranında, “hayır” grubunda ise %0 oranında bulunmuştur; bu fark da anlamlıdır ($p < 0.001$).

TARTIŞMA

Bu çalışmada, akıl hastalığı veya akıl zayıflığı nedeniyle boşanma davalarında adli psikiyatrik değerlendirme istenen olguların sosyodemografik, hukuki ve klinik özellikleri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, özellikle şizofreni spektrum bozuklukları ve diğer ciddi psikiyatrik bozuklukların, evliliğin sürdürülebilirliği üzerindeki olumsuz etkilerini ortaya koymaktadır. Çalışmamızda vakaların %61,8’ine TMK 165. Madde kapsamında evliliği çekilmez hale getirecek bir akıl hastalığı olduğu kararı, %41,2’sine TMK 145. Madde kapsamında evlendiği sırada akıl hastalığı veya akıl zayıflığı nedeniyle butlanın uygun olduğu kararı verildiği görülmüştür. Adli Tıp Kurumu 4. İhtisas Kurulunda yapılan bir çalışmada vakaların %10,38’inde evliliği çekilmez hale getirir kararı verildiği görülmektedir. Bu çalışmada sadece bipolar bozukluk tanısı olan hastaların olması, bipolar bozukluk hastalığının doğası gereği hastalık dönemleri dışında kişilerin yaşantısında belirgin bir bozukluk olmadan geçirebildiği için çalışmamız ile farklı sonuçlar elde edilmiştir (9).

Çalışmamızda evliliği çekilmez hale getirdiği kararı verilen vakaların tanılarını incelendiğinde en sık şizofreni spektrumu bozukluklarının olduğu (%52,4), ikinci sıklıkta ise zihinsel yetersizliklerin (%23,8) olduğu görülmektedir. Şizofreni hastalarında evlilikle ilgili bir çalışmada hastalığın başlangıç yaşı, depresyon düzeyi, çocuğun olup olmaması, rezidüel belirtiler, çalışma durumu, işitsel halüsinasyonların olup olmaması gibi çeşitli faktörlerin evliliğin devam edip etmemesi konusunda etkili olduğu belirtilmiştir (12). Çalışmamızdaki vakaların çoğunun çalışmıyor/ çalışmıyor olması, yaşam işlevselliğinde kayıp/ nörobilişsel yıkım olması evliliğin sürdürülmesi konusunda bu çalışmayla benzer bir bulgu olduğu söylenebilir. Zihinsel yetersizliği olan kişiler de evlilikte sorumluluklarını yerine getirmek, sosyal

becerilerdeki yetersizlikler, özbakım becerilerindeki sorunlar gibi çeşitli zorluklar yaşayabilmektedir. Yapılan bir çalışmada yeterli aile desteği, psikiyatrik/psikolojik destek ve sosyal destek ile bu kişilerin evliliklerini sürdürebileceği belirtilmiştir (5,13). Çalışmamız örnekleme ise bu çalışmalardan farklı olarak genellikle eşleri tarafından dava dilekçesiyle evliliği karşı taraf için çekilmez hale getiren bir akıl hastalığı ya da akıl zayıflığı olup olmadığı değerlendirilmesinden oluşmaktadır ve kişinin birey olarak evlilikteki mental durumu değerlendirilmektedir.

Dava dilekçelerindeki sebepler incelendiğinde en sık hezeyan ve halüsinasyonlar gibi psikiyatrik hastalık belirtisi iddiası akıl hastalığı/zayıflığı nedeniyle evlilikteki sorumluluklarını yerine getirmediği iddiası ve akıl hastalığı/zayıflığı nedeniyle şiddet uygulama olduğu görülmektedir. Dava dilekçelerinde kendi kendine konuşma, gülme, tuhaf hareketler sergileme, sıkça evden kaçmalar, kötülük göreceği hezeyanları olduğunu düşündüren ifadeler, kıskançlık hezeyanları nedeniyle sürekli eşi suçlama olduğunu düşündüren ifadeler, şiddet uygulama iddiası, özbakımında sorunlar olması ve evlilikteki sorumluluklarını yerine getiremediği iddiası, cinsellik yaşanmaması, hesaplama yapamaması nedeniyle maddi konularda problem yaşanması, soğuk davranışlarda bulunma, iletişim kurmama gibi sorunlar olduğu iddia edilerek süreçlerin başladığı anlaşılmıştır. Ciddi bir akıl hastalığı olan kişilerin eşleri evlilikte önemli sorunlar yaşayabilmektedir. Yapılan bir çalışmada Şizofreni hastalarının eşlerinin cinsel, sosyal ve duygusal uyumlarının şizofreni tanısı olmayan gruba göre anlamlı derecede düşük olduğu bulunmuştur (14). Bu çalışmada şizofreni hastalarının eşlerinin yaşam kalitesinde fiziksel, psikolojik, sosyal ve çevresel alanlarda anlamlı bir düşüklük bulunmuştur (14).

Bu çalışmada, boşanma davalarında adli psikiyatrik değerlendirme istenen olguların “evliliği çekilmez kılma” durumu ile sosyodemografik, hukuki ve klinik özelliklerinin karşılaştırılması oldukça önemli bir araştırma sorusunu ele almaktadır. Elde edilen bulgular, psikiyatrik tanılar, özellikle de şizofreni spektrum bozuklukları ile evliliğin çekilmez hale gelmesi arasında güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmada,

“evliliği çekilmez hale getirir” kararının verildiği olguların büyük bir kısmında şizofreni spektrum bozukluklarına rastlanması dikkat çekicidir. Bu bulgu, literatürdeki pek çok çalışmayla uyumlu olup, şizofreninin evlilik ilişkileri üzerindeki olumsuz etkilerini desteklemektedir (15). Şizofreni ile ilişkili semptomlar (halüsinasyonlar, hezeyanlar, düşünce bozuklukları) ve negatif semptomlar (sosyal çekilme, kısıtlı affekt), bireylerin sosyal ilişkilerini kurma ve sürdürme becerilerini önemli ölçüde etkileyebilir. Bu durum, evlilik gibi yakın ilişkilerin sürdürülebilirliğini zorlaştıran önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmada elde edilen diğer bir önemli bulgu, paranoid hezeyanlar, perseküsyon hezeyanları ve halüsinasyonlar gibi pozitif psikotik belirtilerin “evliliği çekilmez hale getirir” kararında önemli bir rol oynadığıdır. Bu belirtiler, bireylerin eşlerine karşı güvensizlik, düşmanlık ve kıskançlık gibi duygular geliştirmesine neden olabilir. Bu belirtiler tedavi edil(e)mediğinde, evlilik ilişkisinde ciddi güven sorunlarına yol açarak, evliliğin sürdürülebilirliğini tehdit edebilir. Son olarak; çalışmada, “evliliği çekilmez hale getirir” kararının verildiği olgularda işlevsellik kaybı ve nörokognitif yıkımın yüksek oranda olduğu görülmektedir. Şizofreni gibi kronik psikiyatrik rahatsızlıklar, bireylerin günlük yaşam aktivitelerini sürdürme, iş bulma ve sosyal ilişkilerini yönetme becerilerini olumsuz etkileyebilir. Bu durum, evlilik ilişkisi içindeki rollerin yerine getirilmesini zorlaştırarak, evliliğin sona ermesine neden olabilir.

Çalışmamızda hukuki ve psikiyatrik yönlerinin detaylı olarak değerlendirilmiş olması çalışmamızın güçlü yönleri olarak belirtilebilir. Çalışmamız evlilikte ciddi sorunlar yaşayan ve boşanmak için dilekçe veren kişilerden oluştuğu için çalışmamızın bulgularını tüm akıl hastalığı veya akıl zayıflığı olan evlilik süreçleri problemler olarak genellemek doğru olmayacaktır. Çalışmamızın dosya taraması ile yapılan ve retrospektif doğası nedeniyle bazı psikiyatrik belirtiler ve bulgularda eksiklikler olmuş olabilir. Çalışmamızda kişilik bozuklukları açısından değerlendirmelerin yeterli düzeyde olmaması çalışmamızın kısıtlılıkları arasında sayılabilir. Çalışmamızda ölçeklerin kullanılmaması nedeniyle psikiyatrik belirtilerin şiddetinin değerlendirilmesi konusunda kısıtlılıklar

mevcuttur. Çalışmamızda evlilik ilişkisini sürdürme konusunda önemli etkisi olabileceği düşünülen bilişsel belirtiler ve negatif belirtilerin yeterince değerlendirilememiş olması çalışmanın kısıtlılıkları arasında sayılabilir.

SONUÇ

Bu çalışma, akıl hastalığı ve akıl zayıflığının evlilik kurumunu nasıl etkileyebileceğini hukuki ve psikiyatrik boyutlarıyla ele almıştır. Elde edilen bulgular, özellikle şizofreni spektrum bozuklukları gibi ciddi akıl hastalıklarının evlilikte ciddi sorunlar yaratabileceği ve karşı taraf için evliliği çekilmez hale getirebileceğini ve boşanma süreçlerini hızlandırabileceğini göstermektedir. Ciddi bir akıl hastalığı veya akıl zayıflığı olan bireylerin evliliklerinde sorumluluklarını yerine getirmekte zorlanabildikleri, psikiyatrik belirtiler nedeniyle sorunlar yaşayabildikleri, şiddet uygulayabildikleri ve bu durumun boşanma kararlarına zemin hazırladığı tespit edilmiştir.

Türk Medeni Kanunu'nun ilgili maddeleri kapsamında, bu tür vakalarda evliliklerin sona erdirilmesi sürecinde hem hukuki hem de psikiyatrik değerlendirmeler önemli olmaktadır. Evlilik kurumunun korunması adına, akıl sağlığı sorunları yaşayan bireylerin haklarının dikkatle gözetilmesi ve bu süreçlerin adil ve her iki tarafı düşünen bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın bulguları, akıl sağlığı ile evlilik ilişkileri arasındaki karmaşık dinamikleri anlamaya yönelik önemli katkılar sağlamaktadır. Gelecekte yapılacak araştırmalarda, daha geniş örneklerle ve uzun dönemli izlem çalışmalarıyla bu alandaki bilgi birikiminin artırılması önemlidir.

Etik Kurul Onayı: Çalışmada Helsinki Deklarasyonu'na uyulmuş olup, Adli Tıp Kurumu Başkanlığı, Eğitim ve Bilimsel Araştırma Komisyonu'ndan 30/04/2024 tarih ve 21589509/2024/138 sayılı karar ile izin alınmıştır.

Finans: Bu çalışma için hiç bir kurum veya kuruluştan finansal destek alınmamıştır.

Çıkar çatışması: Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.


KAYNAKLAR

1. Serozan R, Hatemi H. Aile Hukuku. İstanbul: Filiz Kitabevi; 1993. p. 87–114.
2. Dural M, Ögüz T, Gümüş MA. Evliliğin sona Ermesi ve özel olarak boşanma. Türk Özel Hukuku Cilt III Aile Hukuku; 2014.
3. Bhugra D, Pathare S, Nardodkar R, Gosavi C, Ng R, Torales J, Ventriglio A. Legislative provisions related to marriage and divorce of persons with mental health problems: a global review. *Int Rev Psychiatry*. 2016;28(4):386–392. <https://doi.org/10.1080/09540261.2016.1210577>
4. McCutcheon RA, Marques TR, Howes OD. Schizophrenia -an overview. *JAMA Psychiatry*. 2020;77(2):201–210. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2019.3360>
5. Taghizadeh Z, Ebadi A, Farmahani Farahani M. Marriage challenges of women with intellectual disability in Iran: a qualitative study. *Sex Disabil*. 2020;38(1):31–39. <https://doi.org/10.1007/s11195-019-09615-1>
6. Mojtabei R, Stuart EA, Hwang I, Eaton WW, Sampson N, Kessler RC. Long term effects of mental disorders on marital outcomes in the national comorbidity survey ten-year follow-up. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*. 2017;52(10):1217–1226. <https://doi.org/10.1007/s00127-017-1373-1>
7. Idstad M, Torvik FA, Borren I, Rogmo K, Røysamb E, Tambs K. Mental distress predicts divorce over 16 years: the HUNT study health behavior, health promotion and society. *BMC Public Health*. 2015;15(1):1–10. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1662-0>
8. Metsä-Simola N, Martikainen P, Monden CW. Psychiatric morbidity and subsequent divorce: a couple-level register-based study in Finland. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*. 2018;53:823–831. <https://doi.org/10.1007/s00127-018-1521-2>
9. Gökçay H, Doğan M, Kaya İİ, Boylu ME, Ashlyüksek H, Duran A. The Effect of Bipolar Disorder on the Maintenance of Marriage: Evaluation from Forensic Psychiatric Perspective in Türkiye. *Neuropsychiatric Invest*. 2024;62(2):55–59. <https://doi.org/10.5152/NeuropsychiatricInvest.2024.24008>
10. Güdücü B. Evlilik, akıl hastalığı ve hukuki süreç. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Derg*. 2011;22(22):104–110.
11. Taşdemir I, Boylu ME, Dogan M, Ozcanli T, Karacetin G. Forensic psychiatric and criminal dimensions of juvenile homicide/attempted homicide cases in Turkey. *J Forensic Leg Med*. 2024;102:102650. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2024.102650>
12. Thara R, Srinivasan TN. Outcome of marriage in schizophrenia. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*. 1997;32:416–420. <https://doi.org/10.1007/BF00788182>
13. Mattinson J. Marriage and mental handicap. In: De La Cruz F, Laveck G, editors. *Human Sexuality and the Mentally Retarded*. Butterworth, London: 1973. p. 169–185.
14. Sahu S, Mujawar S, Garg D, Chaudhury S, Saldanha D. Quality of life and marital adjustment in spouses of schizophrenia patients. *Ind Psychiatry J*. 2020;29(2):323–328. https://doi.org/10.4103/ipj.ipj_176_20
15. Brown AS, Harris TO. Schizophrenia and social relationships: implications for intervention. *Schizophrenia Bull*. 2003;29(1):33–47.


Retrospective analysis of sexual abuse reports made by the department of child and adolescent psychiatry

Çocuk ve ergen psikiyatrisi bölümü tarafından yapılan cinsel istismar bildirimlerinin retrospektif analizi

 Melike Kevser Gül^{1*},
0000-0002-0907-4503

 Esra Demirci¹,
0000-0002-8424-4947

 Sevgi Özmen¹,
0000-0002-7545-2824

 Gultakın Huseynli¹
0000-0003-4341-3828

ABSTRACT

Objective: Child sexual abuse remains a serious situation in every region of the world. In this study, it was aimed to examine the data of cases with suspected sexual abuse reported from the child and adolescent psychiatry department to the judicial authorities.

Methods: 74 children and adolescents who applied to child psychiatry outpatient clinics between September 2013 and September 2023, who were suspected of sexual abuse based on the history taken from themselves and their parents, and who were reported to the judicial authorities, were included in the study.

Results: 51 of the cases were girls, and 23 were boys. The age of both sexual abuse and reporting was younger in boys than in girls. Sexual abuse reports were at its lowest level in 2020. Sexual touching was the most frequently reported method, with 42 cases. The most common abuser was male cousin (20.3%). 22.9% of the cases were followed-up in the outpatient clinic before reporting the abuse. 81% of the patients received at least one psychiatric diagnosis after the psychiatric examination. Psychiatric diagnoses as a consequence of child sexual abuse were identified in 27 cases, and the most common diagnosis was major depressive disorder with 33.3%.

Conclusions: Reporting child sexual abuse is not only a legal responsibility, but also important to protect the child victim of abuse and prevent the development of psychiatric disorders.

Keywords: Child sexual abuse, sexual abuse report, mental illness

ÖZET

Amaç: Çocuk cinsel istismarı dünyanın her bölgesinde ciddi bir durum olmaya devam etmektedir. Bu çalışmada çocuk ve ergen psikiyatrisi polikliniğinden adli makamlara bildirilen cinsel istismar şüphesi olan olguların verilerinin incelenmesi amaçlandı.

Yöntem: Eylül 2013-Eylül 2023 tarihleri arasında çocuk psikiyatrisi polikliniğine başvuran, kendilerinden ve ebeveynlerinden alınan anamneze göre cinsel istismar şüphesi bulunan ve adli makamlara bildirim yapılan 74 çocuk ve ergen çalışmaya dahil edildi.

Bulgular: Olguların 51'i kız, 23'ü erkekti. Erkeklerde hem cinsel istismar yaşı hem de bildirim yaşı kızlara göre daha küçüktü. Cinsel istismar bildirimleri 2020 yılında en düşük seviyedeydi. En sık bildirilen yöntem ise 42 vakayla cinsel dokunmaydı. En sık istismarcı erkek kuzendi (%20.3). Vakaların %22.9'u istismar bildiriminden önce poliklinikte takip edilmekteydi. Psikiyatrik muayene sonrasında hastaların %81'i en az bir psikiyatrik tanı aldı. 27 vakada çocuğun cinsel istismarı sonucu psikiyatrik tanı saptandı, en sık tanı %33.3 ile majör depresif bozukluktu.

Sonuçlar: Çocuğun cinsel istismarını bildirmek sadece yasal bir sorumluluk olmayıp, aynı zamanda istismar mağduru çocuğu korumak ve psikiyatrik bozuklukların gelişmesini önlemek açısından da önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Çocuğun cinsel istismarı, cinsel istismar bildirimi, ruhsal hastalık

Cite as: Gül MK, Demirci E, Özmen S, Huseynli G. Retrospective analysis of sexual abuse reports made by the department of child and adolescent psychiatry. J For Med 2024;38(3):255-261

Received: 26.08.2024 • **Accepted:** 10.12.2024

Corresponding Author: Melike Kevser Gül, Department of Child and Adolescent Psychiatry, Erciyes University School of Medicine, Kayseri, Türkiye
¹Department of Child and Adolescent Psychiatry, Erciyes University School of Medicine, Kayseri, Türkiye



Turkish Journal of Forensic Medicine is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

INTRODUCTION

Child sexual abuse includes many acts of sexual exploitation of children, including sexual assault, incestuous rape, and commercial sexual exploitation of children (1). In the United States, about 1 in 4 girls and 1 in 13 boys experience child sexual abuse (2). The lifetime prevalence of child sexual abuse was reported as 7.6% in males and 18% in females (3). Many risk factors belonging to the child, family, and the abuser can be identified in child sexual abuse. Previous exposure to sexual abuse, being abused at home, and having a family member sexually abused were found to be strong risk factors. It was stated that having a stepfather, partner violence in the family, the child having a chronic physical or mental illness and being female are also risk factors (4).

The consequences of sexual abuse is more than a physical injury, including the increased likelihood of mental and chronic physical illness/disorders (5). In addition to anxiety, depression, impaired self-perception, cognitive problems such as attention deficit and dissociation, sexual problems, physical problems like urinary tract infections and sexually transmitted diseases, and interpersonal difficulties are the important consequences of sexual abuse (6). There are strong findings for psychiatric disorders, particularly mood disorders, post-traumatic stress disorder (PTSD), anxiety disorders, and substance use disorders, and mixed evidence for personality disorders (7). Also, the development of mental illness was associated with characteristics of the abuse (8).

Child sexual abuse can be prevented and its effects can be reduced by primary, secondary and tertiary protection. Child and adolescent psychiatrists have important duties in both preventing and recognizing sexual abuse and making the necessary notifications after the abuse occurs. There are serious sanctions in the Turkish Penal Code (TPC) if sexual abuse is not reported. Articles 279 and 280 of the TPC concern public officials and healthcare professionals who do not report crimes (9). According to Article 279, any person who fails to report a crime who learns about in connection with his duty or who delays reporting it to the competent authorities is punished with imprisonment from 6 months to two years. Healthcare professional who do not report the situation to the

competent authorities despite encountering any indication of a crime being committed during their duties, or who delay in reporting the situation to the competent authorities, are punished with imprisonment for up to one year in accordance with Article 280 (9).

Following the evaluations and referrals of judicial authorities, the sociodemographic and clinical characteristics of children who were victims of sexual abuse have been evaluated in many studies before (10-13). Unlike other studies in Turkey, in this retrospective study, it was aimed to evaluate cases in which sexual abuse was suspected after examination at the child psychiatry outpatient clinic, and reported to the judicial authorities. In this study, which includes data from ten years, we aimed to examine the change in the number of sexual abuse reports over the years, the time between the experience of abuse and reporting, clinical data such as age, gender, psychiatric diagnoses before and after abuse, abuse methods and characteristics of abuse suspects. Thus, it is expected to contribute to the literature with the characteristics of sexual abuse cases that were told for the first time by children or revealed by clinicians' questioning during the examination, unlike sexual abuse cases with ongoing legal process.

