

Tırnak Altı DNA Materyalinin Adli Genetik Açısından Önemi ve Farklı Çalışma Metotlarının Karşılaştırılması

Significance of Fingernail DNA Evidence in Terms of Forensic Genetics and Comparison of Different Analysis Methods

^{ID} Muhammed DOĞAN^a, ^{ID} Özlem BÜLBÜL ERCAN^b, ^{ID} Gönül FİLOĞLU TÜFEK^b

^aİstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü, Doktora Öğrencisi, İstanbul, TÜRKİYE

^bİstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü, İstanbul, TÜRKİYE

ÖZET Adli genetikte, cinayetten cinsel saldırıya, intihardan şiddet içeren olaylara kadar birçok kriminal vakanın aydınlatılmasında, tırnak örnekleri ve tırnak altında yer alan biyolojik materyaller çok önemli rol oynamaktadır. Tırnaklar da hücrelerden oluştuğu için vücudun diğer kısımları gibi deoksiribonükleik asit [deoxyribonucleic acid (DNA)] içermektedir. Ancak tırnaklardaki hücreler, keratinize yapıdaki ölü hücreler olduğu için bu hücreler içerisinde yer alan DNA'ları izole etmek, diğer hücrelerdeki DNA'nın izolasyonu kadar kolay olmamaktadır. Zaman içerisinde tırnak örneklerinden ve tırnak altı biyolojik materyallerden, DNA izolasyonu noktasında farklı teknikler geliştirilmiş ancak en verimli tekniğin hangisi olduğu konusunda net bir yaklaşım ortaya konulamamıştır. Örneğin; tırnak örneğinin direkt kendisinin mi yoksa tırnak altından alınan sürüntü örneklerinin mi DNA analizine tabi tutulacağı konusu belirsizdir. Tırnak altından alınacak sürüntü örneğinin, nemli ya da kuru bir "swab"; değiş tokuş, takas "swab"; çubuğun ucuna takılı hidrofik pamuk, silme vb. yardımıyla mı alınması gerektiği de belirsizdir. Tırnak örnekleri veya tırnak altlarından alınan sürüntü örneklerinin, ayrı ayrı mı yoksa birlikte mi çalışılacağı konusu da tartışılan bir başka konudur. Tüm bunların yanı sıra, tırnak örneklerinin saklanması ve transferi ile ilgili olarak da adli laboratuvarlar arasında standart ve rutin bir uygulama söz konusu değildir. Maalesef bu konuda literatürde çok fazla çalışma yer almamaktadır. Bu derlemenin amacı, literatürde mevcut bulunan az sayıda yayında ortaya konulan sonuçları kullanarak, tırnak örnekleriyle ilgili standart bir prosedür belirlenmesine yardımcı olmaktır.

ABSTRACT Fingernail samples and other biological materials reside under fingernail play a crucial role in elucidating many criminal cases in forensic genetics from homicides and suicides to sexual assaults and all violence including cases. Fingernails as the other parts of body are composed of cells, thus contain deoxyribonucleic acid (DNA). The fingernail cells are different from other cells. They are in a keratinized structure which is a protein made of dead cells. Isolating DNA from these cells is not as easy as to isolate DNA from other cells. Different techniques have been developed throughout time. However, the ideal procedure has not been determined among forensic laboratories regarding the collection, analyse and transfer of fingernail samples yet. For example, it is uncertain whether fingernail samples or swabs taken from fingernails should be subjected to DNA analysis. If a swab sample is to be taken under the fingernails, it is also contentious whether this should be done with a moistened or with a dry swab. The other questionable topic is whether fingernail samples or swab samples should be studied separately or together for the fingernails which are came from same hand and it is appropriate to collect samples into a same tube for one hand. In addition to these, there is also no standard and routine procedure among forensic laboratories regarding the storage and transfer of fingernail samples. Unfortunately, there are not many studies on this topic in the literature. The aim of this review is to help determining a standard procedure for fingernail samples by examining the results outlined in a few literature available.