METHODS

Participants and procedure

74 cases of both genders between the ages of 2-18 who applied to child and adolescent psychiatry outpatient clinics of a university hospital between September 2013 and September 2023, had suspicion of sexual abuse in the history taken from the child and adolescent and their caregivers, and were reported to the judicial authorities, were included in the study. The study center is one of two child psychiatry centers in a city with a population of over one million in the Central Anatolia Region of Turkey. Cases of sexual abuse were selected from the notification file submitted to the Chief Public Prosecutor's Office and the records of the cases were reviewed from the hospital management system. The ICD-10 codes of the cases, which were examined in detail by a child and adolescent psychiatry resident and a specialist according to Diagnostic and Statistical Manual of

Mental Disorders (DSM)-5 diagnostic criteria, were obtained from the hospital system. Of the 79 reported cases in total, five were excluded due to insufficient data. Age, gender, age of abuse, report year, abuser, abuse method, DSM-5 diagnoses before and after the sexual abuse, treatments, and suicide attempts were recorded. 51 of the cases were girls (68.9%) and 23 (31.1%) were boys. Ethics approval of this study was taken from the Erciyes University ethics committee (2023/737), requirement for consent was waived by the ethics committee and the procedures conformed Declaration of Helsinki.

Statistical analysis

The IBM Statistical Program for Social Sciences was used to analyze the data. Summary statistics of the data were given as mean, standard deviation, percentage (%) and number (N). For distribution the Shapiro-Wilk test and Q-Q plot normality were used. Mann-Whitney U test was used to compare the ranks of two independent groups without normal distribution. The statistical significance level for all analyzes was $p < 0.05$.

RESULTS

The mean age of abuse was 10.57 ± 4.63 , while the mean age at report was 11.95 ± 4.42 when all children analyzed together. The age of both reporting and sexual abuse was younger in boys than in girls (Table 1). While sexual abuse reports have increased over the years, they seem to have decreased in 2019. In 2020, when there was the COVID-19 pandemic, it was at its lowest level. It started to increase again after this year (Figure 1). Sexual touching was the most frequently reported method of sexual abuse with 42 cases (Figure 2). The most common abuser was male cousin with 20.3%, 4 of the victims were boys and 11 were girls. The incest rate was 12.1% (Figure 3).

A 2-year-old girl and a 5-year-old boy were consulted from the dermatology clinic due to perianal warts. A 3-year-old girl was consulted due to genital wart detected after vaginal bleeding. The method of sexual abuse was unknown in these cases.

22.9% of the cases were followed up in the outpatient clinic before reporting abuse. 60 (81%) of the victims received at least one psychiatric diagnosis after the

Table 1. The comparison of reporting and sexual abuse age between genders

Variable	Male N:23 Median (25th-75th)	Female N:51 Median (25th-75th)	p
Age	8 (6-12)	15 (13-16)	0.000
Abuse age	7 (6-9)	13.5 (10-16)	0.000

Mann-Whitney U test
N: Number

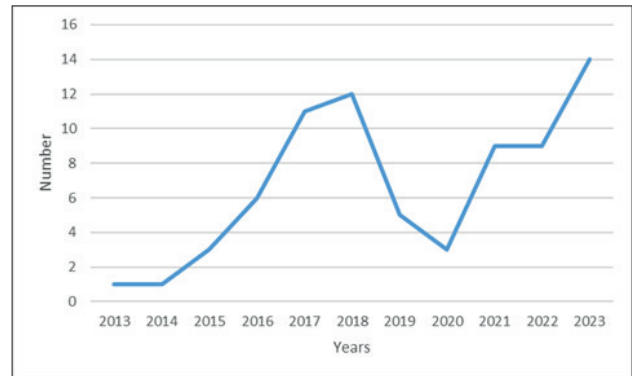


Figure 1. Change in the number of sexual abuse reports over the years

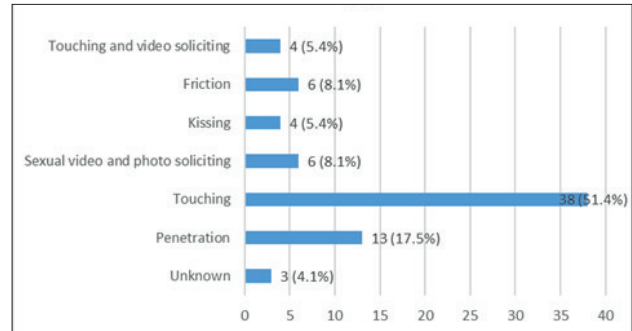


Figure 2. Reported methods of child sexual abuse

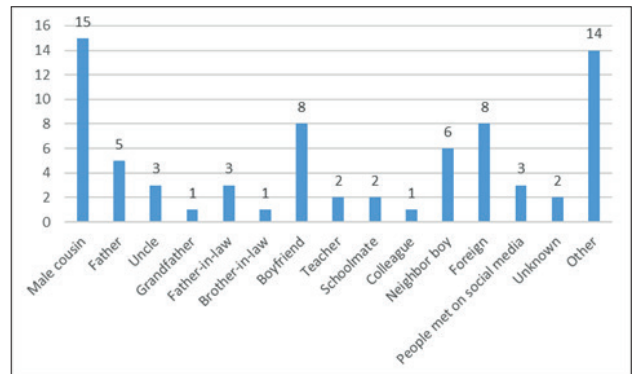
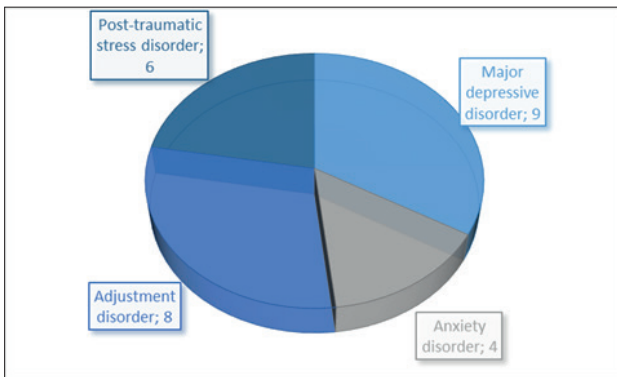


Figure 3. Distribution of sexual abuse suspects

Table 2. The distribution of psychiatric diagnoses among all cases

Diagnoses	Number	%
Attention-Deficit Hyperactivity Disorder	16	21.6
Major Depressive Disorder	14	18.9
Post-traumatic Stress Disorder	10	13.5
Adjustment Disorder	8	10.8
Conduct Disorder	8	10.8
Anxiety Disorders	6	8.1
Bipolar Affective Disorder	4	5.4
Obsessive-Compulsive Disorder	1	1.3

**Figure 4.** Diagnoses as a consequence of child sexual abuse

examination. The most common diagnosis of patients was attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) (Table 2). Drug treatment was recommended for 57 of the patients, and the most commonly used drug group was selective serotonin reuptake inhibitors (49.1%). Psychiatric diagnoses after sexual abuse were identified in 27 cases, and 23 of them were girls. The most common diagnosis was major depressive disorder with 33.3% (Figure 4). Suicide attempts due to sexual abuse were detected in 11 cases.

DISCUSSION

In this study, sexual abuse reports from the last 10 years were evaluated. The age of both sexual abuse and reporting was younger in boys than in girls. Reporting of sexual abuse was lowest in the first year of the COVID-19 pandemic. Sexual touching was the most frequently reported method of sexual abuse and the most common abuser was male cousin. Diagnoses as a consequence of child sexual abuse were identified in 27 cases and 23 of them were girls.

Consistent with the literature, reports of abuse were more frequent in girls than in boys. In our study, girls reported sexual abuse approximately twice as much as boys. There were also studies reporting a 2-3 times difference (14,15). While boys were victims of abuse at earlier ages, the abuse of girls increased during adolescence. The development of secondary sexual characters in girls may contribute to this situation. The decrease in reports among boys during adolescence may also be due to concerns about homosexuality. It is not easy for children and adolescents to share the sexual abuse they were exposed. Being threatened, the abuser being a member of the family, the idea that their families will not support them, and feelings of shame may delay children's disclosure of sexual abuse. As a matter of fact, in our study, there was a difference between the age of abuse and the age of reporting.

Reports of sexual abuse seem to be increasing over the years in our study. In addition to the increase in the number of patients applying to outpatient clinics, the awareness of children and families due to increasing public service announcements and training given in schools may also be a reason for this. The fewest reports were made in 2020. It is thought to be because it was the first year of the pandemic. The number of patients applying to child psychiatry outpatient clinics decreased significantly during this period in Turkey (16). During this period, schools were closed and curfews were imposed to prevent the transmission of the disease. At the same time, individuals' fear of disease transmission may also be associated with a reduction in hospital admissions. However, there are studies reporting an increase in sexual abuse rates after the COVID-19 pandemic (17,18).

Sexual touching was the most common method of sexual abuse in our study. In a study from Turkey, it was reported that 46.8% of the cases were exposed to sexual abuse in the form of touching (12). Touching the body was the most reported type of sexual abuse, reported in 45.7% of cases, in another study from Turkey (11). Because sexual touching is difficult to understand and define for young children, it is possible that some children may not be reported at all. Penetration was reported in 17.5% of the cases in our study, and it was found to be as high as 46% in another study (10). This difference may have been

caused by the fact that, that study was conducted on cases that were victims of sexual abuse and evaluated for the purpose of preparing a forensic report. It is also possible that children who are victims of penetrative sexual abuse may apply directly to law enforcement before psychiatric examination.

There were many different suspected abusers in the history in the current study. Sometimes they can be a family member who can approach the child more easily and gain a sense of trust, while sometimes they can be a friend of the child or someone they don't know. Someone the child or family members know and trust commits 91% of child sexual abuse (2). The most reported abusers were male cousins. Reasons such as cousins knowing each other from an early age, the abuser gaining the trust of the victim, being together more due to holidays and special occasions may cause this situation. The incest rate was 12.1%, so abusers such as fathers, uncles, and grandfather were also found in our study. If there are signs of sexual abuse during the interview, it is useful to keep incest, which is more difficult to reveal, in mind. With the increase in the use of the Internet and social media, people met through these platforms can also become abusers.

Existing psychiatric disorders have been found to be risky for sexual abuse (4). As a matter of fact, almost quarter of the cases included in our study had a psychiatric disorder before. Also, 81% of the patients received at least one psychiatric diagnosis after the examination. The most common diagnosis was ADHD with 21.6%. Most studies have found a significant relationship between sexual abuse and ADHD, in which sexual abuse was found to be a precursor to ADHD (19). In the study including 4910 adolescents, any sexual abuse experience was found to be 28.7% for females and 13.3% for males. 48% of male adolescents and 47% of female adolescents with co-occurring ADHD and depression reported a history of sexual abuse in this study (20). Longitudinal studies are needed in order to determine whether ADHD occurs as a result of sexual abuse, or whether children and adolescents with ADHD are more likely to be victims of abuse.

Mental disorders that occur after sexual abuse are also important. Depression, anxiety, PTSD, and

adjustment disorder emerged as a cause and effect relationship between the event. Childhood sexual abuse has been associated with many psychiatric disorders such as PTSD, depression, eating disorders, behavioral disorders, panic disorder, borderline personality disorder and alcohol use (21). Suicide attempts occurred in approximately 15% of cases after sexual abuse in our study. Sexual abuse was linked to risky behavior and impulsivity, as well as an increase in suicidality. It is thought to contribute both directly and indirectly to suicidal behavior. The direct effect of sexual abuse, resulting psychopathologies and personality traits seem to be related to suicide (21). In our study, gender difference was found in psychiatric disorders detected after sexual abuse. In the literature, there are studies reporting gender differences in psychiatric disorders after sexual abuse (22,23). More PTSD, depression and dissociation symptoms were reported by caregivers after trauma in females (24). This difference may be related to biological factors such as genetic, the interaction between the endocrine system and neuronal networks after trauma, as well as the difference in coping mechanisms and social support between the genders (25-28).

There is another important issue in this study. Sometimes suspicion of sexual abuse arises during an examination in another department. In this context, interdepartmental cooperation is also important. The first sign of sexual abuse may be a spontaneously detected infection. Three patients were referred from dermatology outpatient clinics due to Human Papilloma Virus infection. It is noteworthy that these children are quite young. The presence of this sexually transmitted infection in a young child first brings to mind sexual abuse. It should be kept in mind that in such infections, the abuser may be a family member.

Limitations

The retrospective nature of the study and the small number of sample were the limitations of the study.

CONCLUSIONS

In this study, both sexual abuse age and age at reporting were younger in boys than in girls. The reduced number of reports in COVID-19 restrictions

suggests that such important events that concern the whole community can reduce the number of reports, which can lead to reduced hospital admissions. Although there were many suspected abusers, the fact that most of them were male cousins supports that the abusers were mostly people who had close relationships with children. The fact that the majority of the cases with psychiatric disorders after abuse were female supports the difference between genders in terms of the development of psychiatric pathology. And finally, sexually transmitted infections may be the first sign of sexual abuse in young children.

Child sexual abuse continues to be an important phenomenon. In addition to the history of sexual abuse obtained from children and adolescents and their families, clinicians should be questioning for possible sexual abuse in cases with some psychiatric symptoms such as depressive symptoms, fear, anxiety, aggression, intense preoccupation with sexual issues, decreased school performance, sleep problems and regressive behaviors such as sucking thumb, bedwetting, using baby talk. Reports to the judicial authorities are important for both the legal responsibility of the clinician and the protection of the child victim of abuse, preventing the repetition of abuse and similar actions of the abuser against other children. Although child psychiatrists have important responsibilities in this regard, in order to reduce sexual abuse, it will be useful to educate children starting in the family and continuing at school and effectively implement preventive programs.

Ethics approval and consent to participate: *The study was approved by the Erciyes University Clinical Research Ethics Committee (date and number 08.11.2023/2023/737)*

Competing interests: *No competing interests are declared by the authors.*

Funding: *No funding was received from any source for the completion of this work*

REFERENCES

- Murray LK, Nguyen A, Cohen JA. Child sexual abuse. *Child Adolesc Psychiatr Clin N Am* 2014;23:321-337. <https://doi.org/10.1016/j.chc.2014.01.003>
- CDC. Fast Facts: Preventing Child Sexual Abuse | Violence Prevention | Injury Center | CDC. [cited 2023 Dec 27]. Available from: https://www.cdc.gov/child-abuse-neglect/about/about-child-sexual-abuse.html?CDC_AAref_Val=https://www.cdc.gov/violenceprevention/childsexualabuse/fastfact.html
- WHO. Lifetime prevalence of child maltreatment. [cited 2023 Dec 29]. Available from: [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/lifetime-prevalence-of-child-sexual-abuse\(-\)#](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/lifetime-prevalence-of-child-sexual-abuse(-)#)
- Assink M, van der Put CE, Meeuwse MWCM, de Jong NM, Oort FJ, Stams GJJM, Hoeve M. Risk factors for child sexual abuse victimization: a meta-analytic review. *Psychol Bull.* 2019;145:459-489. <https://doi.org/10.1037/bul0000188>
- Banvard-Fox C, Linger M, Paulson DJ, Cottrell L, Davidov DM. Sexual assault in adolescents. *Prim Care.* 2020;47:331-349. <https://doi.org/10.1016/j.pop.2020.02.010>
- Wurtele SK. Preventing sexual abuse of children in the twenty-first century: preparing for challenges and opportunities. *J Child Sex Abus.* 2009;18:1-18. <https://doi.org/10.1080/10538710802584650>
- Noll JG. Child sexual abuse as a unique risk factor for the development of psychopathology: the compounded convergence of mechanisms. *Annu Rev Clin Psychol.* 2021;17:439-464. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-081219-112621>
- Adams J, Mrug S, Knight DC. Characteristics of child physical and sexual abuse as predictors of psychopathology. *Child Abuse Negl.* 2018;86:167-177. <https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2018.09.019>
- Türk Ceza Kanunu. Available from: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.5237.pdf>
- Dönmez EY, Soylu N, Özel Özcan Ö, Yüksel T, Çalışkan Demir A, Çon Bayhan P, Yıldız Miniksar D. Cinsel istismar mağduru çocuk ve ergen olgularımızın sosyodemografik ve klinik özellikleri. *Turgut Özal Tıp Merk Derg.* 2014;21:44-48.
- Öztop DB, Özcan Özel Ö. Cinsel istismar vak'alarının sosyodemografik ve klinik özelliklerinin değerlendirilmesi. *Yeni Symp.* 2010;48:270-276.
- Göker Z, Aktepe E, Tural Hesapçıoğlu, Kandil S. Cinsel istismar mağduru olan çocukların başvuru şekilleri, klinik ve sosyodemografik özellikleri. *SDÜ Tıp Fak Derg.* 2010;17:15-21.
- Çetin K, Altın H. Cinsel istismara uğramış çocukların sosyodemografik değerlendirilmesi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Ereğli Eğitim Fakültesi Derg.* 2019;1:135-147.
- Barth J, Bermetz L, Heim E, Trelle S, Tonia T. The current prevalence of child sexual abuse worldwide: a systematic review and meta-analysis. *Int J Public Health.* 2013;58:469-483. <https://doi.org/10.1007/s00038-012-0426-1>
- Finkelhor D. The prevention of childhood sexual abuse. *Futur Child.* 2009;19(2):169-194. <https://doi.org/10.1353/foc.0.0035>
- Ayraler Taner H, Akın Sarı B, Kaba D. How did the COVID-19 pandemic affect child and adolescent psychiatry outpatient clinic admissions? A single-center, retrospective study. *Clin Child Psychol Psychiatry.* 2022;27:824-835. <https://doi.org/10.1177/13591045221095657>
- Mekaoui N, Aouragh H, Jeddi Y, Rhalem H, Dakhama BSB, Karboubi L. Child sexual abuse and COVID-19 pandemic: another side effect of lockdown in Morocco. *Pan Afr Med J.* 2021;38:57. <https://doi.org/10.11604/pamj.2021.38.57.27385>
- Augusti EM, Myhre MC, Wentzel-Larsen T, Hafstad GS. Violence and sexual abuse rates before and during the Covid-19 pandemic: a prospective population-based study on Norwegian youth. *Child Abuse Negl.* 2023;136:106023. <https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2023.106023>

19. Langevin R, Marshall C, Wallace A, Gagné ME, Kingsland E, Temcheff C. Disentangling the associations between attention deficit hyperactivity disorder and child sexual abuse: a systematic review. *Trauma Violence Abuse*. 2023;24(2):369–389. <https://doi.org/10.1177/15248380211030234>
20. Sonnbly K, Åslund C, Leppert J, Nilsson KW. Symptoms of ADHD and depression in a large adolescent population: Co-occurring symptoms and associations to experiences of sexual abuse. *Nord J Psychiatry*. 2011;65:315–322. <https://doi.org/10.3109/08039488.2010.545894>
21. O'Brien BS, Sher L. Child sexual abuse and the pathophysiology of suicide in adolescents and adults. *Int J Adolesc Med Health*. 2013;25:201–205. <https://doi.org/10.1515/ijamh-2013-0053>
22. Soylu N, Ayaz M, Gökten ES, Alpaslan AH, Dönmez YE, Özcan ÖÖ, Ayaz AB, Tufan AE. Gender differences in sexually abused children and adolescents: a multicenter study in Turkey. *J Child Sex Abus*. 2016;25(4):415–427. <https://doi.org/10.1080/10538712.2016.1143073>
23. Gault-Sherman M, Silver E, Sigfúsdóttir ID. Gender and the associated impairments of childhood sexual abuse: a national study of Icelandic youth. *Soc Sci Med*. 2009;69(10):1515–1522. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2009.08.037>
24. Wamser-Nanney R, Cherry KE. Children's trauma-related symptoms following complex trauma exposure: evidence of gender differences. *Child Abuse Negl*. 2018;77:188–197. <https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2018.01.009>
25. Helpman L, Zhu X, Suarez-Jimenez B, Lazarov A, Monk C, Neria Y. Sex differences in trauma-related psychopathology: a critical review of neuroimaging literature (2014–2017). *Curr Psychiatry Rep*. 2017;19(12):104. <https://doi.org/10.1007/s11920-017-0854-y>
26. Garza K, Jovanovic T. Impact of Gender on Child and Adolescent PTSD. *Curr Psychiatry Rep*. 2017;19(11):87. <https://doi.org/10.1007/s11920-017-0830-6>
27. Andrews B, Brewin CR, Rose S. Gender, social support, and PTSD in victims of violent crime. *J Trauma Stress*. 2003;16(4):421–427. <https://doi.org/10.1023/A:1024478305142>
28. Olf M, Langeland W, Draijer N, Gersons BP. Gender differences in posttraumatic stress disorder. *Psychol Bull*. 2007;133(2):183–204. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.133.2.183>

The common effect of dysbarism-related diffuse arterial air embolism and rare CO toxicity during SCUBA diving

SCUBA dalışı sırasında disbarizme bağlı yaygın arteriyel hava embolisi ve nadir CO toksisitesinin ortak etkisi

 Ziyaettin Erdem¹,
0000-0003-4993-4528

 Ebru Yaşat Aksay²,
0000-0002-4699-0412

 Toygün Anıl Özesen³,
0000-0001-9116-5844

 Kenan Kaya⁴
0000-0002-4157-2262

ABSTRACT

Due to the pressure changes during a dive, various traumatic effects can range from mild paresis to death, affecting organs and tissues containing air, especially the middle ear, lung, and sinuses. In this case, the autopsy of a male experienced diver, who was found floating prone on the sea surface and was unresponsive when transported to the hospital, was conducted. After evaluating all the findings, it was concluded that the cause of death was the combined effect of rare carbon monoxide (CO) toxicity and diffuse arterial air embolism due to dysbarism.

Keywords: *Diving fatalities, gas embolism autopsy, decompression sickness*

ÖZET

Dalış sırasında basınç değişimine bağlı olarak orta kulak, akciğer ve sinüsler başta olmak üzere hava içeren organ ve dokularda hafif pareziden ölüme kadar değişen çeşitli travmatik etkiler ortaya çıkmaktadır. Olgumuzda, deniz yüzeyinde yüzüstü pozisyonda bulunan ve hastaneye nakledildiğinde yaşam bulgusu olmayan deneyimli erkek dalgıcın otopsiyi tarafımızdan yapılmıştır. Tüm bulgular birlikte değerlendirildiğinde; ölüm nedeninin nadir görülen karbonmonoksit toksisitesinin ortak etkisi ve disbarizme bağlı diffüz arteriyel hava embolisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Dalış ölümleri, gaz embolisi otopsi, dekompresyon hastalığı*

Cite as: Erdem Z, Yaşat Aksay E, Özesen TA, Kaya K. The common effect of dysbarism-related diffuse arterial air embolism and rare CO toxicity during SCUBA diving. J For Med 2024;38(3):262–266

Received: 04.12.2023 • **Accepted:** 20.10.2024

Corresponding Author: Dr. Toygün Anıl Özesen, Adana Adli Tıp Grup Başkanlığı, Adana, Türkiye
E-mail: toygunanilozenes@gmail.com

¹Eskişehir Branch Office, The Council of Forensic Medicine, Eskişehir, Türkiye

²Ceyhan Branch Office, The Council of Forensic Medicine, Adana, Türkiye

³Adana Regional Office, The Council of Forensic Medicine, Adana, Türkiye

⁴Cukurova University, Faculty of Medicine/Department of Forensic Medicine, Adana, Türkiye



Turkish Journal of Forensic Medicine is licensed
under a Creative Commons Attribution 4.0
International License.

INTRODUCTION

Self-Contained Underwater Breathing Apparatus (SCUBA) diving is increasingly popular in Turkey. This activity, performed under various physical conditions, carries inherent risks that can result in illness, disability, or death. As the number of SCUBA divers increases, so do dive-related deaths (1). Loss of consciousness underwater can lead to drowning, and underwater scenarios that cause unconsciousness carry a high mortality risk (2). Factors such as hypoxia, fluid aspiration, vomiting and aspiration of vomitus, hypothermia, dangerous marine creatures, decompression sickness, arterial gas embolism (AGE), nitrogen narcosis, CO toxicity, O₂ toxicity, CO₂ retention, and pre-existing conditions like diabetes, ischemic heart disease, and epilepsy can alter consciousness during a dive (3).

Dysbarism, a general term for pressure changes, can cause barotrauma, which refers to trauma from the mechanical effects of these changes. Pressure changes can lead to various traumatic effects, from mild bleeding and paresis to death, particularly affecting air-containing organs like the middle ear, lung, and sinuses (4).

SCUBA diving involves using portable breathing equipment that allows air/gas breathing at pressure appropriate to the ambient pressure at the current depth, enabling longer underwater stays. High-pressure gas in the breathing apparatus can be atmospheric air or gas mixtures like Trimix (Nitrogen + Helium + Oxygen), Heliox (Helium + Oxygen), and Nitrox (Nitrogen + Oxygen) to mitigate pathological effects of increased partial pressure. SCUBA systems can be open-circuit (where expired air is released) or closed-circuit (where expired air is reused after CO₂ removal and O₂ replenishment) (1).

CO is a toxic, colorless, odorless, and tasteless gas, produced in small amounts by hemoglobin metabolism in the body and from the incomplete combustion of carbon-containing substances. If the exhaust of the compressor used for compressed air is too close to the air inlet, CO can contaminate the breathing air (1). CO binds to hemoglobin with 200 times the affinity of oxygen, causing hypoxia by shifting the oxyhemoglobin dissociation curve to

the left (5). COHb levels below 10% may show no symptoms, while higher levels can cause headaches (in 20-30%), weakness, nausea, vomiting, drowsiness, sweating, blurred vision (in 30-40%), and severe symptoms like Cheyne-Stokes respiration, loss of consciousness, convulsions, coma, and death (in over 40%) (1).

SCUBA diving deaths are rare in routine autopsies, and not all forensic specialists have sufficient experience with such cases. This study aims to discuss the death examination and autopsy findings of a patient who died from the combined effects of dysbarism-related diffuse arterial air embolism and rare CO toxicity during SCUBA diving.

CASE

The autopsy of the body who found floating prone position on water surface after SCUBA diving and reported as forensic case was performed by us. His relatives and SCUBA group members who diving together testified that went to the sea for diving, they made diving, last seen when the person swam to the surface of the water, the group members did not see the person after the diving, they started to search him and informed to 158 (Coast Guard) and 112 (Emergency medical Services). They explained that the body was located 30-40 meters far from the diving route, the mask was on his face, but the regulator that allows him to breathe was not in his mouth, didn't move, was bruised and there was vomit contamination in his mouth and equipment. It was stated that he had made cardiopulmonary resuscitation by his teammates after he had been taken to the boat and he was disembarked and was transferred to the hospital by ambulance within half an hour but the person could not be saved.

External examination of the body by the physician on duty revealed that there was no compression on the back of the body and livor mortis was detected in light red color.

The initial external examination showed livor mortis on the back and no signs of trauma, assault, or fractures. Blood contamination was present in the mouth and nose, with a bitten tongue and slight discoloration in the head and neck area.

X-ray examination of the whole body was performed before the autopsy. However, due to artifacts and problems with the position of the body, the image associated with air embolism could not be evaluated.

During the autopsy, we carefully opened the skull, taking great care to avoid damaging the vascular system, in light of the possibility of arterial air embolism. Upon dissecting the dura mater, air was observed in the cerebral vessels of the parietal and frontal lobes. To prevent iatrogenic air leakage into the intracranial vessels before the brain was removed, the vertebral artery and carotid internas were clamped and then severed at the clamped points. The intracranial organs and tissues were then removed from the skull. A detailed examination of the circle of Willis revealed air movement within the cerebral arteries, basilar arteries, and communicating arteries. Hemorrhage was noted in the mastoid cells when the cranial base bones were examined.

Upon opening the chest, we removed the sternum and made a small, smooth incision in the pericardium, which we filled with water to create a small pool. A second incision was made in the right heart with a long scalpel, causing air bubbles to emerge from the water-filled pericardium. The lungs appeared swollen, bright, stretched, and showed bleeding on their anterior surfaces. Foamy fluid was released from the lung sections without any pressure being applied. This foamy fluid was also observed in the trachea, bronchi, and bronchioles. Fractures were detected at the third intercostal level on the sternum and bilateral ribs two to five along the midclavicular line, likely caused by cardiopulmonary resuscitation (CPR) efforts, as there was no accompanying ecchymosis. No macroscopic pathological findings were detected in other tissues and organs examined.

Histopathological examination of tissues collected during the autopsy did not reveal any microscopic findings that could have influenced the cause of death. However, analysis of a blood sample taken from the body revealed a carboxyhemoglobin (COHb) level of 33.9%. Based on the autopsy results, it was concluded that the individual's death was

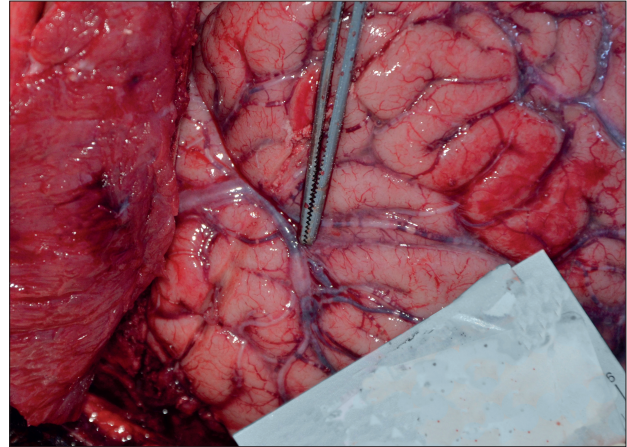


Figure 1.

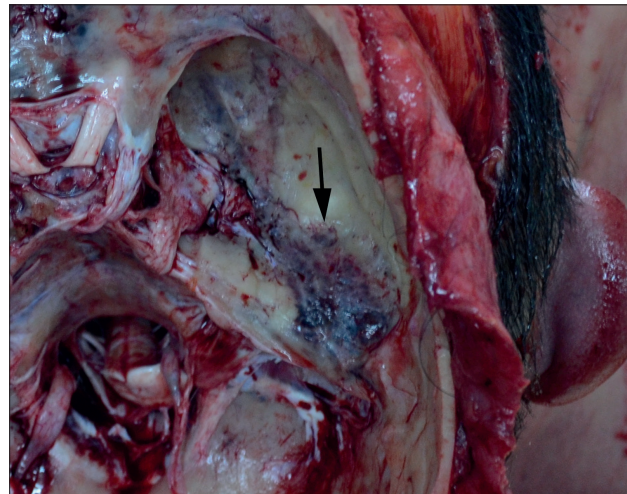


Figure 2.

due to the combined effects of carbon monoxide poisoning, decompression sickness, and arterial gas embolism.

DISCUSSION

Under normal conditions, there is a balance between outdoor pressure and the pressure within air-filled organs and tissues. Changes in outdoor pressure produce corresponding effects based on the rate of pressure change in the body. Air-containing organs and tissues, such as the middle ear, lungs, sinuses, and gastrointestinal tract, are particularly affected in individuals frequently and intensely exposed to pressure changes, such as SCUBA divers. Severe manifestations and fatal outcomes can occur when

blood circulation to vital organs is compromised due to pathologies in the circulatory system (6). The Decompression sickness, a form of dysbarism, is common among divers. It occurs when divers ascend too quickly from deep water to the surface, failing to allow adequate breaks for the body to acclimate to the pressure changes. Rapid ascent prevents the effective removal of non-reactive gases, like helium, used during diving. The gases dissolved in the blood form bubbles as the pressure decreases, obstructing tissue perfusion by transitioning from a liquid to a gaseous state. The condition can manifest in a range of symptoms from fatigue and dyspnea to paraplegia and even death (7). Arterial gas embolism occurs when bubbles form in the arterial system due to decompression. These bubbles can block blood vessels, causing infarction in the organs and tissues they supply (7). Additionally, air embolism may occur when air enters the blood vessels through ruptured alveolar walls due to lung expansion and contraction. This can lead to symptoms such as chest pain, loss of consciousness, vision and hearing loss, and dyspnea if vital organs like the brain, heart, and lungs are affected. If the vessels supplying the extremities are blocked, symptoms such as numbness, weak pulse, paleness, coldness, and pain can occur.

Carbon monoxide (CO) and carbon dioxide (CO₂) gases, which can be present in the compressed air used by divers, may enter the breathing air due to a compressor malfunction or a failure in the filtration system, leading to poisoning (8). In our case, the toxicology report indicated a carboxyhemoglobin (COHb) level of 33.9% in the blood. COHb levels between 30-40% can cause symptoms such as weakness, nausea, vomiting, drowsiness, sweating, and blurred vision. When the forensic investigation file related to the incident was examined, it was seen that it was reported that the CO rate was high in the oxygen cylinder examined in the case. When evaluating the crime scene, medical history, autopsy findings, histopathology, and toxicology results, it was considered that the diver likely experienced impaired consciousness due to CO poisoning. This impaired state could have led to the diver's rapid ascent to the water surface, resulting in decompression sickness. The presence of vomit in the mouth and on the equipment further supports

the occurrence of CO poisoning, as vomiting is a common symptom of CO exposure.

The mortality rate associated with SCUBA diving activity is reported to be 163 deaths per 1,000,000 divers per year, or approximately 1 in 6,000 divers (9). According to data from the Professional Association of Diving Instructors (PADI) in 2009, an organization that regulates 60-70% of SCUBA diver certifications worldwide, the number of certified divers has exceeded 18.4 million since 1967, with more than 500,000 new divers being certified annually (10). The Divers Alert Network (DAN) publishes an annual report on diving accidents. The 2006 report investigated the causes of death in 88 American and Canadian divers who died in diving accidents. The most common cause of death was drowning, accounting for 56 cases, followed by acute cardiac problems and arterial gas embolism. The study also noted that trauma and CO intoxication were less common causes of death during diving. In 10% of cases, the cause of death could not be determined due to the inability to recover the body or make a definitive diagnosis (11).

Lippmann's report on DAN Asia-Pacific data indicates that SCUBA-related mortality in Australian divers is 0.7 per 100,000 dives and 8.5 per 100,000 divers. This report, which examined 351 fatalities between 1972 and 2005, identified several factors that triggered accidents: equipment problems (15%), issues with air/respiratory gas (15%), poor water conditions (13%), anxiety/stress (9%), excessive effort (9%), collision with a boat, vomiting, fluid aspiration, attempted suicide (22%), and unidentified factors (17%). The primary cause of death was drowning, accounting for 50% of cases, followed by arterial gas embolism (AGE) at 19% and cardiac problems at 14% (1,12).

A study conducted by the Department of Underwater and Hyperbaric Medicine at Istanbul University analyzed fatal diving accidents between 2007 and 2013 at forensic medicine units in Istanbul, Adana, Izmir, Bursa, Mersin, Çanakkale, Aydın, Muğla, and the Turkish Underwater Sports Federation. The study reported 20 deaths due to SCUBA diving accidents. Of these, 12 (60%) were due to drowning in water. Two cases (10%) were

attributed to “asphyxia caused by air embolism and drowning in water.” One case (5%) involved “complications from oxygen-free underwater environments.” Another two cases (10%) were due to “air embolism.” There was one case (5%) of “blunt force trauma, including left arm amputation, right brachial artery/vein injury, rib fractures with right lung contusion, and external bleeding.” One case (5%) was due to “pulmonary edema caused by decompression and AGE.” Finally, one case (5%) was due to “CO intoxication caused by problems in the SCUBA tube.” (1). In our case, it was concluded that the individual, who lost consciousness due to carbon monoxide poisoning, swam uncontrollably and rapidly to the surface of the water. This rapid ascent led to decompression and arterial gas embolism (AGE). The death was determined to be the result of the combined effects of carbon monoxide poisoning, decompression, and AGE.

CONCLUSION

In all of the deaths caused by the SCUBA diving accident, the components of the SCUBA tank gas mixture need to be evaluated, especially in terms of CO (13). When evaluating CO amount, increase in the partial pressure of CO with the increase of outdoor pressure in the underwater environment aggravate CO's toxic effects in body and accordingly the measured value in tube air may not be parallel with the clinical results (1). The forensic doctor should know that autopsy findings alone are not sufficient to determine the cause of death in dive-related deaths and should be aware that incorrect results may arise due to common postmortem changes that may be misinterpreted (14). Postmortem examination should not be initiated until the conditions in which the death occurs are fully examined, but an autopsy should be performed as soon as possible to prevent postmortem changes that may mask the findings or lead to false evaluations (13,14).

This study was presented as an oral presentation in “17th Forensic Medicine Days with International Participation” on 13-16 October 2022, Aksu-Antalya.

Competing interests: No competing interests are declared by the authors.

Funding: No funding was received from any source for the completion of this work

REFERENCES

1. Koca E, Sam B, Arican N, Toklu AS. Evaluation of fatal diving accidents in Turkey. *Undersea Hyperb Med* 2019;45(6):633–638. <https://doi.org/10.22462/11.12.2018.2>
2. Strauss MB, Borer Jr RC. Diving medicine: contemporary topics and their controversies. *Am J Emerg Med*. 2001;19(3):232–238. <https://doi.org/10.1053/ajem.2001.22654>
3. Edmonds C. Diving medicine for SCUBA divers. *Diving Hyperb Med*. 2012;42(2):108–108.
4. Akçan R, Tümer AR, Odabaşı Balseven A, Karacaoğlu E. Disbarizm kaynaklı ölüm olgularına adli tıbbi yaklaşım. *Adli Tıp Derg*. 2011;25(1):41–48.
5. Weaver LK. Carbon monoxide poisoning. *N Engl J Med*. 2009;360(12):1217–1225. <https://doi.org/10.1056/NEJMcp0808891>
6. Kim YS. Forensic review of underwater diving-related death. *Korean J Legal Med*. 2002;26(1):17–26.
7. Muth C, Shank E, Larsen B. Severe diving accidents: physiopathology, symptoms, therapy. *Anaesthesist*. 2000;49(4):302–316. <https://doi.org/10.1007/s001010050832>
8. Aktaş Ş. Yüksek basınçla ilişkili patolojilere yaklaşım. *Yoğun Bakım Derg*. 2005;5(4):208–220.
9. Denoble P, Caruso J, de L Dear G, Pieper CF, Vann R. Common causes of open-circuit recreational diving fatalities. *Undersea Hyperb Med*. 2008;35(6):393–406. PMID: 19175195
10. Richardson D. Training scuba divers: a fatality and risk analysis. 2010. p. 119. Corpus ID: 107280143
11. Denoble PJ, Pollock NW, Vaithyanathan P, Caruso JL, Dovenbarger JA, Vann RD. Scuba injury death rate among insured DAN members. *Diving Hyperb Med*. 2008;38(4):182–188. PMID: 22692749
12. Lippmann J. Review of scuba diving fatalities and decompression illness in Australia. *Diving Hyperb Med*. 2008;38(2):71–78. PMID: 22692688
13. Lawrence C, Cooke C. Autopsy and the investigation of scuba diving fatalities. *Diving Hyperb Med-South Pacific Underwater Medicine Society*. 2006;36(1):2. Corpus ID: 130672851
14. Caruso J. The forensic investigation of recreational diving fatalities. *Recreational Diving Fatalities Proceedings of the Divers Alert Network 2010 April*. 2011. p. 8–10. Corpus ID: 74056956

Adli uygulamalarda yeni nesil dizileme teknolojilerinin yeri ve önemi

The role and importance of next generation sequencing technologies in forensic applications

İD Tuğba Tezcan¹,
0000-0003-2216-4084

İD Mukaddes Asena Yıldırım²,
0000-0003-0974-2492

İD Selin Özkan-Kotiloğlu³
0000-0002-2262-5613

İD Dilek Kaya-Akyüzlü^{4*}
0000-0002-3305-0587

ÖZET

Günümüzde tüm dünyada adli kimliklendirmede otozomal STR (Short Tandem Repeat; Kısa Ardışık Tekrarlar) analizi altın standart olarak kabul edilmektedir ve birçok adli vaka için STR tiplmesi yeterli ayırım gücü sağlamaktadır. Özellikle can kaybının çok olduğu, vücut bütünlüğünün bozulduğu ve DNA örneğinin az ya da karışmış veya parçalanmış olduğu felaket kurbanlarının kimliklendirilmesinde X ve Y kromozomu STR belirteçleri (X-STR ve Y-STR) ve mitokondriyal DNA analizi gibi ilave belirteçlerden de yararlanılmaktadır. Vücut sıvılarının kimliklendirilmesi, monozigotik ikizlerin ayrılması ve ölüm zamanının belirlenmesinde ise DNA metilasyon kalıpları ve miRNA analizleri gibi epigenetik değişiklikler değerlendirilmektedir. Tüm bu adli belirteçlerin yetersiz kaldığı vakalarda son yıllarda Yeni nesil dizileme (YND) teknolojilerinden de yararlanılmaktadır. YND tüm ekzom ya da tüm genomu hızlı bir şekilde dizileyen ve genom hakkında geniş çaplı bilgi edinmemizi sağlayan bir teknolojidir. Adli kimliklendirme ve vücut sıvılarının kimliklendirilmenin yanı sıra adli entomolojik çalışmalar, kimerizm tespiti, soy ve fenotipik çıkarım araştırmaları da YND teknolojileri sayesinde hızlı ve güvenilir bir şekilde yapılabilmektedir. Bu derleme YND teknolojilerinin adli kimliklendirme ve diğer adli uygulamalardaki yeri ve önemine odaklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yeni nesil dizileme, adli kimliklendirme, adli uygulamalar

ABSTRACT

The use of autosomal STR (short tandem repeat) analysis is now accepted as the gold standard in forensic identification worldwide. STR typing provides sufficient discrimination power for many forensic cases. Furthermore, additional markers, such as X and Y chromosome STR markers (X-STR and Y-STR) and mitochondrial DNA analysis, are employed in the identification of disaster victims, particularly in instances where there is a considerable loss of life, compromised body integrity, and a paucity of DNA samples, or when the samples are fragmented or mixed. The evaluation of epigenetic changes, such as DNA methylation patterns and miRNA analyses, is employed in the identification of body fluids, the separation of monozygotic twins and the determination of the time of death. In instances where the aforementioned forensic markers prove inadequate, next-generation sequencing (NGS) technologies have been employed in recent years. NGS is a technology that rapidly sequences the entire exome or genome, thereby enabling the acquisition of a comprehensive range of genomic data. In addition to forensic identification and body fluid identification, forensic entomological studies, chimerism detection, ancestry research and phenotypic inference studies can be carried out rapidly and reliably thanks to NGS technologies. The objective of this review is to examine the role and importance of YND technologies in the context of forensic identification and other related forensic applications.