Anahtar Kelimeler: Adli genetik; DNA tipleme, DNA belirteçleri

Keywords: Forensic genetic; DNA typing; DNA markers

Tırnak altı deoksiribonükleik asit [deoxyribonucleic acid (DNA)] materyali, uzun yıllardan beri adli vakalarda önemli bir delil olarak görülmekte ve çalışılmaktadır. Cinayet olgularında, maktulün ölmeden önce en son temas ettiği kişi/kişilerin tespit edilmesi noktasında tırnak örnekleri veya tırnak altından

alınan sürüntü örnekleri ("swab"lar) çok önemli bir rol oynamaktadır. Cinayet olgularının yanı sıra, cinsel saldırı vakalarında ve şiddet içeren diğer adli olgularda, genellikle saldırganla mağdur arasında boğuşma yaşandığı ve bu esnada da iki kişi arasında biyolojik materyal transferi gerçekleştiği düşünül-

Correspondence: Muhammed DOĞAN

İstanbul Cerrahpaşa Üniversitesi, Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü, İstanbul, TÜRKİYE/TURKEY

E-mail: muhammed.dogan38@gmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Forensic Medicine and Forensic Sciences.

Received: 26 Feb 2020

Received in revised form: 27 Mar 2020

Accepted: 28 Mar 2020

Available online: 14 Apr 2020

2619-9459 / Copyright © 2020 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

mektedir.¹ Transfer olan biyolojik materyalin (deri döküntüsü, kan, saç vb.) bir kısmının tırnak altına depolandığı ve olay sonrasında saldırganın tespit edilmesinde fayda sağlayabileceği belirtilmiştir.² 2011 yılında, FBI kayıtlarına göre ABD’de 80 binden fazla tecavüz vakası meydana gelmişken; aynı yıl Türkiye’de 24 bin civarında tecavüz vakası adli kayıtlara geçmiştir.^{3,4} Yine 2011 yılında, ABD’de 14 binden fazla cinayet işlenmişken, Türkiye’de 2015 yılında ortaya çıkan sayı 2 bin civarındadır.^{4,5} Bu vakaların her birinde, tırnak altı DNA materyali potansiyel delildir, olayın aydınlatılmasında ve failin ortaya çıkarılmasında hayati rol oynayabilir. Tırnak altı DNA materyali, uzun yıllardan beri adli laboratuvarlarda çalışılmaktadır. Zaman içerisinde tırnak altında yabancı biyolojik materyallerin kalma süresi ve buna bağlı olarak olay üzerinden kaç gün geçtikten sonra hâlâ tırnak örneklerinin alınabileceği, tırnak örneklerinin alım şekli ve alınan örneklerin transferi konusunda farklı teoriler ve yöntemler geliştirilmiştir. Ancak bu yöntemlerden hangisinin daha iyi ya da daha verimli olduğu noktasında herkes tarafından kabul edilen bir yaklaşım söz konusu değildir. Bu derlemenin amacı da, son yıllarda yapılmış çalışmaları baz alarak daha iyi olan yöntem ve metotları bulma noktasında, alanda çalışan uzmanlara yardımcı olmaktır.

TIRNAK ALTI DNA ÖRNEKLERİNDE GÜNLÜK AKTİVİTELERİN ÖNEMİ

Günlük yaşama dair aktiviteler sırasında, bir insandan diğerinin tırnak altına biyolojik materyalin transfer olduğuna ve burada depolandığına dair genel bir kabul olsa da, bazı yayınlarda bu biyolojik materyallerin raporlanabilecek düzeyde karışık profiller oluşturamayacağı ifade edilmiştir.^{1,2,6}

Cook ve Dixon tarafından 2007 yılında, günlük aktivitelerin tırnak altına biyolojik materyal transferine yönelik 100 gönüllünün katılımıyla yapılan bir çalışmada, yalnızca 13 örnekten karışık DNA profili elde edildiği ve bu profillerin de sadece 6 tanesinin raporlanabilecek düzeyde olduğu belirtilmiştir.⁷