Keywords: Next generation sequencing, forensic identification, forensic applications

Cite as: Tezcan T, Yıldırım MA, Özkan Kotiloğlu S, Kaya Akyüzlü D. Adli uygulamalarda yeni nesil dizileme teknolojilerinin yeri ve önemi J For Med 2024;38(3):267-284

Received: 06.03.2024 • **Accepted:** 08.11.2024

Corresponding Author: Prof. Dr., Dilek Kaya-Akyüzlü, Ankara Üniversitesi, Adli Bilimler Enstitüsü, Ankara-Türkiye
E-mail: kayadilek79@gmail.com

¹Öğr. Gör., Kapatokya Üniversitesi, Tıbbi Laboratuvar Programı, Nevşehir, Türkiye;Doktora öğrencisi, Ankara Üniversitesi, Adli Bilimler Enstitüsü, Ankara, Türkiye

²Doktora öğrencisi, Ankara Üniversitesi, Adli Bilimler Enstitüsü, Ankara, Türkiye

³Doç. Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Kırşehir, Türkiye; Yüksek Lisans öğrencisi, Ankara

⁴Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Adli Bilimler Enstitüsü, Ankara, Türkiye



Turkish Journal of Forensic Medicine is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

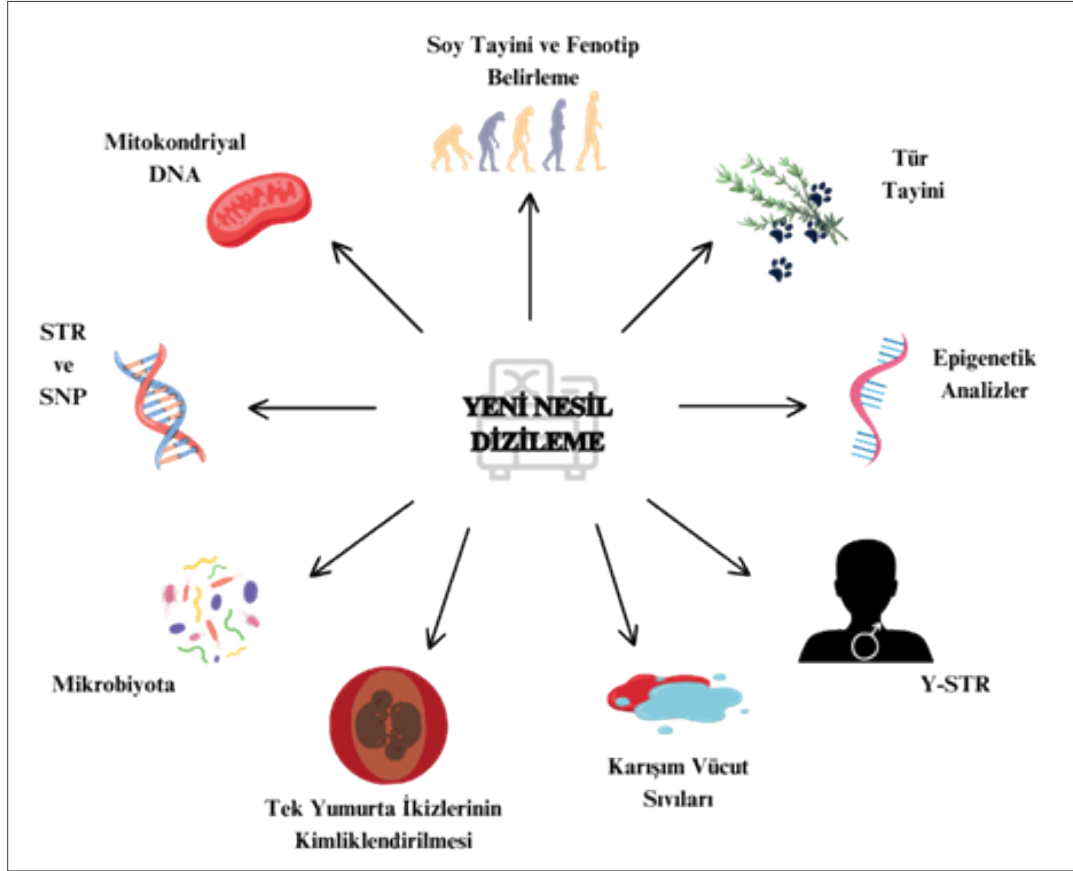
GİRİŞ

Adli kimliklendirme, DNA dizisindeki varyasyonların analiz edilmesiyle canlı ya da ölmüş bir bireyi tanımayı ve başka bireylerden ayırt etmeyi sağlamaktadır (1). Her çekirdekli hücrede bulunan DNA, insana ait tükürük, kan, semen, vajinal sekresyon ve ter gibi vücut sıvıları ile saç, diş ve kemik gibi biyolojik örneklerden elde edilebilmektedir (2). İnsan Genom Projesi, insan genomunun %99,9 oranında benzer olduğunu ortaya koymuştur. Kalan %0,1'lik kısımda ise genetik düzeyde farklılıklara neden olan varyasyonlar sayesinde DNA dizileri bireylere özgüdür (2,3). Genetik varyasyonlar tek nükleotit polimorfizmleri (SNP'ler), insersiyon/delesyonlar (in/del), tandem tekrar polimorfizmleri (VNTR'ler ve STR'ler), inversiyonlar, kopya sayısı varyasyonları (CNV) ve translokasyonlar gibi çeşitli şekillerde ortaya çıkabilir (4). Bireye özgü olan bu varyasyonlar adli kimliklendirme sürecinde araştırılabilmektedir (5). Dolayısıyla adli biyolojik bulgulardan elde edilen DNA analiz edilerek, birçok adli olayın çözülmesinde güçlü bir kanıt olarak kullanılmaktadır (6). Günümüzde tüm dünyada adli kimliklendirmede otozomal STR (Short Tandem Repeat; Kısa Ardışık Tekrarlar) analizi altın standart olarak kabul edilmektedir ve birçok adli vaka için STR tiplemesi yeterli ayırım gücü sağlamaktadır (7). Otozomal STR'ler polimorfik olmaları, analizlerinin kolay ve ucuz olması, oluşan profilin yorumlanmasının basit olması ve mutasyon oranının düşük olması gibi nedenlerle kabul görmektedir. Bununla birlikte, yüksek düzeyde bozulmuş ve kontamine olmuş biyolojik örnekler adli DNA analizlerini zorlaştırabilmektedir. Adli DNA analizlerindeki bir diğer zorluk birden fazla bireyin DNA'sını içeren karışım örneklerinde DNA'ların kime ait olduğunun ayırt edilmesidir (7,8). Ayrıca, özellikle can kaybının çok olduğu, vücut bütünlüğünün bozulduğu ve DNA örneğinin az miktarda, karışmış ya da parçalanmış olduğu doğal afet, terör saldırıları, uçak kazaları gibi adli vakalarda kişilerin kimliklendirilmesinde sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu gibi zor adli kimliklendirme çalışmalarında X ve Y kromozomu STR belirteçleri (X-STR ve Y-STR), tek nükleotit polimorfizmleri (SNP'ler) ve mitokondriyal DNA dizilemesi gibi ek belirteçlerden de yararlanılmaktadır (8).

Son yıllarda çelişkili olguların aydınlatılmasında DNA profillemenin yanı sıra epigenetik araştırmalar da dikkat çekmektedir. Özellikle vücut sıvılarının kimliklendirilmesinde, monozigotik ikizlerin ayrılmasında, biyolojik örneğin yaşının tahmin edilmesinde ve ölüm zamanının belirlenmesinde metilasyon durumları, miRNA seviyeleri gibi epigenetik değişimler incelenerek değerlendirilmektedir. Ayrıca, adli örneklerden mikrobiyomun belirlenmesi kişinin son faaliyetlerini, ölüm sonrası geçen zamanı ve coğrafi konumunu belirlemede yardımcı olabilmektedir (9,10). Adli araştırmaların önemli bileşenlerinden biri de çeşitli hayvan ve bitki türlerinin incelenmesidir. Çeşitli hayvan ya da bitki türleri olayla ilgili bilgi verebilecek bir bulgu niteliği taşıyabilmektedir (7).

Adli araştırmalarda olay yerinden elde edilen biyolojik örneklerden DNA profili elde edilmekte ancak DNA profili biyolojik materyalin aktarıldığı koşullar hakkında bilgi vermemektedir. Olay anında meydana gelen biyolojik reaksiyonların aktivite seviyelerinden yararlanılarak doku veya sıvının kaynağının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. YND-RNA vücut sıvısı tanımlama paneli cezai soruşturmalarda için aktivite seviyeleri bilgisi sağlamakla kalmayabilir. Aynı zamanda her bir bireysel mRNA hedefi içindeki kodlanan bölge varyasyon analizi ile bir DNA profilinin belirli bir vücut sıvısı veya dokusuyla ilişkilendirilmesine de izin verebilir. Günümüzde araştırmacılar insan bireysel kimliklendirme ve eş zamanlı adli doku tanımlamaya izin veren RNA analizinin, genomik DNA (gDNA) STR dizilimi ile birleştirilmesi üzerinde çalışmalar yapmaktadır (11).

Yukarıda bahsedilen adli uygulamalarda kullanılan analiz teknikleri çözümlenmesi bazı zor vakalarda yetersiz kalabilmektedir. Örneğin geleneksel kapiller elektroforez tabanlı STR analizleri, DNA fragmanının boyutunun tespitine dayanmakta ve aynı veya benzer uzunlukta fakat farklı dizilere sahip aleller bu teknikte ayırt edilememektedir (7). Böyle vakaların çözümlenmesinde altın standart olarak kabul edilen STR analizlerini destekleyecek yeni nesil dizileme (YND) teknolojilerinin adli amaçlı uygulamaları dünya çapında giderek artan bir hızla araştırılmaktadır (11). Adli kimliklendirme ve vücut sıvılarının kimliklendirmenin yanı sıra



Şekil 1. Yeni nesil dizileme ile adli analizler

adli entomolojik çalışmalar, kimerizm tespiti, kromozom inaktivasyonu, soy ve fenotipik çıkarım araştırmaları da YND teknolojileri sayesinde hızlı ve güvenilir bir şekilde yapılabilmektedir (7, 8,11) (Şekil 1). Bu nedenle, bu makalede, yeni nesil dizileme teknolojilerinin adli uygulamalarda sağladığı avantajlar son gelişmeler ışığında derlenmiştir.

YENİ NESİL DİZİLEME TEKNOLOJİLERİ

Yeni nesil dizileme (YND) teknolojileri ile belirli bir nükleik asit molekülünde bulunan nükleotitlerin sırası yüksek doğrulukta belirlenebilmektedir. Mikroorganizmalardan insanlara kadar birçok canlının genomu YND teknolojileri ile dizilenmiştir (12). YND teknolojileri düşük verimli ve yoğun emek gerektiren Sanger dizileme teknolojisinin aksine yüksek verimlilikte ve tek molekülü DNA dizileme sağlarken, elde edilen veri miktarını olağanüstü bir biçimde arttırmıştır. YND teknolojileri arasında ilk kullanılan Ion Torrent

ya da Illumina platformlarının oluşturduğu "ikinci nesil teknolojiler" olarak da adlandırılan yaklaşımlar kısa-okuma dizilemeyi içerir ve genelde DNA fragmentasyonu, DNA uç onarımı, adaptör bağlanması, yüzeye tutturma ve *in-situ* amplifikasyon basamaklarını içermektedir. Aynı anda pek çok örneğin paralel bir şekilde dizilemesi sağlanan bu kısa-okuma teknolojileri ile kısa DNA parçacıklarının dizilerinin eldesi sonrası uzun DNA örneklerinin tekrar birleştirilmesi gerekmektedir. Bu teknolojinin kütüphane hazırlanması, dizileme ve veri analizi olmak üzere üç ana iş akışı basamağı mevcuttur. "Üçüncü nesil dizileme" teknolojileri ile Oxford Nanopore ya da Pacific Bioscience gibi platformlar kullanılarak 10 kilobaz üzeri uzunlukta okumalar yapılabilmektedir. Bu sayede kısa-okuma teknolojilerinde karşılaşılan genom çapında tekrarlar ve yapısal varyant tespiti gibi sorunlar aşılabilmektedir. Üçüncü nesil dizileme en az sayıda kütüphane hazırlama basamağı içerir ve fragmentasyona ihtiyaç duyulmadan gerçek-

zamanlı olarak doğrudan DNA hedeflenmektedir. Fakat bu teknolojinin, ikinci nesil dizilemeye kıyasla doğruluk açısından sınırlılıkları mevcut olup geliştirilen analiz yazılımları ile bu sorun giderilmeye çalışılmaktadır (13). Üçüncü nesil YND teknolojilerinden biri olan nanopor dizileme (MinION, Oxford Nanopore Technologies), diğer teknolojiler gibi senteze bağlı dizileme olmayıp polimeraz enzimi katkısı olmadan DNA moleküllerinin gerçek zamanlı dizilendiği bir teknolojidir. Bu teknoloji elektrik dirençli membranlara gömülü küçük deliklerden yani nanopor arraylerden oluşmaktadır. Elektrik voltajının membrana uygulanması ile iyonların bu nanoporlardan geçişi başlar ve nanopora bağlanmış olan motor proteini sayesinde DNA molekülünün porlardan geçiş hızı düzenlenerek çift zincirin açılması ve bir zincirin pordan geçişi ile devam eder. Her nükleotit geçişi iyon akımını farklı bir şekilde değiştirdiğinden kıvrımlı bir akım profili elde edilir ve bu akım profili nükleotit dizisine tercüme edilir. Bu işleme çeşitli makine öğrenim algoritmaları ile gerçekleştirilen “base calling” yani baz çağırma adı verilmektedir. Her bir pordan 5-7 nükleotit verisi elde edilir ve bu akım eğrisinin bir nükleotit dizisine dönüştürülmesi tüm porlar düşünüldüğünde oldukça zorlayıcı olabilmektedir. Günümüzde farklı porlar kullanılarak bu yöntem geliştirilmeye devam edilmektedir (14). Kapiller elektroforez sistemleri ve ikinci nesil YND sistemlerinin büyük çoğunluğu ağır, ısı ve titreşim açısından ortam kararlılığı isteyen büyük cihazlar olmakla birlikte üçüncü nesil YND cihazları taşınabilen ve pek çok farklı çevrede çalışabilen cihazlar olduğundan hem daha ulaşılabilir hem de adli olaylarda alanda çalışmada kolaylık sağlama potansiyeline sahip cihazlardır (15). İkinci ya da üçüncü nesil dizileme kullanımının seçimi tamamen araştırmancının ya da klinik uygulamanın ihtiyaçlarına göre değişmektedir (13).

Günümüzde adli amaçlı DNA dizileme için kullanılan YND yöntemi daha çok ikinci nesil dizileme teknolojilerini içermekte olup bu teknoloji sentez yoluyla dizilemeye dayanmaktadır (16). İkinci nesil dizileme ile yüksek miktar ve doğrulukta veriler elde edilebilirken, kısa okuma dizileme sistemi olmasından dolayı uzun STR lokusları için

deney tasarımı ve okumaların hizalanmasını daha zorlu hale getirebilmektedir (14).

YENİ NESİL DİZİLEME TEKNOLOJİLERİNİN ADLI UYGULAMALARDA POTANSİYEL AVANTAJLARI

Adli laboratuvarlarda kimliklendirme amacıyla rutinde kullanılan kapiller elektroforez temelli STR analizlerinin bazı dezavantajları bulunmaktadır (8). Bu tekniğin dezavantajlarından biri tek bir iş akışı kullanarak tek bir reaksiyonda birden fazla genetik varyasyonun (tekrar polimorfizmleri, tek nükleotid polimorfizmleri, in/del) analiz edilememesidir (7). Bugün, standart PCR-kapiller elektroforez tekniği ile sadece STR bölgesindeki aleller tespit edilebilmektedir. Eş zamanlı olarak otozomal STR’ler, Y-STR’ler, X-STR’ler, in/del’ler, otozomal SNP’ler, Y kromozomu SNP’leri, soy bilgilendirici belirteçler, fenotipik belirteçler gibi kimliklendirmede kullanılan adli belirteçler tek bir deneyle analiz edilememektedir. YND teknolojisinin en büyük avantajlarından biri, bu adli belirteçlerin tek bir testle belirlenebiliyor olmasıdır. Bu analizlerin her biri PCR-kapiller elektroforez tekniği ile bir iş gününde gerçekleştirilebilirken; tüm genetik varyasyonlarının analizleri YND yöntemi ile tek bir iş akışında tek bir deneyle gerçekleştirilebilmektedir (8,17). YND, yeni STR alellerini ortaya çıkarabilme potansiyeline de sahiptir (17,18). Cusick vd. (2022) YND’nin klinik teşhis ve adli bilimlerde rutin hale gelmeye başladığını bildirmişlerdir (19). ForenSeq sistemi ticari olarak temin edilebilen bir YND iş akışıdır ve bu sistem adli açıdan ilişkili 230’dan fazla genetik belirtecin amplifikasyonuna ve dizilenmesine olanak sağlamaktadır. Kapiller elektroforez tekniği ile yapılan STR genotiplemede mevcut uygulamada yaklaşık 27-30 lokusla sınırlı olacak şekilde az sayıda lokus incelenebilmektedir. Bu nedenle de 27-30 lokustan daha fazla sayıda lokus incelemesi yapılması gereken fazla sayıda STR bölgesi için kapiller elektroforez tekniğinden elde edilecek bilgi sınırlıdır (19).

Yukarıda da bahsedildiği üzere, YND ile tek bir testle tüm genom veya tüm ekzom dizilenebilmektedir. Tüm genom dizileme ile yaklaşık 4.000.000 varyant tanımlanabilmektedir. Tüm ekzom dizileme ile ise

genomun kodlanan kısmında bulunan varyasyonlar belirlenebilmekte ve yaklaşık 20.000 varyant tanımlanabilmektedir (20). YND teknolojileri, tüm genomun dizilenmesi veya genomda kodlanan bölgelerin dizilenmesinin yanı sıra, hedefe yönelik dizileme (özellikle tıbbi analizlerde, panel dizileme), RNA dizileme çalışmaları, mikrobiyal genomun dizilenmesi ve epigenetik değişimlerin tespitine de olanak sağlamaktadır (12).

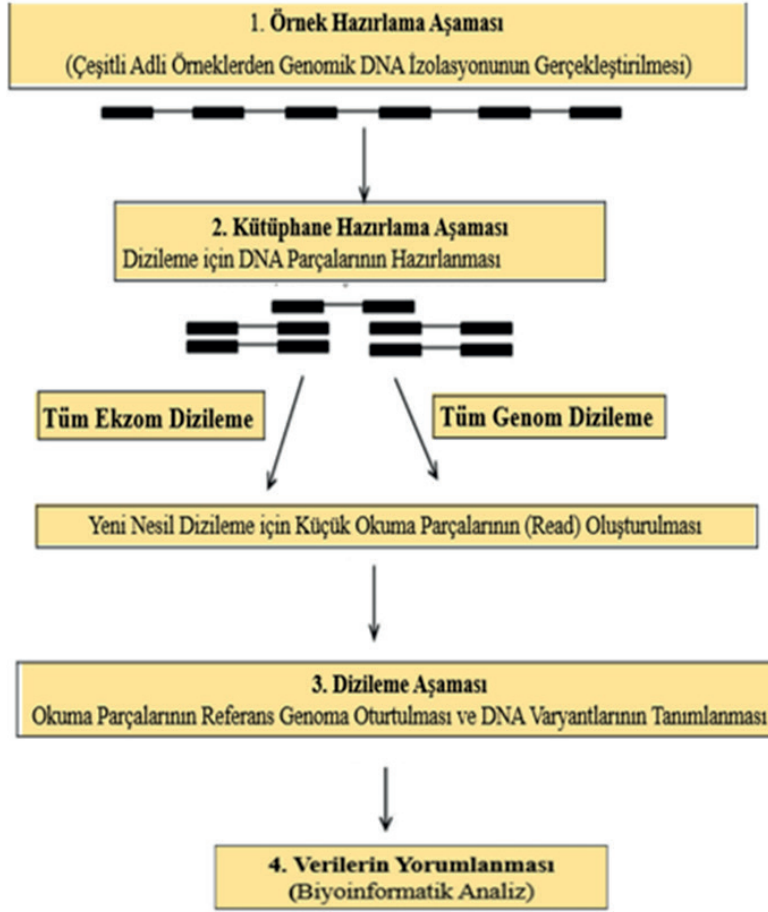
Birinci nesil dizileme tekniği olan Sanger dizileme tekniği araştırma laboratuvarlarında STR analizleri için kullanılmıştır. Ancak bu tekniğin genel olarak zahmetli olması ve heterozigot alelleri ayırmak için ek adımlara ihtiyaç duyması nedeniyle rutin adli araştırmalarda kullanımı uygun görülmemiştir (21). Diğer taraftan, YND teknolojilerinin hem otozomal hem de cinsiyet kromozomlarında çok sayıda STR lokusunun eşzamanlı tespitine ek olarak benzer uzunluğa veya dijital okuma sayısına sahip alelleri ayırt etme yeteneği de mevcuttur. Dizileme teknolojilerinde okuma terimi, dizileme için kullanılan DNA parçasının bir bölümü veya tamamını özetle kaç baz çiftinin dizildiğini ifade etmektedir. Teknolojik gelişmeler sayesinde YND tekniği ile STR dizilerinin okuma uzunluğu sürekli olarak artmaktadır (7). Bu, STR bölgelerindeki varyasyonların YND teknolojileriyle belirlenmesi ile mümkün hale gelmektedir (22).

Karışık profiller, karmaşık babalık vakaları, kimerizm tespiti ve parçalanmış DNA örneklerinin analizi YND teknolojisinin rutin STR analizlerine göre diğer bir üstünlüğüdür (5). mtDNA analizlerinin düşük verimliliği, parçalanmış DNA örneklerinden genomik bilginin kaybı ve mevcut belirteçlerin düşük verimli genotiplenmesi kapiller elektroforez temelli dizileme yönteminin diğer dezavantajları olarak bilinmektedir (7). Karmaşık babalık vakaları ile, monozigotik ikizlerden hangisinin baba olduğunun ayırt edilmesi gereken vakalar, babanın mevcut olmadığı ihtilaflı babalık davalarında baba olduğu varsayılan kişiden ve bir veya daha fazla yakın akrabasından alınan DNA'ların incelendiği vakalar veya kimerik çocuk profillerinin olduğu vakalar kastedilmektedir. Bu vakalarda, kapiller elektroforezle yapılan STR analizlerinde zorluklar ile karşılaşmaktadır (7). Bazı araştırmacılar birden fazla bireyin DNA'sını

içeren DNA karışımlarında DNA'ların ayırt edilmesi amacıyla YND teknolojisi kullanmaya başlamışlardır (8, 23). Ayrıca Van Neste vd. (2014) karışmış DNA örneklerinin ayırt edilmesinde bir STR alel referans veritabanı oluşturmak için Illumina'nın MiSeq sistemini kullanmışlardır. Bu çalışmanın sonuçları STR profil analizi için Illumina MiSeq yönteminin hazır olduğunu göstermiştir (24). YND teknolojisi ile az miktarda ve degrade olmuş örnekten de dizileme yapılarak bilgi alınabilmektedir (5). İnsan cesetlerinden alınan analizi zor numunelerde YND teknolojisi kullanılarak yapılan bir araştırmanın sonucunda, 62.5 pg DNA miktarına kadar inildiğinde bile YND teknolojisi ile %100'lük genotipleme başarı oranına sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca yapay olarak bozulan örneklerde YND ile gerçekleştirilen otozomal STR profillerinin, kapiller elektroforez tekniğine göre önemli ölçüde daha düşük sayıda lokus ve alel kaybı ile sonuçlandığı belirlenmiştir (25). Yapılan bir başka çalışmada adli örneklerde 426 nükleer SNP ve mitokondriyal genom YND teknolojisi ile dizilenebilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda parçalanmış, az miktarda ve/veya karışmış örnekler gibi analiz yapmaya elverişli olmayan adli örneklerde mtDNA, STR ve SNP analizleri için YND teknolojilerinin umut verdiği vurgulanmıştır (26). Bir başka çalışmada ise Warshauer vd. (2013) adli YND verilerini analiz etmek için 23 otozomal ve 21 Y-STR olmak üzere toplam 44 STR'ye ait YND verilerini analiz edebilen yazılım olan STRait Razor'u (STR alel tanımlama aracı - Razor) geliştirmişlerdir (27). Hertz vd. (2015) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada adli tıpta ani ve açıklanamayan 15 ölüm vakası ile 29 kalp hastasında 34 gen YND teknolojisi (Illumina MiSeq) kullanılarak dizilenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda 15 ani ve açıklanamayan ölüm vakasının 3'ünde ve 29 kalp hastasının ise 12'sinde patojenik varyantlar tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışma, YND'nin hem ölüm öncesi klinik araştırmalarda hem de ölüm sonrası yapılacak adli tıp araştırmalarında güçlü bir araç olduğunu göstermiştir (28). YND teknikleri ile gerçekleştirilen adli araştırmalar Tablo 1'de özetlenmiştir. Çeşitli adli örneklerden elde edilen genomik DNA'nın YND işlemlerine hazırlanması ise Şekil 2'de özetlenmiştir.

Tablo 1. YND teknikleri ile gerçekleştirilen adli araştırmalar

Çalışma yöntemi	Çalışılan organizma	Çalışılan örnek sayısı	Çalışılan biyolojik örnek	Çalışmanın sonucu	Kaynak
YND 454 Sequencing (Roche, Branford, USA)	İnsan (15-84 yaş aralığında sağlıklı kadın bireyler)	240	Servikal swap örnekleri	YND ile vajinal floranın belirlenebileceğine dair görüş sağlamıştır.	(72)
YND (Illumina MiSeq™ platform)	İnsan (Kafkas)	5	Kan örneği	23 otozomal ve 21 Y kromozomu STR'si dahil toplam 44 STR'ye ait YND verilerini analiz edebilen yazılım olan STRait Razor'u geliştirmişlerdir.	(27)
Illumina İnsan Metilasyon Boncuk Çip teknolojisi	İnsan (Monozigotik ikizler-MZ)	22	Kan örneği	YND ile 27.578 CpG alanındaki DNA metilasyon durumunu incelenmiştir. MZ ikizler arasında ayırım yapmayı amaçlayan epigenetik çalışmalar için potansiyel metillenmiş 92 CpG bölgesini filtrelemişlerdir.	(58)
YND (Illumina miRNA Assay, Illumina sequencing)	Fare	10	Dondurulmuş veya parafine gömülü dokular (A549, H460, H520, H1264 ve RVH6849 tümör hücre hattı)	Hem dondurulmuş hem de parafine gömülü dokulardan YND ile yüksek doğruluk ve hassasiyette miRNA profillemeye yapılabileceği gösterilmiştir.	(65)
YND (Illumina Miseq)	İnsan (karışmış DNA örnekleri)	5	Genomik DNA kaynakları (K562, 9947A, NIST SRM 2391c DNA A, NIST SRM 2391c DNA B, 2800M)	STR profillerini analiz etmek için Illumina Miseq'in hazır olduğunu göstermiştir.	(24)
YND + (YND, Kapiller elektroforez ve pyrosekanslama tekniğinin birlikte kullanılması)	İnsan (sağlıklı erkek bireyler)	296	Kan örneği	Adli pedigrı araştırmalarında YND+ teknolojisinin devrim yaratacağı ön görülmüştür.	(43)
YND (Illumina Miseq)	İnsan	5	İnsan kontrol HL-60 DNA, İnsan kontrol DNA NA24129 mtDNA için K562 ve nükleer SNP'ler için 2800M Caucasian C163 ve US Hispanic H104 (Karışmış mtDNA çalışması) Telogen Hair Study (kadın gönüllüler)	Parçalanmış, az miktarda ve/veya karışmış örnekler gibi analiz yapmaya elverişli olmayan adli örneklerde mtDNA, STR ve SNP analizleri için YND teknolojilerinin umut verdiği vurgulanmıştır.	(26)
YND (Illumina Miseq FGx Sistem)	İnsan 2 erkek ve 2 kadından oluşan gönüllüler, Otopsi yapılan 2 ceset (PMI < 24) ve bozulmuş/iskeletleşmiş 9 ceset	15	Bukkal swap örnekleri, kan örnekleri ve doku örnekleri	Miseq FGx Sistemi ile oluşturulan datanın tekrarlanabilir, sağlam ve güvenilir olduğu vurgulanmıştır.	(25)



Şekil 2. Çeşitli adli örneklerden elde edilen genomik DNA materyalinden genom ve ekzom dizileme iş akışı (20).

YNDTEKNOLOJİLERİNİN ADLİ UYGULAMA ALANLARI

STR ve SNP analizleri

STR'ler, her lokusta 5-100 kez tekrarlanabilen 1-7 bazdan oluşan kısa DNA dizileridir (18). STR dizileri bireyler arasında uzunluk farklılıkları göstermektedir ve bu bölgeler yüksek oranda polimorfiktir (21). STR bölgelerinde mutasyon oranı azdır ve STR analizleri düşük miktarda DNA kalıbı ile yapılabilmektedir. Ayrıca STR analizleri hızlı ve kesin alel tespitini mümkün kılmaktadır. Bu nedenlerle STR'ler 1990'lardan beri en sık tercih edilen genetik belirteç olarak adli kimliklendirme amacıyla adli uygulamalarda kullanılmaktadır (6,7,21). Adli bilimlerde çoğu uygulama için standart STR profilleme yeterli ayırım gücü sağlamaktadır. Dünya çapında 60'tan fazla ülke suçların çözülmesinde STR teknolojisine dayalı büyük ölçekli adli DNA

veri tabanları oluşturmuş durumdadır ve bu veri tabanları hızla büyümeye devam etmektedir (29). DNA profili elde etmek amacıyla kullanılan STR'ler veritabanlarındaki profiller ile karşılaştırıldığından rastgele eşleşme olasılığını arttırmak için daha fazla STR belirteci kullanılması gerekmektedir. Bununla birlikte, PCR ve kapiller elektroforez kombinasyonunu içeren konvansiyonel analiz tekniklerinde belirteç sayısı sınırlı kalmaktadır. Bu sınırlılık STR belirteçlerinin YND teknolojisi ile belirlenmesiyle ortadan kalkmaktadır. Geleneksel DNA analizleri, STR alellerinin diziler arası varyasyonu hakkında da bilgi verememektedir (30). Aynı zamanda YND teknolojileri degrade olmuş ya da düşük miktardaki DNA örneklerinden DNA profillemesine olanak sağlamaktadır. YND teknolojisi ile benzer uzunluktaki aleller kolaylıkla ayırt edilebilmekte, dijital okuma sayımı ile karışık DNA

örnekleri kimliklendirilebilmekte ve karmaşık babalık vakalarının analizi gerçekleştirilebilmektedir (7, 16).

Kapiller elektroforez ile elde edilen ayırım gücü, rutin adli olaylar için yeterli olsa da, karışık örnekler ve karmaşık akrabalık analizlerinde ek otozomal STR'ler ya da başka genetik belirteçler eklenerek genişletilmiş STR paneli de yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle adli kimliklendirmede YND teknolojisinin kullanımı araştırmacıların büyük ve daha farklılaşmış popülasyonlarda bilgiye kolay ve hızlı bir şekilde erişimini sağlamıştır (31). YND teknolojileri aynı fragment uzunluğuna sahip fakat dizi farklılıkları bulunan izoalelleri de ortaya çıkarabilmekte ve bu durum ayırım gücünün artmasını sağlamaktadır (32).

Günümüzde ikinci nesil YND teknolojisi diğer bir adıyla büyük paralel dizileme ile kapiller elektroforez temelli panellere kıyasla daha fazla sayıda STR lokusu kullanılarak profillemeye yapılabilmektedir. Nükleotit dizisinin doğrudan belirlenebildiği bu teknoloji ile biyoinformatik analizler sonrası STR genotiplendirmesi gerçekleştirilmektedir. PowerPlex21 multipleks STR sistemi (Promega) gibi kapiller elektroforez bazlı sistemler ile 7 ila 27 STR bölgesi taranırken, YND teknolojisi ile ForenSeq DNA Signature Prep Kit (Verogen) kiti ile 27 otozomal STR, 7 X-STR, 24 Y-STR ve Amelogenin olmak üzere aynı anda 59 STR lokusu belirlenebilmektedir (15). Gettings vd. (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada 183 DNA örneğinde (68 Afrikan Amerikan, 70 beyaz ırk ve 45 İspanyol bireyde) 22 otozomal adli STR lokusu YND teknolojisi kullanılarak dizilenmiş ve daha önce adli tıp literatüründe bildirilmemiş olan tekrarlayan bölge dizileri belirlenmiştir (21).

SNP'ler, adli kimliklendirmede önemi olan mitokondriyal SNP, Y-SNP ile soy ve fenotipik özellikler hakkında bilgi veren genetik varyasyonlardır. SNP'ler genomda STR'lerden daha yüksek sıklıkta bulunurlar, daha kararlıdır ve çok düşük mutasyon oranlarına sahiptirler. Düşük mutasyon oranına sahip olmaları babalık ve soy tespitinde sonuçların güvenilirliğini artırmaktadır. Olay yerinden az miktarda ve bozulmuş olarak elde edilen biyolojik örneklerden SNP lokusları STR lokuslarından daha iyi sonuç vermekteler. Bu nedenle de bozulmuş örneklerde SNP lokusları STR

lokuslarına alternatif olarak kullanılabilirlerdir. Bununla birlikte, bialelik özellikleri nedeniyle SNP analizleri yapılırken yeterli yüksek ayırımı sağlamak için daha çok sayıda lokusun incelenmesi gerekmektedir. Adli rutinde kullanılan 24 CODIS STR lokusunun sağladığı ayırım gücüyle aynı ayırım gücünü elde edebilmek için 50-80 SNP kullanılması gereklidir. Günümüzde SNP ile ilgili bilgilerimizi artırmak amacıyla birden fazla analiz ve tespit yöntemi mevcuttur. Ancak bu yöntemlerin hassasiyetleri, tekrarlanabilirlikleri, doğru sonuca ulaştırma oranları ile zaman ve maliyetleri göz önüne alınmalıdır (33).

Kapiller elektroforez kullanılarak SNP tiplendirmesi kantitatif olmamakla birlikte sınırlı multipleks olanağına sahiptir ve çok fazla emek gerektirir (34). YND teknolojisi ise kapiller elektroforezin sahip olduğu sınırlılıkları, akrabalık analizlerinde yüksek ayırım ve çözünürlük için multipleks doğası gereği yüksek verimli veri eldesi sağlayarak gidermektedir. YND teknolojisi ile 5000'den yaklaşık 95000'e kadar sayıda SNP eş zamanlı olarak analiz edilmekte ve bu da genişletilmiş akrabalık ilişkileri için büyük bir güç sağlamaktadır (17). Yakın bir zamanda geliştirilen bir ticari kit olan ForenSeq Kintelligence kit (Qiagen/Verogen) ile aynı anda 10,230 SNP çoğaltılabilmekte ve bu veri akrabalık, biyolojik soy, biyolojik cinsiyet ve fenotip belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu şekilde hedeflenmiş SNP paneli ile yaklaşık 5. derece akrabalık tayini yapılabilirken, tüm genom dizileme kullanılarak belirlenen SNP'ler ile daha fazla bilgi edinilebilmektedir (35). İnsan kalıntıları kullanılarak yapılan bir çalışmadan STR/kapiller elektroforez ve SNP/YND yöntemleri karşılaştırılmış ve insan kemik kalıntılarının analizinde SNP/YND yönteminin daha üstün olduğu gösterilmiştir. Aynı anda çok sayıda SNP analizinin yüksek miktarda degrade olmuş DNA'dan yapılabildiği bu yöntem, kayıp kişi vakaları gibi durumlarda kullanılabilir veri sağladığından geçmiş ya da şimdiki kayıp kişi senaryolarında kimliklendirme için tercih edilmelidir (36). Bunlara ek olarak, üçüncü nesil YND teknolojilerinden biri olan Oxford Nanopore dizileme teknolojisi ile SNP belirteçleri kullanılarak ten, saç ve göz rengi tahminleri yüksek doğruluk ve güvenilirlik ile gerçekleştirilebilmektedir (37). Nanopor dizileme ile 2021 yılında yapılan iki çalışmada 94 SNP bölgesini

hedefleyen ForenSeq DNA Signature kiti ile %99'un üzerinde bir doğruluk elde edildiği ve adli SNP genotiplendirmesi için bu teknolojinin oldukça avantajlı olduğu vurgulanmıştır (14,38,39).

Y kromozom analizleri

Erkeklerde atasal soylar aynı Y-STR haplotiplerine sahip olduğundan baba, oğul, kardeş, amca ve atasal kuzenler Y-STR analizleri ile ayırt edilememektedir (40). Adli tıpta erkek soyunun karakterizasyonu ve babanın biyo-coğrafik atalarını belirlemede önemli olan Y-SNP'lerin keşfi YND teknolojisi sayesinde artış göstermiştir (41). Ayrıca, SNP'ler bozulmuş örneklerde STR lokuslarından daha iyi sonuç vermektedirler. n milyondan fazla Y kromozomu nükleotidi 13 kuşaktan beri aynı atayı paylaşan iki erkek birey arasında YND teknolojisi kullanılarak karşılaştırılmış ve aynı atasal soydan gelen bu iki erkek birey arasında dört genetik farklılık tespit edilmiştir. Bu farklılıkların YND ile elde edilen Y kromozomu diziliminin aynı ebeveyninden gelen karışık erkek örnekleri arasında ayırım yapma sorununu çözebileceği rapor edilmiştir (42).