Dowlman ve ark. tarafından 2010 yılında yapılan, çoğunluğu laboratuvar personeli 40 kişiden oluşan bir çalışma grubunda, kişilerin tırnak altlarından önce nemli daha sonra kuru “swab” kullanılarak alı-

nan toplam 80 adet örnekten elde edilen sonuçlar; tek kişiye ait profiller, düşük ve yüksek seviyede karışık profiller olmak üzere 3 grup halinde değerlendirilmiştir. On beş kısa tekrarlı diziler [short tandem repeat (STR)] bölgesinden en az 12’sinde ekstra piklerin gözlemlendiği sonuçlar, yüksek seviyede karışık profiller olarak değerlendirilirken; 11 ve daha az bölgede ekstra piklerin olduğu sonuçlar, düşük seviyede karışık profiller olarak değerlendirilmiştir. Son 48 saat içerisinde cinsel ilişki yaşamış olan şahıslardan alınan 20 örneğinin, 7 tanesinden ve yaşadığı evi başka bir kişiyle paylaşan kişilerden alınan toplam 36 örneğin, 2 tanesinden yüksek seviyede karışık profil elde edilmiştir. Çalışılan 47 adet tırnak örneğinden ise tek kişiye ait DNA profili elde edilmiştir.²

Malsom ve ark., 2009 yılında aynı evde yaşayan çiftlerin oluşturduğu bir grubun tırnak örneklerini çalıştıklarında, bu örneklerin sadece %17’sinden raporlanabilecek nitelikte karışık DNA profili elde etmişlerdir. Bu karışık DNA profillerinin kaynağının ise son 48 saat içerisinde gerçekleşmiş olan cinsel ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. Burada üzerinde durulması gereken önemli noktalardan bir tanesi, son 48 saat içerisinde cinsel ilişkide bulunmuş tüm kişilerin tırnağında karışık profile rastlanmadığı, ancak tırnak örneklerinde karışık profile rastlanan kişilerin tamamının son 48 saat içerisinde cinsel ilişkide bulunduğu durumdur.⁸

Matte ve ark. 2012 yılında, günlük aktiviteler esnasında tırnak altına transfer olan yabancı DNA varlığı ile ilgili araştırma yapmışlardır. Kendi laboratuvarlarında çalışan 14 personelden, kendi tırnak altlarını her bir tırnak için bir “wooden scraper” (tahta tırnak altı kazıyıcı) kullanarak kazımaları istenmiştir. Daha sonra aynı ele ait 5 “wooden scraper” birleştirilerek her bir ele ait bir örnek, toplamda 28 örnek ortaya çıkarılmıştır. Bu örneklerden 14 tanesinde “wooden scraper”lerin uçları kesilerek tüp içerisine atılıp çalışılırken, diğer 14 tanesinde ise “wooden scraper”lerin uçlarından nemli swab ile sürüntü örnekleri alınarak çalışılmıştır. Bu deney sonucunda “wooden scraper”ların ucu kesilerek dâhil edilen 14 örnekten bir tanesinde karışık olarak değerlendirilebilecek (5 STR bölgesinden fazla) DNA profili elde edilirken, “wooden scraper”ların ucundan “swab”la örnek alınarak çalışılan 14 örnekte karışık olarak değerlendirilebilecek profil elde edilememiştir.⁹

TIRNAK ÖRNEKLERİNİN ALIM ŞEKLİ

Tırnak örneklerinin, tırnak altında bulunan DNA ve diğer biyolojik materyallerin önemi konusunda uzmanlar hem fikir olsa da, bu örneklerin laboratuvarında nasıl çalışılacağına dair bir uzlaşma bulunduğunu söylemek mümkün değildir. Literatürde yer alan az sayıda çalışmada, bu metotların karşılaştırıldığı görülmektedir.