Büyük ölçekli suç araştırmalarında Y-STR profilleme ile adli pedigrî araştırmalarına ihtiyaç bulunmaktadır. Çünkü yanlış eşleştirilen birkaç lokusa sahip 2 Y-STR haplotipi olduğunda, YSTR'lerin yüksek mutasyon oranından dolayı onların aynı erkek soyundan olup olmadığını belirlemek zordur. Qian vd. (2017) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada araştırmacılar YND tekniği ile kapiller elektroforez ve pirodizileme tekniklerini beraber kullanmışlardır ve bu iki tekniğin YND'ye eklendiğini ifade etmek için "YND+" terimi ile tanımlamışlardır. Bu çalışmada Y kromozom belirteçleri "YND+" ile dizilenmiştir. Çalışmanın sonucunda adli pedigrî araştırmalarında YND+ teknolojisinin devrim yaratacağı ön görülmüştür (43).

Kimerizm tespiti

İnsan vücudunun her hücresinde aynı DNA profili bulunmaktadır. Fakat bazen aynı bedende farklı DNA profiline sahip hücreler bulunabilmektedir. Bu durum kimerizm olarak adlandırılmaktadır. Kimerizm genetik olarak stabil bir karışımdır (19). Çoğukimerik bireyin bazı lokuslarında ikialel taşıması gerekirken üç ya da dört alel taşıdığı rapor edilmiştir. Bu nedenle de aynı bedende farklı DNA profiline sahip olan kimerik bireylerin adli rutin otozomal STR

analizleri ile kimliklendirilmesi oldukça sorundur. Böylece, aynı bedende farklı DNA profiline sahip bir birey suçlu olduğu halde serbest bırakılabilir. Ayrıca kemik iliği nakli sonrasında bir hasta kimerik bir bireye dönüşebilir. Yapay kimerizm olarak adlandırılan böyle durumlarda suç ile herhangi bir bağlantısı olmadığı halde birey suçlu olarak yargılanabilir. Kimerizm tespiti polimorfik genetik belirteçler ve onların ürünlerindeki farklılıkların belirlenmesi ile gerçekleştirilmektedir. Ancak bu yöntemlerle kimerik bireylerin ayırt edilmesinde zorluklar yaşanmaktadır. YND yöntemi, geleneksel kapiller elektroforeze göre adli ve klinik örneklerde kimerizm testi için daha hassas, güvenilir, daha fazla bilgi verici aynı anda daha büyük numune gruplarının çalıştırılmasına izin veren, tekrarlanabilir ve analiz süresi ile maliyeti azalmış bir alternatif olarak düşünülmektedir (19, 44).

Mitokondriyal DNA analizleri

İnsan hücrelerinde çekirdek içerisinde bulunan genomik DNA dışında, mitokondriler içerisinde ekstra kromozomal genetik materyal de bulunmaktadır (45). Bu genetik materyal mitokondriyal DNA (mtDNA) olarak adlandırılmaktadır. mtDNA küçük boyutlu olması, dokudan dokuya sayısının değişmesi, daha hızlı evrim geçirmesi, çoklu kopya sayısı, anneden miras olması, yüksek mutasyon oranı ve rekombinasyon azlığı gibi özellikleri nedeniyle düşük miktarda DNA içeren veya anne soyunun araştırılması gereken vakalarda yararlı bir adli biyoloji aracıdır (2, 5, 7, 45, 46). Örnek miktarının incelemeye izin vermeyecek derecede az olduğu ve/veya nükleer DNA örneğinin aşırı derecede bozulduğu biyolojik örneklerden mtDNA elde etme ve dolayısıyla soy bağı hakkında bilgi sahibi olma olasılığı daha yüksektir (45,46). Ayrıca, mtDNA analizleri, antik DNA araştırmaları, kayıp şahısların tespiti, afetlerde vücut bütünlüğü bozulmuş faili meçhul bireylerin kimliklendirilmesi, kriminal olaylara karışmış bireylerin kimliklendirilmesinde veya tek yumurta ikizlerinin ayırt edilmesinde de kullanılmaktadır (2, 45, 46).

Adli mtDNA analizleri, giderek daha fazla kullanımı ile birçok ülkedeki adli araştırmacılar ve kolluk kuvvetleri tarafından tercih edilen bir yöntem haline gelmektedir. Otto-von-Guericke Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü'nde (Almanya) gerçekleştirilen bir

çalışmada, araştırmacılar cilt hücrelerinin aşınması ya da dokunmayla oluşan izlerin adli mtDNA analizi ile tiplendirilmesini amaçlamışlardır. Bu çalışmada beş boğma aleti soruşturması, 10 ateşli silah yaralanması vakaları ve bir de intihar vakasında araştırma yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda boğma aleti olarak kullanıldığı belirlenen kabloların üzerinde hem mağdurun hem de şüphelinin mtDNA'ları belirlenerek iki cinayet vakası çözülmüştür. On ateşli silah yaralanması vakalarının sekizinde yine mtDNA analizleri ile silahlar ve kullanıcıları güvenilir bir şekilde eşleştirilmiştir. Ayrıca silah kullanıcılarının mtDNA'sının ateşlemeden sonra bile silah kartuşlarında tespit edilebileceği rapor edilmiştir. Son olarak intihar vakasında ise intihar notundaki silme izlerinde yapılan mtDNA analizi ile intihar kanıtı sağlanabilmiştir (47). Savunma avukatları müvekkillerinin temize çıkarılmasına yardımcı olabilecek bir analiz olması nedeniyle mtDNA analizini giderek daha fazla talep etmektedirler (2).

Bir hücre, doku veya bireyde bir arada bulunabilen farklı mitokondriyal genotipler, heteroplazmi olarak tanımlanmaktadır (48). İnsan mtDNA heteroplazmisi yaygındır ve adli mtDNA analizinde heteroplazminin tespiti önemlidir (7). mtDNA heteroplazmisi, adli mitokondriyal analizlerin performansını etkileyen faktörlerden biridir (2). Heteroplazmi mitokondriyal genom düzeyinde de saptanmıştır (7). Mitokondriyal heteroplazmiyi tespit etmek için YND teknikleri kullanımının yüksek doğruluk ve hassasiyet, yüksek verim, düşük maliyet ve basit operasyon gibi avantajları bulunmaktadır (7, 48).

Dizi analizleri ile mtDNA'daki çok değişken bölge 1 (Hypervariable Region 1, HVI) ve çok değişken bölge 2 (Hypervariable Region 2, HVII) olarak isimlendirilen, iki dizinin identifikasyon için uygun oldukları tespit edilmiştir (5). Günümüzde de adli mtDNA analizleri ile genellikle çok değişken bölgeler içindeki polimorfizmler analiz edilmektedir. Ancak mtDNA'nın genetik bir haplotip belirteci olarak kullanılabilmesi ve kimliklendirmenin ayırt edici gücünün artırılması amacıyla ek polimorfik lokusların belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle, YND teknolojilerinin mitokondriyal dizi analizine büyük ölçüde yardımcı olma potansiyeli bulunmaktadır (7). Bulguların çoğunlukla

bozulmuş olmasından dolayı, kayıp şahısların kimliklendirilmesinde mtDNA kullanılmaktadır. Sanger dizileme ile karşılaştırıldığında yeni nesil dizileme teknolojilerinin başarısı artmaktadır ve bu başarılı sonuçlar kayıp şahısların kimliklendirilmesi için YND teknolojilerinin adli rutinde kullanılma olasılığını artıracaktır. MtDNA analizinde, DNA fragmanlarının kapiller elektroforez ile ayrıldığı Sanger sekanslama yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır (49, 50). Yöntem etkili olsa da emek, zaman ve maliyet açısından verimsizdir. Ayrıca geleneksel yöntem çok değişken bölge ve kontrol bölgesi ile sınırlıdır. Çok değişken bölgelerde bireyler arasındaki çeşitliliğe rağmen, ortak haplotiplerle karşılaşıldığında, bu yöntem yine de farklı maternal soylar arasında ayırım yapmakta başarısız olabilmektedir (51, 52). Mitokondriyal genomun sekanslanmasına imkan sağlayan YND teknolojisi ile bu sınırlılık aşılabılır (53).

Adli örneklerde gerçekleştirilen mtDNA analizlerinde heteroplazmi ve kontaminasyon riskinin çok yüksek olması gibi sorunlara rağmen insan kimliklendirme çalışmalarında mtDNA dizi analizi karşılaştırmalarının güvenilir bir araç olduğu kabul görmüştür. Mevcut sorunların yapılacak daha fazla çalışmayla çözülebileceği ön görülmektedir. Ayrıca mtDNA'nın rutinde adli amaçlı kullanılabilmesi için belirli sayıda örnek ile bir referans veri tabanı oluşturulmasının gerektiği düşünülmektedir (45).

Monozigotik ikizlerin ayırt edilmesi

Monozigotik (MZ) ikiz çalışmaları adli bilimlerin alanında sıcak bir konu olmaya devam etmektedir. Her iki bireyde DNA dizisi tamamen aynı olduğundan, geleneksel genotipleme yaklaşımları olan STR, SNP, cinsiyet kromozomu STR analizleri ile birbirlerinden ayırt edilememektedirler. İnsan mtDNA'sının yüksek mutasyon oranı, nadir SNP'lere sahip MZ ikizler arasında ayırım yapmak için umut verici bir potansiyele sahiptir. YND teknolojisi ile MZ ikizlerinin mtDNA genomlarındaki küçük farklılıkları karakterize etmek mümkündür (2). Weber-Lehmann vd. (2014) MZ ikizlerde nadir mutasyonların YND ile tanımlanabildiğini belirtmişlerdir. Böylece adli bir olayla (babalık davaları ve diğer adli vakalar) ilişkili MZ ikizlerin hızlı ve güvenilir bir şekilde ayırt edilmesi YND teknoloji

sayesinde mümkün hale gelmiştir (54). Yapılan başka bir çalışmada MZ ikiz baba adaylarından hangisinin baba olduğunu belirleyebilmek için Illumina HiSeq 2000 sistemi kullanılmıştır. Biyoinformatik analizler, 5 adet SNP'in baba ve çocuğunda olduğunu, fakat babanın ikizinde olmadığını göstermiş ve babalık tayini yapılabilmektedir (8).

Epigenetik

DNA dizisinde herhangi bir değişiklik olmaksızın genin ifadesinde ortaya çıkan kalıtsal değişiklikler epigenetik olarak adlandırılmaktadır. Son yıllarda çelişkili olguların aydınlatılmasında DNA profil analizinin yanı sıra epigenetik profil araştırmaları da dikkat çekmektedir. Adli olguların çözümünde YND teknolojisi kullanılarak epigenetik belirteçler belirlenmeye başlanmıştır. Bu analizlerden elde edilen sonuçların tahmin kesinliği düşüktür ancak analizlerin geliştirilebileceği ön görülmektedir. Bu nedenle, adli bilimler alanında yeni epigenetik göstergelerin belirlenebilmesi için kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır (55).

DNA örnekleri üzerindeki epigenetik belirteçler (DNA metilasyon analizleri, mikroRNAlar) kişilerin yaşam stilleri ve fenotipik özellikleri (kişinin yaşı, ağırlığı, deri rengi, yüz tipi ve vücut şekli gibi) hakkında bilgi vermektedir (18). Bu nedenle de epigenetik analizler vücut sıvılarının kimliklendirilmesinde ve diğer adli uygulamalarda olayların çözümü için destekleyici bilgiler verebilme potansiyelleri ile önem taşımaktadır.

DNA metilasyonu

En sık çalışılan epigenetik mekanizma olan DNA metilasyonu, adli açıdan potansiyel olarak birçok ipucu sağlayabilecek bir analizdir (18). DNA metilasyon profillemesi biyolojik sıvı ve doku örneklerinin belirlenmesinde, MZ ikizlerin ayırt edilmesinde, DNA kimlik belirlemede, ve yaş tayini gibi adli uygulamalarda yeni analiz alternatifleri sunmaktadır. Birçok çalışmada DNA metilasyon analizlerinin düşük miktarda örnek varlığında bile tekrarlanabilir ve güvenilir sonuçların elde edilmesini sağladığı gösterilmiştir (55).

Adli kimliklendirme yapılırken yaş tahmin analizleri oldukça önemli bir konudur. Yapılan

bir çalışmada kişinin metilasyon profilinin zamanla değiştiği için metilasyon analizlerinin yaş tahmininde kullanılabileceği belirtilmiştir (56). DNA metilasyonu dokuya özgüdür. Doku veya vücut sıvılarına ait DNA'ların genom boyunca metilasyon bölgeleri dizilerek yaş tahmini yapılabilmektedir (57). Yapılan bir çalışmada kan örneğinden DNA metilasyon modellerini kullanarak yaşın hassas ve doğru tahminini gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla seçilen 16 CpG bölgesinin metilasyon durumlarını ölçmek için Illumina MiSeq YND sistemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların tahmin kesinliği düşük olarak rapor edilmiştir ancak analizlerin geliştirilebileceği vurgulanmıştır (8).

Li vd. (2013) 22 MZ ikizden 27.578 CpG alanındaki DNA metilasyon durumunu incelemek için Illumina İnsan Metilasyon Boncuk Çip teknolojisini kullanmıştır ve MZ ikizler arasında ayırım yapmayı amaçlayan epigenetik çalışmalar için potansiyel hedef olan önemli ölçüde metillenmiş 92 CpG bölgesini filtrelemişlerdir (58). Yapılan çalışmalar YND teknolojisine dayalı epigenetik yaklaşımların MZ ikizlerinin tanımlanmasında adli tıpta oldukça uygulanabilir olmasının muhtemel olduğunu göstermektedir. Adli bilimlerde kullanılmaya başlanan epigenetik belirteçler MZ ikizleri ayırt etmek, doku tipini tahmin etmek ve bir DNA donörünün yaşını doğru bir şekilde belirlemek için adli araştırmalarda kullanılabilir (8).

Mikro RNA analizleri

MikroRNA (miRNA)'lar, yaklaşık 20-24 nt uzunluğunda olan kısa kodlanmayan RNA'lardır. Bu küçük kodlanmayan RNA'lar, DNA kodunu değiştirmeksizin gen ifadesinin düzenlenmesinde önemli rollere sahiptir ve birçok hücrel işleyişte düzenleyici olarak görev alırlar (59, 60). MiRNA'lar dokuya özgü sentezlenirler ve her dokuda farklı gen ifadesine sahiptirler (7). Dokuya özgü sentezlenmeleri nedeniyle doku türünün belirlenmesi ve vücut parçalarının kimliklendirilebilmesine olanak sağlarlar. Ayrıca miRNA'lar küçük boyutta olmaları nedeniyle degradasyona daha dirençlidir. miRNA'lar bu özellikleri sayesinde bozulmuş numuneler veya karışmış biyolojik sıvıların ayırt edilmesinde değerli biyobelirteçlerdir (8). Adli bir olayda şüpheli-mağdur ve olay yeri arasındaki bağlantının tespitinde ve

olayların meydana geliş sırasının belirlenmesinde, olay yerinden elde edilen vücut sıvısının doğru tanımlanması ve kimliklendirilmesi oldukça önemlidir. Güncel çalışmalar en çok miRNA ile vücut sıvısı tanımlamasına odaklanmıştır. MiRNA'lar adli araştırmalarda geleneksel yöntemlerin yanı sıra oldukça destekleyici ve bilgi sağlayıcı belirteçler olabilirler. Özellikle geleneksel yöntemlerle elde edilen sonuçların yetersiz olduğu durumlarda, gelecekte miRNA biyobelirteçlerinin kullanılmasıyla doğru sonuçlar elde edilebilir (61). MiRNA'lar adli biyobelirteçler olarak henüz rutin adli analizlerde kullanılmamaktadır. Gelecekte yapılacak kapsamlı çalışmalar ile miRNA'ların adli biyobelirteç olma potansiyelleri bulunmaktadır (62).

YND son yıllarda miRNA profillemeye için ilgi çeken bir metot olmuştur. YND teknolojisini kullanarak, milyonlarca miRNA dizisi analiz edilebilir. MiRNA profillemeye ile araştırılan örnekteki farklı miRNA ifadelerinin belirlenmesi ve işlevi bilinmeyen bir çok miRNA'nın keşfedilmesi mümkündür. YND ile miRNA profillemeye vücut sıvısı ve dokularının tanımlanması, ölüm zamanının belirlenmesi (PMI, Post Mortem Interval), biyolojik lekelerde yaş tayini, normal ve patolojik gen ekspresyonları arasındaki farkın ortaya çıkarılması da dahil olmak üzere adli analizler için de güçlü bir araç olma potansiyeline sahiptir (8,63,64). Hanson vd. (2015) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, adli araştırmalarda biyolojik sıvısı ve dokuların tanımlanabilmeleri için YND teknolojisi ile multipleks miRNA biyobelirteç paneli oluşturulması amaçlanmıştır. YND temelli bu panel tükürük, kan, semen, vajinal sekresyonlar, menstrual kan, deri vb. örneklere spesifik çok sayıda gen bölgelerini içermektedir. Çalışmanın sonucunda YND'nin vücut sıvılarının tanımlanmasında hassas bir teknik olduğu ve gelecekte bir DNA profilinin belirli bir vücut sıvısı veya dokusuyla ilişkilendirilmesine temel oluşturabileceği rapor edilmiştir (11). Özellikle cinsel saldırı vakalarında bilgi veren vajinal sekresyonun tanımlanması ve menstrual kan/venöz kan ayırımında miRNA'ların kullanım potansiyellerinin araştırılması, vücut sıvısı kimliklendirilmesi alanında yapılan çalışmalardandır (61). İç organ dokusunun mağdurdan faile, suç aletine ya da olay yerine aktarılabilme olasılığı bulunmaktadır. Bu nedenle miRNA'lar ile organ dokusunun tanımlanması özellikle şiddet içerikli

suçların araştırılmasında önemli rol oynayabilir (61). Tam vd.'nin (2014) çalışmasında hem dondurulmuş hem de parafine gömülü dokulardan YND ile yüksek doğruluk ve hassasiyette miRNA profillemeye yapılabileceği gösterilmiştir (65). Noren-Hooten vd. (2010) hem genç (yaklaşık 30 yaşında) hem de yaşlı (yaklaşık 64 yaşında) olan çalışma grubunda 800 miRNA'nın profilini ortaya çıkarmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda yaşla birlikte miRNA'ların çoğunluğunun ekspresyonlarının azaldığı rapor edilmiş ve miRNA ekspresyon değişikliklerinin donör yaşının bir indikatörü olma potansiyeline sahip olabilecekleri ve adli kimliklendirmede destekleyici bilgiler verebilecekleri gösterilmiştir (66).

MiRNA analizlerinde bazı zorluklar bulunmaktadır. miRNA ekspresyonu sıcaklık, dehidrasyon, radyasyon ve diğer faktörlerden etkilenmektedir (62). Her adli analizde olduğu gibi bozunmuş ve/veya karışık numuneler miRNA analizinde de en zorlu konudur. Organ hasarları sonucunda miRNA'larda düzensizlikler meydana gelebilir. DNA hasarı, transkripsiyonel seviyede miRNA ifadesini değiştirebilir. Bugüne kadar DNA hasarının miRNA gen ifadeleri üzerine etkisi hakkında yeterince bilgi elde edilememiştir (61). YND ile miRNA'ların analizlerinde bir başka zorluk YND teknolojisinin geleneksel yöntemlere göre daha maliyetli olmasıdır. Maliyet sorununa paralel olarak RNA profillemeye konusundaki uzmanlık DNA profillemeye göre yetersizdir. Günümüzde miRNA ekspresyonlarının belirlenmesinde yaygın olarak Real-Time PCR (RT-qPCR) kullanılmaktadır ancak uygun koşullar sağlandığında bu yöntemin yerini YND teknolojileri alabilecektir. Birçok miRNA'nın işlevi henüz keşfedilmemiştir ve bu konuda YND teknolojisi faydalı olabilir. Sonuç olarak, adli miRNA analizi henüz başlangıç aşamasındadır. miRNA tabanlı yöntemlerin adli rutinde uygulanabilmesi için çalışmayı engelleyen potansiyel zorlukların ortadan kaldırılması ve daha fazla doğru standardizasyon ve validasyon çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Mikrobiyota analizleri

Mikrobiyota terimi, insan vücudunda farklı ekosistemlerde bulunan mikroorganizmaların tamamını ifade etmektedir. Bu mikroorganizmaların genomu ise "mikrobiyom" olarak adlandırılmaktadır (67). Adli örneklerden mikrobiyomun belirlenmesi

kişinin son faaliyetlerini, ölüm sonrası geçen zamanı ve coğrafi konumunu belirlemede yardımcı olabilir (9,10). İnsan mikrobiyom projesi (2012) ile bir bireyin vücudunun belirli bölgelerindeki mikrobiyal çeşitliliğin bireyler arasında benzer olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sayede elde edilen bir örneğin kaynağını belirlemek mümkün olabilir (9).

İnsanlar bireysel olarak benzersiz cilt mikrobiyotasına ev sahipliği yapmaktadır ve mikrobiyom izleri deriden yüzeylere aktarılabilmektedir. Ancak parmak izinden farklı olarak hem konakçıda hem de yüzeylerde kalan mikrobiyal izler zamanla değişmektedir. Bu nedenle de mikrobiyom izleri potansiyel adli değere sahip olsa da adli kimliklendirme amaçlı kullanılmasında halen bir çok zorluk bulunmaktadır (68). Kimliklendirme amacıyla insan mikrobiyomunda özellikle deri mikrobiyotası dikkat çekmektedir. 2020 yılında yapılan bir çalışmada insan kimlik tespitinde *Corynebacterium*, *Propionibacterium* ve *Rothia* cinslerine ait 22 türün cilt mikrobiyotasına göre %92 doğrulukla kişinin kimliklendirilmesinde kullanılabileceği rapor edilmiştir (69). Yapılan diğer çalışmalar ise insan derisi mikrobiyomundaki günlük değişimin, mikrobiyomdan bireyleri tanımlamada doğruluğu azaltabileceğini göstermiştir (68, 70). Dolayısıyla vücut yüzey mikrobiyomunun bireysel karakterizasyonu için gen seviyesinde daha fazla çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır (70).

Mikrobiyota analizleri, YND ile yapılabilecek adli uygulamalardan bir diğeridir. YND, adli veya epidemiyolojik araştırmalar için mikrobiyal patojenlerin tiplendirilmesinde tüm genomu hızlı, hassas ve oldukça güvenilir bir şekilde dizileyeabilmektedir. YND ile herhangi bir örnekteki farklı bakteriyel takson ve suşları belirleyerek mevcut mikrobiyal popülasyonu belirlemek olasıdır (71). Benschop vd. (2012) tarafından adli örneklerde mikropların vajinal kökeni gösterip göstermediğini araştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada, 240 klinik servikal swap örneği kullanılarak YND tekniği ile vajinal mikrobiyal flora analizi yapılmıştır. Bu çalışmada araştırmacılar 338,184 dizi okuması sonucunda 1,619 farklı dizi tespit etmişlerdir ve adli araştırmalarda insan vajinal mikrobiyal floranın YND tekniği ile belirlenebileceği konusunda fikir sağlamışlardır (72). YND teknolojisi ile elde

edilecek yüksek kaliteli bir adli mikrobiyal veri tabanının biyolojik terör olaylarının hızlı ve doğru bir şekilde tespit edilmesine yardımcı olabileceği düşünülmektedir (7).

Hayvan ve bitki türlerinin tayini

Adli bir olayda hayvana ait biyolojik materyal (kan, salya, kıl gibi) saldırgan/mağdur üzerinde tespit edilebilmekte veya saldırgan/mağdura ait deliller hayvana ait biyolojik materyalde saptanabilmektedir (73). Nükleer DNA ve mtDNA üzerindeki moleküler belirteçler ve moleküler teknolojiler kullanılarak hayvanların kimliklendirilmesi yapılabilmektedir (74). 2004 yılında ABD'nin Missouri eyaletinde gerçekleşen bir cinayet vakasının çözümünde evde bulunan kediler üzerinde gerçekleştirilen mtDNA analizinden yararlanılmıştır (75).

Kaçak hayvan avlama vakaları ve nesli tükenmekte olan türlerin ticaretini araştıran polis soruşturmalarında hayvan ve bitki analizleri önemli bilgiler sağlamaktadır. Gıda endüstrisinde satışa sunulan etlerin hangi hayvan türüne ait olduklarının belirlenmesi yine hayvan DNA analizleri ile mümkündür (76). Ayrıca arkeolojik kazılarda bulunan insan kalıntılarının, insan olmayan kalıntılardan ayırt edilebilmesi için de hayvan analizlerinden yararlanılmaktadır (77).

Tür belirlemeye yönelik çoğu DNA tipleme yöntemi şu anda tek tür için türe özgü primerlerin kullanıldığı PCR amplifikasyonuna dayanmaktadır. Ancak primer bir tür bilgisinin olmadığı durumlarda tür tayini yapmak zordur (78, 79). Adli bilimciler bu durumla sıklıkla karşı karşıya kalmaktadır. YND teknolojisinin gelişimi ile gerçekleştirilen birçok çalışmada türlerin DNA dizileri belirlenmiştir (7). YND teknolojisinin adli bilimlerde kullanımı ile hayvan ve bitki türlerinin tayini çok daha kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Cheng vd. (2014) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, YND yöntemiyle bitkiler ve hayvanlar uygun maliyetli ve başarılı bir şekilde tanımlanmıştır (80).

Soy çalışmaları ve fenotipik çıkarımlar

Arkeolojik kazılardan elde edilen ileri derecede bozulmuş ve analizi zor örneklerde, YND teknolojisi ile biyolojik örneğe ait DNA dizilenerek soy ve fenotipik çıkarımlar yapılabilmesi mümkündür

(7). İnsan genomuna ait bilgiler etnik köken gibi kişisel özellikler, fiziksel ve fizyolojik özellikler ve yaş hakkında fikir verebilir (2,7). STR'ler ve SNP'ler, adli kimliklendirme ve soy tayininde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin 2004 Madrid tren bombalamalarında, şüphelilerin kaynak popülasyonu, popülasyonun atalarıyla ilgili 34 otozomal SNP kullanılarak çıkarılmıştır (81). Diğer çalışmalar SNP'lerin %90 doğrulukla iris ve saç renkleriyle yakından ilişkili olduğunu bildirmiştir (7).

Bir bireyin fiziksel görünüşünü tahmin etmekte kullanılan ve belirli fiziksel özelliklerle ilişkili SNP'ler fenotipik bilgilendirici SNP (phenotype informative) olarak isimlendirilir. Bir bireyin dış görünüşünün SNP'leri kullanarak belirlenmesi ise adli DNA fenotipleme olarak tanımlanmaktadır (82). SNP'lerin STR'lere göre boyutları daha kısa, mutasyon oranları daha düşük ve analizlerinin yorumlanması daha kolaydır. Mutasyon oranlarının düşük olması sayesinde SNP'ler nesiller boyunca sabit olarak kalıtılır. Bu özellikleri sebebiyle atasal ilişkiler ve fenotip tahmin çalışmalarında uygun belirteçler haline gelmişlerdir (83). Tüm genom analizi çalışmalarıyla (GWAS) birlikte SNP'ler kullanarak geniş popülasyonlarda belirli fenotipik özellikler tespit edilebilir hale gelmiştir. Fakat GWAS'ta çoklu analiz (multiple testing) ve popülasyon yapısı (population stratification) nedeniyle yanlış tahmin ihtimali bulunmaktadır (84,85). GWAS dışında, belirli fenotipik özellikleri belirlemeye yönelik kitler de geliştirilmiştir. Göz renginin (mavi/kahverengi) belirlenmesi için 6 SNP'yi hedefleyen Iris Plex çoklu genotipleme assayi bunlardan biridir (86). Iris Plex'in geliştirilmesiyle hem göz rengi hem de saç rengi tahmininde kullanılan HIrisPlex assayi üretilmiştir (87). Bu iki assayin ve YND teknolojisinin birleştirilmesi ile saç, göz ve ten rengi tespitinde kullanılan HIrisPlex- S sistemi de geliştirilmiştir (88).

Fenotipik özelliklerin birçoğu çoklu genler tarafından kontrol edilir. Bu nedenle, çok sayıda SNP'in eş zamanlı olarak analiz edilmesi gerekmektedir. SNP'lerin çoğunlukla bialelik olması nedeniyle ayırım gücü multialelik olan STR'lerden daha azdır. 50 SNP ancak 13 STR kadar bilgi verici olabilir; tek STR'nin ayırım gücü 4-5 SNP'e eşdeğerdir (89,90). Fenotipik özelliklerin hem genotip hem de çevresel faktörlerden etkilenmesi nedeniyle adli

DNA fenotiplemenin sınırlılıkları bulunmaktadır. Örneğin erkeklerde kellik ya da açık tenli birisinin bronzlaşması kişinin bugünkü görünüşünün genotip yoluyla belirlenmesinde engel teşkil edebilmektedir (91).

Illumina ve Verogen tarafından MiSeq FGx sistemiyle birlikte çalışacak adli amaçlı kitler tasarlanmıştır. Bunlardan ForenSeq DNA Signature Pret kit, içinde 22 fenotipik SNP'yi de içeren 231 belirteçi eş zamanlı olarak analiz etme imkanı sunmaktadır. Akrabalık çalışmalarına yönelik geliştirilen ForenSeq Kintelligence kit de, yine 22 fenotipik SNP ile birlikte 165 belirteci eş zamanlı olarak analiz edebilmektedir. YND teknolojileri artmış hassasiyet, yüksek verim ve çoklu belirteçleri eş zamanlı olarak analiz etme gibi avantajlara sahiptir (92). Fenotipik çalışmalar genellikle geleneksel STR analizi sonrası yapılmaktadır. Bu nedenle, fenotipik çalışmalarda kullanmak için az miktarda örnek kalmaktadır. YND teknolojilerinin önemli avantajlarından biri, çok sayıda belirteci az miktardaki biyolojik örnekten eş zamanlı analiz edebilmesidir (93).

YND teknolojisi ile sadece STR profillemeye için tekrar sayılarının analizi yapılmamakta aynı zamanda SNP'lerin analizi ile fenotip ve atasoy da belirlenebilmektedir (16). Yakın zamanda geliştirilen kitler ve paneller ile çok sayıda SNP, YND teknolojisi ile analiz edilebilmekte ve edinilen bu bilgi adli araştırmacı soy (FIGG: forensic investigative genetic genealogy) analizlerinin genetik bileşenini oluşturarak bu alanda bilgi patlamasına katkıda bulunmaktadır. SNP'leri kullanan FIGG ile akrabalık gibi biyolojik ilişkiler yaklaşık 9 jenerasyona kadar çözülebilmekte ve bu yoğun bir SNP verisinin kullanımıyla mümkün olmaktadır (94).

YENİ NESİL DİZİLEME TEKNOLOJİSİNİN DEZAVANTAJLARI

Mevcut adli analizleri destekleyebilecek üstünlüklere sahip olan YND teknolojilerinin laboratuvar uygulamalarında bazı zorluklar yaşanmaktadır. Validasyonu sağlanmış güçlü kitlerin olmaması, ekipman maliyetleri, validasyon ve optimizasyon çalışmaları, kütüphanelerin hazırlanması, hata oranı, veri işleme ve analiz süreçleri, analistlerin eğitimi

ve ayrıca STR lokuslarının yeniden isimlendirilmesi gibi zorluklar YND yönteminin adli araştırmalarda kullanılmasını sınırlandırabilmektedir. Bu yöntemle çalışmanın kolaylaşması için yöntemin maliyetinin giderek düşürülmesi ve otomasyonun YND yöntemine uyarlanması gerekmektedir. Hem araştırmacıların hem de ticari firmaların YND yöntemi ile ilgili yapacakları Ar-Ge çalışmaları YND yönteminin adli bilim laboratuvarlarında daha sıklıkla kullanılmasına olanak sağlayacaktır (8, 95).

SONUÇ

DNA profileme, adli kimliklendirme araştırmalarında en fazla kullanılan en güvenilir yöntemlerden biridir (96). Bu amaçla tüm dünyada kullanılan altın standart otozomal STR analizleridir. Bazı zor vakalarda X-STR ve Y-STR analizleri ya da mtDNA analizlerinin yapılması da gerekebilmektedir. Adli biyoloji laboratuvarlarında adli vakaların çözüme ulaştırılması için vücut sıvıları da kimliklendirilebilmektedir. Bu amaçla son yıllarda epigenetik değişikliklerin analizi gündeme oturmuştur. Tüm bu analizlerin yetersiz kalabildiği adli vakalar da olabilmektedir. Bu tür vakaların aydınlatılmasında YND teknolojilerinin kullanılabilmesi uzman adli bilimciler tarafından kabul görmüştür. Bu nedenle de, son yıllarda hızla gelişmiş ve birçok adli araştırmacı için ceza araştırmalarında fail ya da mağdurun DNA profilinin çıkarılması ve kayıp kişilerin ya da toplu afet kurbanlarının kimliklendirilme işlemlerinde önemli bir analitik araç haline gelmiştir (8,11).

Yeni nesil dizileme ile kişilere ait tüm genom dizimleri ortaya çıkarılıp kayıt altına alınarak oluşturulan genom bankaları adli kimliklendirme amacıyla kullanılabilir. Toplu can kayıplarının yaşandığı ve kimliklendirme çalışmalarının çok hızlı yapılması gerektiği afetlerde YND teknolojileri ile hızlı sonuç elde edilebilir. Kimliklendirme için adli bir veri tabanı oluşturmamızı sağlayacak bu teknik, gelecekte moleküler bir görgü tanığı olarak hizmet verebilir. Tek bir testle tüm genom veya tüm ekzonları dizileyerek araştırmacılara genetik varyasyonların tüm aralığını inceleme olanağı sağlayan bu teknoloji, adli bir olayın çözümlenmesinde güçlü bir araç olarak kullanılabilir.

YND teknolojisi daha hızlı ve kolay uygulanabilen özellikleriyle klasik Sanger'den daha yüksek verim kapasitesine sahiptir (12,46). Yeni nesil dizileme teknolojisinin en büyük avantajlarından biri, hem otozomal hem de cinsiyet kromozomları üzerindeki birden fazla STR lokusunun eşzamanlı tespitini, mitokondriyal genom polimorfizmlerinin analizini ve adli araştırmalar için önemli bilgiler sağlayan soy, fiziksel ve psikolojik özelliklerle ilgili SNP'lerin tek bir testle tanımlanmasını mümkün hale getiriyor olmasıdır (7). Ayrıca, insan genomunda sık ve nadir görülen varyasyonların değerlendirilmesi de YND teknolojileri ile mümkün hale gelmektedir (22). Sonuç olarak, YND teknolojilerinin belirtilen üstünlükleri ile rutin analiz yapılan adli laboratuvarlarda kapiller elektroforez temelli STR analizlerini destekleyebilecek güçlü bir teknoloji olduğu düşünülmektedir (8).

Competing interests: No competing interests are declared by the authors.

Funding: No funding was received from any source for the completion of this work

KAYNAKLAR

1. Görmez Ö, Yılmaz H. Kimliklendirmede dental değerlendirmenin önemi. Med J SDU. 2014;21(1):29-34.
2. Sultana GNN, Sultan MZ. Mitochondrial DNA and methods for forensic identification. J Forensic Sci Crimin Inves. 2018;9(1):555755. <https://doi.org/10.19080/JFSCI.2018.09.555755>.
3. Al-Koofee DAF, Mubarak SMH. Genetic polymorphisms (Chap. 1). In: Çalışkan M, Erol O, Öz GC, editors. The Recent Topics in Genetic Polymorphisms. Intechopen. BoD-Books on Demand; 2020. <https://doi.org/10.5772/intechopen.88063>
4. Banday MZ, Nissar S, Aga SS, editors. Genetic Polymorphism and Disease. CRC Press; 2022.
5. Subaşıoğlu A. Afetlerde kimliklendirme ve genetik yaklaşımlar. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Derg. 2023;8(2):717-720.
6. Tekcan E, Tural Ş. Adli DNA analizlerinde güncel moleküler genetik gelişmeler. Van Med J. 2023;30(2):217-222. <https://doi.org/10.5505/vtd.2023.30633>
7. Yang Y, Xie B, Yan J. Application of next-generation sequencing technology in forensic science. Genomics Proteomics Bioinformatics. 2014;12(5):190-197. <https://doi.org/10.1016/j.gpb.2014.09.001>
8. Filoglu G, Sah I, Dogan M, Nalcaoglu SB, Bulbul ITO, Unsal T. Application of next generation sequencing in forensic science Yeni nesil dizilemenin adli bilimlerde kullanımı. Med. 2017;6(1):157-162. <https://doi.org/10.5455/medscience.2016.05.8518>