Hebda ve ark., 2014 yılında yaptıkları bir çalışmada, bir erkeğe ait kan örneğini kadın tırnağı üzerine dökmüşlerdir. Bu işlem sonrasında, farklı metotlarla tırnaktan örnekler alınmıştır. İlk yöntemde, kadına ait tırnaklar kesilerek 24 saat kurumaya bırakılmıştır. Kuruma tamamlandıktan sonra tırnağın tamamı solüsyonun içerisine atılarak analize tabi tutulmuştur. Diğer bir yöntemde ise önce nemli “swab”lar kullanılarak, daha sonra ise kuru “swab”lar kullanılarak tırnaklardan örnekler alınmış ve bu iki “swab” aynı tüp içerisinde birleştirilmiştir. Bu metottaki “swab”lar tırnak altından “wooden scraper” adı verilen özel bir malzeme ile alınmıştır. Bu iki metotla alınan örnekler üzerinde yapılan DNA analizleri neticesinde; ilk yöntemin (tırnakların doğrudan çalışılması), ikinci yöntem göre daha fazla DNA sağladığı görülmüştür. Ancak sonuçlar analiz edildiğinde, DNA profilinde yer alan lokuslardaki kadına ait allellerin pik yüksekliklerinin, erkeğe ait piklere oranla çok daha fazla olması önemli bir dezavantaj oluşturmaktadır. Üçüncü metot olarak ise kazıma yöntemi denenmiştir. Tırnak altında bulunan kalıntılar, bisturi yardımıyla tüpün içerisine transfer edilmiş ve analize tabi tutulmuştur. Ancak bu işlem sonucunda erkeğe ait DNA miktarının azlığı nedeni ile bazı bölgelerde piklere rastlanmamış ve metot başarılı bulunmamıştır. İkinci yöntem olan nemli ve kuru “swab” kullanılarak tırnak altlarından alınan sürüntülerin çalışılması neticesinde ise hem elde edilen DNA miktarı açısından hem de kadına ve erkeğe ait DNA miktarlarının oranı açısından bu metodun daha avantajlı olduğu belirtilmiştir.¹⁰

Yine Hebda ve ark.nın, belirttiği üzere Michigan’da otopsi esnasında tırnak örnekleri alınırken, örnek alınacak elin altına kumaş bir bez serilerek tır-

nakların kesildiği, her bir ele ait tırnakların bir zarf içinde toplandığı kayıtlıdır. Kesim sonrasında laboratuvar çalışmasında, tırnaklar ve tırnakların kesildiği tırnak makasının yanı sıra bu kumaş bezin de kullanıldığı belirtilmektedir.¹⁰

Hayden ve Wallin’in, 2019 yılında yaptıkları deneysel çalışmada, bir grup kadından toplam 51 adet tırnak örneği kesilerek alınmıştır. Ayrıca bir grup erkekten de ter örneği alınmıştır (Ter örnekleri, erkekler koşarken yüzlerinden düşen damlalardan alınmıştır.). Daha sonra bu ter damlaları, tırnakların üzerine 5’er µL eklenmiş ve 3 hafta boyunca oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Ardından 51 tırnak örneği, üç farklı gruba ayrılmış ve üç farklı teknikle DNA analizine tabi tutulmuştur. Her grup, 17 tırnak örneği içermektedir. İlk grup fosfat tamponlu tuz [phosphate buffered saline (PBS)] solüsyonun içine, ikinci grup PrepFiler Forensic DNA Extraction Kit (ThermoFisher Scientific, USA) lizis tampon çözeltisinin içine konulmuş ve ardından DNA analizi gerçekleştirilmiştir. Üçüncü grup tırnak örneklerinden ise “swab” yardımıyla sürüntüler alınmış ve alınan sürüntü örnekleri DNA analizine tabi tutulmuştur. Tüm analizler bir arada değerlendirildiğinde; Hayden ve Wallin, lizis tampon çözeltinin, kişiye ait tırnak örneklerindeki DNA’yı daha fazla parçaladığını ve DNA sonuçlarının yorumunu daha karmaşık bir hâle getirdiğini ifade etmişlerdir.¹¹

Bozzo ve ark.nın, 2015 yılında yaptıkları çalışmada ise otopsi sırasında alınan tırnak örnekleri irdelenmiştir. Farklı 71 vakada, maktullerden alınan toplam 164 tırnak örneği, 3 farklı metot kullanılarak DNA analizine tabi tutulmuştur. İlk metotta tırnak örnekleri direkt olarak ekstraksiyona tabi tutulmuş, ikinci metotta tırnak örnekleri kesilerek analiz edilmiş ve üçüncü metotta ise tırnak örneklerinden “swab” alınarak, “swab”lar DNA analizine tabi tutulmuştur. Çalışılan tüm örneklerin %75’inde, sadece maktulün kendi DNA’sı tespit edilirken; %10’luk bir kısmında raporlanabilecek düzeyde farklı (yabancı) bir DNA elde edilmiştir. Ekip, ilk metotla alınan örneklerin tümünde maktule ait DNA elde ettiklerini söylerken; “swab”la ve keserek aldıkları örneklerin bir kısmında karışık DNA örneklerine ulaşabildiklerini belirtmişlerdir.¹²

TIRNAK MATERYALLERİNİN TRANSFERİ

Adli vakaların ardından mağdurlara ait tırnak örnekleri şayet mağdur ölmüş ise otopsi sırasında, mağdur yaşıyor ise sağlık personeli tarafından uygun bir ortamda alınmaktadır. Alınan tırnak örneklerinin, DNA analizlerinin gerçekleştirileceği laboratuvara nasıl transfer edildiği de sonuçlar üzerinde oldukça etkilidir. Hebda ve ark., tırnak örneklerinin aynı zarf içerisine konulmasının, hem tırnaklar arasında hem de tırnaklardan zarfa biyolojik materyal aktarımına sebep olabileceğini belirtmişlerdir. Bu tezlerini desteklemek için yaptıkları deneysel çalışmada, bir zarf içerisine kanlı bir tırnak örneği ile temiz bir tırnak örneğini yerleştirmişler ve 5 gün boyunca bekletmişlerdir. Örnekler arasında 5 günün sonunda biyolojik aktarım olmadığını ancak transfer işlemine tabi tutulmayan tırnak örneklerine göre DNA miktarının yarısının kaybolduğunu belirlemişlerdir. Bu kaybı zarfın iç kısımlarından “swab”la örnek olarak gidermeye çalışmışlar ancak bunun fayda sağlamadığını tespit etmişlerdir. Bu DNA kayıplarının önlenmesi için tırnakların taşıma işleminin zarf yerine direkt olarak tüplerde yapılmasını önermişlerdir.¹⁰

TIRNAK ÖRNEKLERİNDE KARIŞIK (MIX) DNA PROFİLLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Karışık (mikst) DNA, bir profile iki ya da daha fazla kişi katkıda bulunduğu zaman ortaya çıkan duruma denir.¹³ Bu profillerin ilk göstergesi bazı lokuslarda veya her lokusta birden çok allel görülmesidir. Bu pikler katkısı olan kişilerin DNA miktarlarına bağlı olarak birbirlerine yakın büyüklükte olabilirler ya da bir kişinin DNA miktarı, profile katkıda bulunan diğer kişi/kişilerin profiline baskın olabilir. Bu durumda baskın olan profilin piklerine majör (büyük) pikler, diğer piklere de minör (küçük) pikler denir.¹⁴ Karışık DNA profillerinin analizi ve yorumlanması oldukça zordur. Karışık DNA profilinde bir pikin minör pik olarak değerlendirilebilmesi için yüksekliğinin en az majör pikin yüksekliğinin %10'u kadar olması gerekmektedir.¹⁵ Malsom ve ark., 2009 yılında yaptıkları çalışmada, birlikte yaşayan 72 çiftten (144 kişiden) tırnak örneği almışlar ve bu örnekleri DNA analizine tabi tutmuşlardır. Bu ör-

neklerin %37 (53)'sinde örnek sahibine ait piklerin dışında piklere rastlamışlardır. 53 örneğin de yaklaşık yarısında (24) raporlanabilecek düzeyde piklerin olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca bazı kadın tırnaklarında, otozomal DNA profilinde sadece örnek sahibine ait pikler olsa da yapılan Y-STR analizinde bir erkeğe ait tam DNA profiline de rastlanmıştır. Bu çalışma, tırnak örneklerinin analizinde karışık profilleri incelerken çok dikkatli olunması gerektiğini açık ve net bir şekilde ortaya koymaktadır.⁸