9. Clarke TH, Gomez A, Singh H, Nelson KE, Brinkac LM. Integrating the microbiome as a resource in the forensics toolkit. *Forensic Sci Int Genet.* 2017;30:141–147. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2017.06.008>
10. Wong L-P, Ong RT-H, Poh W-T, Liu X, Chen P, Li R, KK-Y Lam, Pillai NE, Sim K-S, Xu H, Sim N-L, Teo S-M, Foo J-N, LW-L Tan, Lim Y, Koo S-H, LS-H Gan, Cheng C-Y, Wee S, EP-H Yap, Ng PC, Lim W-Y, Soong R, Wenk MR, Aung T, Wong T-Y, Khor C-C, Little P, Chia K-S, Teo Y-Y. Deep whole-genome sequencing of 100 southeast Asian Malays. *Am J Hum Genet.* 2013;92(1):52–66. <https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2012.12.005>
11. Hanson E, Ingold S, Haas C, Ballantyne J. Targeted multiplexed next generation RNA sequencing assay for tissue source determination of forensic samples. *Forensic Sci Int Genet Supp Ser.* 2015;5:e441–e443. <https://doi.org/10.1016/j.fsigs.2015.09.175>
12. Darcac N, Türkyılmaz O. Yeni nesil dizileme teknolojisine genel bakış. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Derg.* 2018;5(1):41–49.
13. Hu T, Chitnis N, Monos D, Dinh A. Next-generation sequencing technologies: an overview. *Hum Immunol.* 2021;82(11):801–811. <https://doi.org/10.1016/j.humimm.2021.02.012>
14. Tytgat O, Van Nieuwerburgh F. Applications of nanopore sequencing for forensic analysis (Chap. 6). In: Dash HR, Elkins KM, Al-Snan NR, editors. *Next Generation Sequencing (NGS) Technology in DNA Analysis.* Academic Press; 2024. p. 85–98. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99144-5.00027-5>
15. Yang TT, Zhang JR, Xie ZH, Ren ZL, Yan JW, Ni M. Nanopore sequencing of forensic short tandem repeats using QNome of Qitan Technology. *Electrophoresis.* 2024. <https://doi.org/10.1002/elps.202300270>
16. Buijns B, Tiggelaar R, Gardeniers H. Massively parallel sequencing techniques for forensics: a review. *Electrophoresis.* 2018;39(21):2642–2654. <https://doi.org/10.1002/elps.201800082>
17. Børsting C, Morling N. Next generation sequencing and its applications in forensic genetics. *Forensic Sci Int Genet.* 2015;18:78–89. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2015.02.002>
18. Hunter P. Uncharted waters: next-generation sequencing and machine learning software allow forensic science to expand into phenotype prediction from DNA samples. *EMBO Rep.* 2018;19(3). <https://doi.org/10.15252/embr.201845810>
19. Gusick MF, Clark L, Tu T, Goforth J, Zhang X, LaRue B, Gutierrez R, Jindra PT. Performance characteristics of chimerism testing by next generation sequencing. *Hum Immunol.* 2022;83(1):61–69. <https://doi.org/10.1016/j.humimm.2021.10.004>
20. Topaloğlu T, Şener EF, Canatan H. Nöropsikiyatrik hatalıklarda yeni nesil sekans teknolojisinin kullanımı ve güncel yaklaşımlar. *Saglik Bilim Derg.* 2016;25(2):92–99.
21. Gettings KB, Kiesler KM, Faith SA, Montano E, Baker CH, Young BA, Guerrieri RA, Vallone PM. Sequence variation of 22 autosomal STR loci detected by next generation sequencing. *Forensic Sci Int Genet.* 2016;21:15–21. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2015.11.005>
22. Çağlayan AO. Yeni nesil dizileme teknolojisinin tıpta kullanımı: örnek hastalık grubu olarak nöregelişimsel hastalıklar. *Türkiye Klinikleri J Med Genet-Special Topics.* 2016;1(1):155–160.
23. Bredemeyer S, Roewer L, Willuweit S. Next generation sequencing of Y-STRs in father-son pairs and comparison with traditional capillary electrophoresis. *Forensic Sci Res.* 2022;7(3):484–489. <https://doi.org/10.1080/20961790.2021.1898078>
24. Van Neste C, Vandewoestyne M, Van Crieckinge W, Deforce D, Van Nieuwerburgh F. My-Forensic-Loci-queries (MyFLq) framework for analysis of forensic STR data generated by massive parallel sequencing. *Forensic Sci Int Genet.* 2014;9:1–8. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2013.10.012>
25. Sensat A, Caliebe A, Scheurer E, Schulz I. Validation and beyond: next generation sequencing of forensic casework samples including challenging tissue samples from altered human corpses using the MiSeq FGx system. *J Forensic Sci.* 2022;67(4):1382–1398. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.15028>
26. Shih SY, Bose N, Gonçalves ABR, Erlich HA, Calloway CD. Applications of probe capture enrichment next generation sequencing for whole mitochondrial genome and 426 nuclear SNPs for forensically challenging samples. *Genes.* 2018;9(1):49. <https://doi.org/10.3390/genes9010049>
27. Warshauer DH, Lin D, Hari K, Jain R, Davis C, Larue B, King JL, Budowle B. STRait Razor: a length-based forensic STR allele-calling tool for use with second generation sequencing data. *Forensic Sci Int Genet.* 2013;7(4):409–417. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2013.04.005>
28. Hertz CL, Christiansen SL, Ferrero-Miliani L, Fordyce SL, Dahl M, Holst AG, Ottesen GL, Frank-Hansen R, Bundgaard H, Morling N. Next-generation sequencing of 34 genes in sudden unexplained death victims in forensics and in patients with channelopathic cardiac diseases. *Int J Legal Med.* 2015;129(4):793–800. <https://doi.org/10.1007/s00414-014-1105-y>
29. Proceedings of the 4th National Symposium on Forensic DNA Inspection Technology. *International Symposium on New Advances in Forensic Genetics; China 2012.* p. 9-12.
30. Dash HR, Ranga A. Sequence analysis and secondary structure prediction of autosomal STR alleles using next generation sequencing (NGS) data. *Human Gene.* 2024;40:201274. <https://doi.org/10.1016/j.humgen.2024.201274>
31. Hall CL, Kesharwani RK, Phillips NR, Planz JV, Sedlazeck FJ, Zascavage RR. Accurate profiling of forensic autosomal STRs using the Oxford Nanopore Technologies MinION device. *Forensic Sci Int Genet.* 2022;56:102629. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2021.102629>
32. Poethe S-S, Holtel J, Biermann J-P, Riemer T, Grabmüller M, Madea B, Thiele R, Jäger R. Cost-Effective Next Generation Sequencing-Based STR Typing with Improved Analysis of Minor, Degraded and Inhibitor-Containing DNA Samples. *Int J Mol Sci.* 2023;24(4):3382. <https://doi.org/10.3390/ijms24043382>
33. Bülbül Ö, Argaç D, Shahzad MS, Filoğlu G, Altunçul H. Kimliklendirme ve nesep tayini için otozomal SNP lokuslarının belirlenmesi. *Türkiye Klinikleri J Foren Sci Leg Med.* 2013;10(1):7–13.
34. Fondevila M, Børsting C, Phillips C, De La Puente M, Carracedo A, Morling N, Lareu MV. Forensic SNP genotyping with SNaPshot: technical considerations for the development and optimization of multiplexed SNP assays. *Forensic Sci Rev.* 2017;29(1):57–76.
35. Gorden EM, Greytak EM, Sturk-Andreaggi K, Cady J, McMahon TP, Armentrout S, Marshall C. Extended kinship analysis of historical remains using SNP capture. *Forensic Sci Int Genet.* 2022;57:102636. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2021.102636>
36. Kokotas S, Budowle B, Papatheodorou A, Bolanaki E, Kondili A, Metheniti A, Vouropoulou M, Koukouvinos G, Palaigeorgiou E, Makras P. Comparison of next generation sequencing (NGS) - (SNPs) and capillary electrophoresis (CE) - (STRs) in the genetic analysis of human remains. *Forensic Sci Int Genet* 2024;103131. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2024.103131>

37. Sapan V, Simsek SZ, Filoğlu G, Bulbul O. Forensic DNA phenotyping using Oxford Nanopore Sequencing system. *Electrophoresis* 2024. <https://doi.org/10.1002/elps.202300252>
38. Ren Z-L, Zhang J-R, Zhang X-M, Liu X, Lin Y-F, Bai H, Wang M-C, Cheng F, Liu J-D, Li P, Kong L, Bo X-C, Wang S-Q, Ni M, Yan J-W. Forensic nanopore sequencing of STRs and SNPs using Verogen's ForenSeq DNA signature prep kit and MinION. *Int J Legal Med*. 2021;135(5):1685–1693. <https://doi.org/10.1007/s00414-021-02604-0>
39. Tytgat O, Škevin S, Deforce D, Van Nieuwerburgh F. Nanopore sequencing of a forensic combined STR and SNP multiplex. *Forensic Sci Int Genet*. 2022;56:102621. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2021.102621>
40. Bülbül Ö, Filoğlu G. Biyocoğrafik soy tahmini ve adli bilimlerde kullanımı. *Bull Leg Med*. 2019;24(2):131–140. <https://doi.org/10.17986/blm.2019250174>
41. Larmuseau MH, Van Geystelen A, Kayser M, van Oven M, Decorte R. Towards a consensus Y-chromosomal phylogeny and Y-SNP set in forensics in the next-generation sequencing era. *Forensic Sci Int Genet*. 2015;15:39–42. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2014.11.012>
42. Xue Y, Wang Q, Long Q, Ng BL, Swerdlow H, Burton J, Skuce C, Taylor R, Abdellah Z, Zhao Y, Asan; MacArthur DG, Quail MA, Carter NP, Yang H, Tyler-Smith C. Human Y chromosome base-substitution mutation rate measured by direct sequencing in a deep-rooting pedigree. *Curr Biol*. 2009;19(17):1453–1457. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.07.032>
43. Qian X, Hou J, Wang Z, Ye Y, Lang M, Gao T, Liu J, Hou Y. Next generation sequencing plus (NGS+) with Y-chromosomal markers for forensic pedigree searches. *Sci Rep*. 2017;7(1):11324. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11955-x>
44. Abatay Sel F, Savran Oğuz F. Moleküler kimerizm metotları: geçmiş ve günümüz. *AKD Tıp Derg*. 2022;8(1):82–90. <https://doi.org/10.53394/akd.1037771>
45. Serin A, Canan H, Alper B. Adli amaçlı kimliklendirmede mitokondriyal DNA. *Türkiye Klinikleri J Foren Sci Leg Med*. 2013;10(2):51–58.
46. Syndercombe Court D. Mitochondrial DNA in forensic use. *Emerg Top Life Sci*. 2021;5(3):415–426. <https://doi.org/10.1042/ETLS20210204>
47. Szibor R, Michael M, Plate I, Krause D. Efficiency of forensic mtDNA analysis: case examples demonstrating the identification of traces. *Forensic Sci Int*. 2000;113(1-3):71–78. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(00\)00266-8](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(00)00266-8)
48. del Mar González M, Ramos A, Aluja MP, Santos C. Sensitivity of mitochondrial DNA heteroplasmy detection using Next Generation Sequencing. *Mitochondrion*. 2020;50:88–93. <https://doi.org/10.1016/j.mito.2019.10.006>
49. Mikkelsen M, Rockenbauer E, Wächter A, Fendt L, Zimmermann B, Parson W, Nielsen SA, Gilbert T, Willerslev E, Morling N. Application of full mitochondrial genome sequencing using 454 GS FLX pyrosequencing. *Forensic Sci Int Suppl Ser*. 2009;2(1):518–519. <https://doi.org/10.1016/j.fsigs.2009.09.028>
50. Stewart JE, Fisher CL, Aagaard PJ, Wilson MR, Isenberg AR, Polansky D, Pokorak E, DiZinno JA, Budowle B. Length variation in HV2 of the human mitochondrial DNA control region. *J Forensic Sci*. 2001;46(4):862–870. <https://doi.org/10.1520/JFS15059J>
51. Coble MD, Just RS, O'Callaghan JE, Letmanyi IH, Peterson CT, Irwin JA, Parsons TJ. Single nucleotide polymorphisms over the entire mtDNA genome that increase the power of forensic testing in Caucasians. *Int J Legal Med*. 2004;118(3):137–146. <https://doi.org/10.1007/s00414-004-0427-6>
52. Parsons TJ, Coble MD. Increasing the forensic discrimination of mitochondrial DNA testing through analysis of the entire mitochondrial DNA genome. *Croat Med J*. 2001;42(3):304–309.
53. Forsythe B, Melia L, Harbison S. Methods for the analysis of mitochondrial DNA. *Wiley Interdisciplinary Reviews. Forensic Sci*. 2021;3(1):e1388. <https://doi.org/10.1002/wfs2.1388>
54. Weber-Lehmann J, Schilling E, Gradl G, Richter DC, Wiehler J, Rolf B. Finding the needle in the haystack: differentiating “identical” twins in paternity testing and forensics by ultra-deep next generation sequencing. *Forensic Sci Int Genet*. 2014;9:42–46. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2013.10.015>
55. Çepiioğlu SK, Yurdun T. Adli bilimlerde epigenetik: yeri ve geleceği. *Türkiye Klinikleri Forensic Med-Special Topics*. 2015;1(3):38–47.
56. Yanar K, Aksungur S. Adli bilimlerde DNA metilasyonları kullanılarak bireysel yaş tahmini. *ABSAD*. 2024;6(1):42–57.
57. Forat S, Huettel B, Reinhardt R, Fimmers R, Haidl G, Denschlag D, Olek K. Correction: methylation markers for the identification of body fluids and tissues from forensic trace evidence. *PLoS One*. 2016;11(5):e0156472. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156472>
58. Li C, Zhao S, Zhang N, Zhang S, Hou Y. Differences of DNA methylation profiles between monozygotic twins' blood samples. *Mol Biol Rep*. 2013;40:5275–5280. <https://doi.org/10.1007/s11033-013-2627-y>
59. Cai Y, Yu X, Hu S, Yu J. A brief review on the mechanisms of miRNA regulation. *Genomics Proteomics Bioinformatics*. 2009;7(4):147–154. [https://doi.org/10.1016/S1672-0229\(08\)60044-3](https://doi.org/10.1016/S1672-0229(08)60044-3)
60. Courts C, Madea B. Specific micro-RNA signatures for the detection of saliva and blood in forensic body-fluid identification. *J Forensic Sci*. 2011;56(6):1464–1470. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2011.01894.x>
61. Holumen N. Usage areas of microRNA (miRNA) in forensic genetics. *NOFOR*. 2022;1(1):7–14. <https://doi.org/10.5455/NOFOR.2022.06.02>
62. Silva SS, Lopes C, Teixeira A, De Sousa MC, Medeiros R. Forensic miRNA. Potential biomarker for body fluids? *Forensic Sci Int Genet*. 2015;14:1–10. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2014.09.002>
63. Glynn CL. Potential applications of microRNA profiling to forensic investigations. *RNA*. 2020;26(1):1–9. <https://doi.org/10.1261/rna.072173.119>
64. Wang Z, Luo H, Pan X, Liao M, Hou Y. A model for data analysis of microRNA expression in forensic body fluid identification. *Forensic Sci Int Genet*. 2012;6(3):419–423. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2011.08.008>
65. Tam S, De Borja R, Tsao M-S, McPherson JD. Robust global microRNA expression profiling using next-generation sequencing technologies. *Lab Invest*. 2014;94(3):350–358. <https://doi.org/10.1038/labinvest.2013.157>
66. Noren Hooten N, Abdelmohsen K, Gorospe M, Ejiogu N, Zonderman AB, Evans MK. microRNA expression patterns reveal differential expression of target genes with age. *PLoS One*. 2010;5(5):e10724. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010724>
67. Aslan FG, Altındaş M. İnsan mikrobiyom projesi, mikrobiyotanın geleceği ve kişiye özel tıp uygulamaları. *J Biotechnol and Strategic Health Res*. 2017;1(Special Issue):1–6.
68. Wilkins D, Leung MH, Lee PK. Microbiota fingerprints lose individually identifying features over time. *Microbiome*. 2017;5(1):1. <https://doi.org/10.1186/s40168-016-0209-7>

69. Neckovic A, van Oorschot RA, Szkuta B, Durdle A. Investigation of direct and indirect transfer of microbiomes between individuals. *Forensic Sci Int Genet.* 2020;45:102212. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2019.102212>
70. Zhang J, Liu W, Simayijiang H, Hu P, Yan J. Application of microbiome in forensics. *Genomics Proteomics Bioinformatics.* 2023;21(1):97–107. <https://doi.org/10.1016/j.gpb.2022.07.007>
71. Kuiper I. Microbial forensics: next-generation sequencing as catalyst: the use of new sequencing technologies to analyze whole microbial communities could become a powerful tool for forensic and criminal investigations. *EMBO reports.* 2016;17(8):1085–7. <https://doi.org/10.15252/embr.201642794>
72. Benschop CC, Quaaq FC, Boon ME, Sijen T, Kuiper I. Vaginal microbial flora analysis by next generation sequencing and microarrays; can microbes indicate vaginal origin in a forensic context? *Int J Legal Med.* 2012;126(2):303–310. <https://doi.org/10.1007/s00414-011-0660-8>
73. Cardinali I, Tancredi D, Lancioni H. The revolution of animal genomics in forensic sciences. *Int J Mol Sci.* 2023;24(10):8821. <https://doi.org/10.3390/ijms24108821>
74. Mitra I, Roy S, Haque I. Application of molecular markers in wildlife DNA forensic investigations. *J Forensic Med.* 2018;4(3):156–160. https://doi.org/10.4103/jfsm.jfsm_23_18
75. Lyons LA, Grahn RA, Kun TJ, Netzel LR, Wictum EE, Halverson JL. Acceptance of domestic cat mitochondrial DNA in a criminal proceeding. *Forensic Sci Int Genet.* 2014;13:61–67. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2014.07.007>
76. Ali M, Hashim U, Kashif M, Mustafa S, Che Man Y, Abd Hamid S. Development of swine-specific DNA markers for biosensor-based halal authentication. *Genet Mol Res.* 2012;11(2):1762–1772. <https://doi.org/10.4238/2012.June.29.9>
77. Malmström H, Storå J, Dalén L, Holmlund G, Götherström A. Extensive human DNA contamination in extracts from ancient dog bones and teeth. *MBE.* 2005;22(10):2040–2047. <https://doi.org/10.1093/molbev/msi195>
78. Hajibabaei M, Shokralla S, Zhou X, Singer GA, Baird DJ. Environmental barcoding: a next-generation sequencing approach for biomonitoring applications using river benthos. *PLoS One.* 2011;6(4):e17497. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017497>
79. Hancock-Hanser BL, Frey A, Leslie MS, Dutton PH, Archer FI, Morin PA. Targeted multiplex next-generation sequencing: advances in techniques of mitochondrial and nuclear DNA sequencing for population genomics. *Mol Ecol Resour.* 2013;13(2):254–268. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12059>
80. Cheng X, Chen X, Su X, Zhao H, Han M, Bo C, Xu J, Bai H, Ning K. DNA extraction protocol for biological ingredient analysis of Liuwei Dihuang Wan. *Genomics Proteomics Bioinformatics.* 2014;12(3):137–143. <https://doi.org/10.1016/j.gpb.2014.03.002>
81. Phillips C, Prieto L, Fondevila M, Salas A, Gómez-Tato A, Álvarez-Dios J, Alonso A, Blanco-Verea A, Brión M, Montesino M, Carracedo Á, Lareu MV. Ancestry analysis in the 11-M Madrid bomb attack investigation. *PLoS One.* 2009;4(8):e6583. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006583>
82. Koops B-J, Schellekens M. Forensic DNA phenotyping: regulatory issues. *Colum Sci & Tech L Rev.* 2008;9:158–202.
83. Budowle B, Van Daal A. Forensically relevant SNP classes. *Biotechniques.* 2008;44(5):603–610. <https://doi.org/10.2144/000112806>
84. Haidar M, Abbas FA, Alsaleh H, Haddrill PR. Population genetics and forensic utility of 23 autosomal PowerPlex Fusion 6C STR loci in the Kuwaiti population. *Sci Rep.* 2021;11(1):1865. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81425-y>
85. Price AL, Patterson NJ, Plenge RM, Weinblatt ME, Shadick NA, Reich D. Principal components analysis corrects for stratification in genome-wide association studies. *Nat Genet.* 2006;38(8):904–909. <https://doi.org/10.1038/ng1847>
86. Walsh S, Liu F, Ballantyne KN, van Oven M, Lao O, Kayser M. IrisPlex: a sensitive DNA tool for accurate prediction of blue and brown eye colour in the absence of ancestry information. *Forensic Sci Int Genet.* 2011;5(3):170–180. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2010.02.004>
87. Walsh S, Liu F, Wollstein A, Kovatsi L, Ralf A, Kosiniak-Kamysz A, Branicki W, Kayser M. The HirisPlex system for simultaneous prediction of hair and eye colour from DNA. *Forensic Sci Int Genet.* 2013;7(1):98–115. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2012.07.005>
88. Breslin K, Wills B, Ralf A, Garcia MV, Kukla-Bartoszek M, Pospiech E, Freire-Aradas A, Xavier C, Ingold S, de La Puente M, van der Gaag KJ, Herrick N, Haas C, Parson W, Phillips C, Sijen T, Branicki W, Walsh S, Kayser M. HirisPlex-S system for eye, hair, and skin color prediction from DNA. Massively parallel sequencing solutions for two common forensically used platforms. *Forensic Sci Int Genet.* 2019;43:102152. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2019.102152>
89. Gill P. An assessment of the utility of single nucleotide polymorphisms (SNPs) for forensic purposes. *Int J Legal Med.* 2001;114(4):204–210. <https://doi.org/10.1007/s004149900117>
90. Pakstis AJ, Speed WC, Fang R, Hyland FC, Furtado MR, Kidd JR, Kidd KK. SNPs for a universal individual identification panel. *Hum Genet.* 2010;127:315–324. <https://doi.org/10.1007/s00439-009-0771-1>
91. Redler S, Brockschmidt F, Tazi-Ahmini R, Drichel D, Birch M, Dobson K, Giehl KA, Herms S, Refke M, Kluck N, Kruse R, Lutz G, Wolff H, M Böhm, Becker T, MM Nöthen, Messenger AG, Betz RC. Investigation of the male pattern baldness major genetic susceptibility loci AR/EDA2R and 20p11 in female pattern hair loss. *Br J Dermatol.* 2012;166(6):1314–1318. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2012.10877.x>
92. Haidar M, Mousawi F, Al-Matrouk AK. Forensic DNA phenotyping using next-generation sequencing (Chap. 15). In: Dash HR, Elkins KM, Rashid Al-Snan N, editors. *Next Generation Sequencing (NGS) Technology in DNA Analysis.* Elsevier; 2024. p. 289–310. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99144-5.00014-7>
93. Carratto TMT, de Oliveira MLG, Mendes-Junior CT. Forensic DNA phenotyping in the next-generation sequencing era. *Next Generation Sequencing (NGS) Technology in DNA Analysis: Elsevier; 2024.* p. 311–36. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99144-5.00033-0>
94. Budowle B, Arnette A, Sajantila A. A cost-benefit analysis for use of large SNP panels and high throughput typing for forensic investigative genetic genealogy. *Int J Legal Med.* 2023;137(5):1595–1614. <https://doi.org/10.1007/s00414-023-03029-7>
95. Vidaki A, Kayser M. Recent progress, methods and perspectives in forensic epigenetics. *Forensic Sci Int Genet.* 2018;37:180–195. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2018.08.008>
96. Akıncioğlu NU, Aslan İ, Doğan Y. Afet kurbanlarının kimliklendirilmesinde kullanılan yöntemler ve ülkemizdeki durum. *Güvenlik Bilimleri Derg.* 2021;10(1):217–238. <https://doi.org/10.28956/gbd.942166>