SONUÇ VE ÖNERİLER

Rutin adli genetik prosedürleri çerçevesinde cinayet, cinsel istismar ve intihar gibi birçok adli vakanın aydınlatılmasında, tırnak örneklerinden faydalanılmaya çalışılmaktadır. Ancak sürecin başından sonuna, farklı ortamlarda farklı görevlilerin rol alması ve koordine bir şekilde çalışmaması; tırnak örneklerinin analizinde standart bir prosedürün ortaya çıkmamasına neden olmaktadır. Genellikle otopsi esnasında adli tıp uzmanları veya otopsi teknikerleri tarafından alınan örnekler, DNA laboratuvarlarına gönderilmekte ve orada adli genetik uzmanları ve laborantlar tarafından çalışılmaktadır. Zaman içerisinde gerek tırnaklardan örnek alımında gerekse çalışma metodunda farklı uygulamalar ortaya çıkmış ancak bu uygulamalardan hangisinin daha verimli ve yararlı olduğuna dair somut çalışmalar yapılmamıştır.

Bir grup araştırmacı, tırnak örneklerinin alımında en iyi metodun “tırnak altlarından “swab” yoluyla örnek alma” olduğunu belirtmişlerdir. Ancak tek bir “swab” kullanarak tüm tırnak altı materyalinin alımının sağlıklı olmadığını da belirterek her bir tırnak için ayrı bir “swab” kullanmayı önermişlerdir.¹⁰ Buna karşın bazı araştırmacılar, her bir tırnak örneğinin ayrı ayrı analiz edilmesinin hem çok zaman alacağını hem de iş yükü ve maliyet açısından çok masraflı olacağını iddia etmişlerdir.¹² Ancak kesilen tırnakların direkt olarak solüsyona atılıp çalışıldığı durumlarda, tırnak örneklerini birleştirmenin yoğun bir miktarda DNA'sı ile karşılaşma ihtimalini artırdığı bilinmektedir. Tırnak altlarından alınan “swab”ları tek bir tüpte toplayarak çalışmak ise, birden fazla şüphelinin olduğu durumlarda karmaşık ve analiz edilmesi zor bir DNA profilini netice verecektir.¹⁶

Tırnak örnekleriyle çalışılırken gözden kaçırılmaması gereken diğer bir husus mağdur ve şüphelinin cinsiyetleridir. Eğer mağdur kadınsa ve şüpheli de erkekse bu durumda tırnak örneklerine Y-STR analizi yapılması da olayın aydınlatılmasında kritik bir rol oynayabilir. Şüpheliden, mağdurun tırnak altına transfer olan az miktarda DNA materyali, otozomal STR DNA incelemesinde mağdurun yoğun DNA'sı tarafından maskelenebilirken; Y-STR DNA analizi neticesinde açık ve net bir biçimde ortaya çıkabilmektedir.¹⁷

Tırnak örneklerinin alındıktan sonra laboratuvara transferi de delil kaybına yol açmamak adına dikkat edilmesi gereken noktalardan biridir. Tırnakların aynı zarf içerisinde gönderilmesi, bir tırnaktan diğerine DNA transferine neden olabilir. Ayrıca tırnaktan zarfa da DNA geçişi ve dolayısıyla delil kaybı söz konusu olabilir. Bu noktada önerilen metot, her bir tırnağın ayrı bir tüp içerisinde laboratuvara gönderilmesidir.¹⁰

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Muhammed Doğan; **Tasarım:** Muhammed Doğan, Gönül Filoğlu, Özlem Bülbül; **Denetleme/Danışmanlık:** Gönül Filoğlu, Özlem Bülbül; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Muhammed Doğan; **Analiz ve/veya Yorum:** Muhammed Doğan, Gönül Filoğlu, Özlem Bülbül; **Kaynak Taraması:** Muhammed Doğan, Gönül Filoğlu; **Makalenin Yazımı:** Muhammed Doğan; **Eleştirel İnceleme:** Gönül Filoğlu, Özlem Bülbül.

KAYNAKLAR

- Nurit B, Anat G, Michal S, Lilach F, Maya F. Evaluating the prevalence of DNA mixtures found in fingernail samples from victims and suspects in homicide cases. *Forensic Sci Int Genet.* 2011;5(5):532-7. [Crossref] [PubMed]
- Dowlman EA, Martin NC, Foy MJ, Lochner T, Neocleous T. The prevalence of mixed DNA profiles on fingernail swabs. *Sci Justice.* 2010;50(2):64-71. [Crossref] [PubMed]
- McClendon L, Meghanathan N. Using machine learning algorithms to analyze crime data. *MLAIJ.* 2015;2(1). [Crossref]
- Türk T. [Investigating of the crimes in Turkey by Geographical Information Systems (GIS)]. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi* 2011;1(104).
- Thoplan R. A statistical graphic exploration of crime rate for the states of USA. *RJSSM.* 2014;4(6):58-67.
- Cline RE, Laurent NM, Foran DR. The fingernails of Mary Sullivan: developing reliable methods for selectively isolating endogenous and exogenous DNA from evidence. *J Forensic Sci.* 2003;48(2):328-33. [Crossref] [PubMed]
- Cook O, Dixon L. The prevalence of mixed DNA profiles in fingernail samples taken from individuals in the general population. *Forensic Sci Int Genet.* 2007;1:62-8. [Crossref] [PubMed]
- Malsom S, Flanagan N, McAlister C, Dixon L. The prevalence of mixed DNA profiles in fingernail samples taken from couples who cohabit using autosomal and Y-STRs. *Forensic Sci Int Genet.* 2009;3(2):57-62. [Crossref] [PubMed]
- Matte M, Williams L, Frappier R, Newman J. Prevalence and persistence of foreign DNA beneath fingernails. *Forensic Sci Int Genet.* 2012;6(2):236-43. [Crossref] [PubMed]
- Hebda LM, Doran AE, Foran DR. Collecting and analyzing DNA evidence from fingernails: a comparative study. *J Forensic Sci.* 2014;59(5):1343-50. [Crossref] [PubMed]
- Hayden DD, Wallin JM. A comparative study for the isolation of exogenous trace DNA from fingernails. *Forensic Sci Int Genet.* 2019;39:119-28. [Crossref] [PubMed]
- Bozzo WR, Colussi AG, Ortíz MI, Laborde L, Pilli JP, Carini G, et al. Analysis of DNA from fingernail samples in criminal cases. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series* 5. 2015:e601-2. [Crossref]
- Perlin MW, Legler MM, Spencer CE, Smith JL, Allan WP, Belrose JL, et al. Validating TrueAllele® DNA mixture interpretation. *J Forensic Sci.* 2011;56(6):1430-47. [Crossref] [PubMed]
- Gill P, Haned H. A new methodological framework to interpret complex DNA profiles using likelihood ratios. *Forensic Sci Int Genet.* 2013;7(2):251-63. [Crossref] [PubMed]
- Bille T, Weitz S, Buckleton JS, Bright JA. Interpreting a major component from a mixed DNA profile with an unknown number of minor contributors. *Forensic Sci Int Genet.* 2019;40:150-9. [Crossref] [PubMed]
- Ottens R, Taylor D, Linacre A. DNA profiles from fingernails using direct PCR. *Forensic Sci Med Pathol.* 2015;11(1):99-103. [Crossref] [PubMed]
- Iuvaro A, Bini C, Dilloo S, Sarno S, Pelotti S. Male DNA under female fingernails after scratching: transfer and persistence evaluation by RT-PCR analysis and Y-STR typing. *Int J Legal Med.* 2018;132(6):1603-9. [Crossref] [PubMed]