

ADLİ TIP'DA TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) UYGULAMALARI

The Use of Scanning Electron Microscope in Forensic Sciences.

Bora BÜKEN*, Bülent ÜNER**, Ümit ÇETİNKAYA**, A. Sadi ÇAĞDIR**,
Ş. Bilge KIRANGİL**.

Büken B, Üner B, Çetinkaya Ü, Çağdır A.S, Kirangil ŞB. Adli tıp'da taramalı elektron mikroskopu (sem) uygulamaları. Adli Tıp Bülteni 2001;6(1): 23-31.

ÖZET

Günümüzde bir çok alanda olduğu gibi adli tıp alanında da gelişen teknoloji ile birlikte yeni bir takım inceleme yöntemleri ortaya çıkmış ve ileri inceleme tekniklerinden yararlanılarak suç ve suçlu kavramı deliller çerçevesinde yeniden değerlendirilmeye başlanmıştır. Delillerin incelenmesinde kullanılan ileri tekniklerden birisi de elektron mikroskopudur. Bu derlemede elektron mikroskopu kısaca tanıtmış ve elektron mikroskopunda yapılabilen incelemelerden örnekler verilerek ülkemizde adli tıp bilimi ile uğraşanların olguların değerlendirilmesinde elektron mikroskopu olanaklarından yararlanabilecekleri alanlar tanıtılmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Taramalı elektron mikroskopu, adli tıp, X- ray analiz.

SUMMARY

As in many fields of science and technology, with advancing technology some new investigation methods in forensic sciences have come in to use and by using these techniques "the concepts of crime and offender" have begun to be assessed in the context of evidence. One of the advanced techniques used in the investigation of evidence is the electron microscopy. In this article, after mentioning the electron microscope briefly, studies that can be performed by the electron microscope are presented. The authors have mentioned the electron microscope facilities that can be used for the investigation of forensic cases.

Key Words: Scanning electron microscope, forensic sciences, x-ray analysis.

GİRİŞ

Taramalı elektron mikroskopu adli tıp bilimi ile uğraşanlar için örnek incelemede diğer yöntemlere

göre özel preparatların hazırlanması zorunluluğu olmaması ve optik mikroskoplarla ulaşılamayan yüksek büyütmeyle çıkma kolaylığı sağlaması yönünden avantajlıdır (1). Taramalı elektron mikroskopunda organik ve inorganik örneğin yüzeyinden alınan bilgileri elde etmede elektron demeti ve örnek arasındaki etkileşim kullanılır (1). Fransız fizikçi Louis- Victor Broglie 1924'de, o döneme değin maddesel parçacık olarak kabul edilen elektronların aynı zamanda dalga özelliği gösterdiğini ortaya koymuştur (2). Elektronların dalga yapısı 1927'de saptanmış ve mikroskopta ışık yerine böyle bir dalganın kullanılmasının ayırma gücünü çok daha büyük ölçüde arttıracığı düşünülmüştür (2).

Taramalı elektron mikroskopu ilk olarak 1935 yılında Almanya'da Knoll tarafından tasarlanmış bunu İngiltere, Fransa ve ABD'deki çalışmalar izlemiştir (3). 1938 yılında M. Von Ardenne Scanning- Transmission elektron mikroskopunu bir TEM (transmisyon elektron mikroskopu üzerine tarama parçası takarak elde etmiştir (4-7). Elektron mikroskopunda bir solid materyalin yüzey incelemesi 1942 yılında Zworykin tarafından gerçekleştirilmiştir (4). Bu tasarımlar Cambridge Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde Oatley ve arkadaşları tarafından 1949 yılında başlayan çalışmalar sonucu geliştirilmiştir. Bu aynı zamanda 1965 yılında ticari olarak pazarlanan ilk elektron mikroskopu olup STEREOSCAN adını almıştır. 1968 ve 1969 yıllarında aletin özellikleri çeşitli sempozyumlarda tanıtılmıştır (1). Günümüzde kullanılan elektron mikroskoplarının temel prensiplerine uyan elektron mikroskopu ise 1953 yılında Mc Mullan tarafından uygulamaya konulmuştur (4,7).

* Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Düzce Tıp Fakültesi, Adli Tıp Anabilim Dalı

** İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü

*** Adli Tıp Kurumu Başkanlığı, İstanbul.

ELEKTRON MİKROSKOBU TİPLERİ:

a) Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope)

b) Geçirgen Elektron Mikroskobu (Transmission Electron Microscope)

Elektron mikroskobunun temel prensibi termoiyonik olaya dayanır. Vakum altında kızıl dereceye kadar ısıtılmak suretiyle bir metalden elektron çıkarılmasına termoiyonik olay denir (8). Metal bir filamentin (Wolfram teli gibi) ısıtılarak akkor haline geçmesi sonucu elektron saçılmaya başlar. Oluşan bu elektron demeti vakumlanmış kolonda eksen boyunca düz bir doğrultuda ve kayba uğramaksızın ilerler. Elektron mikroskobunda, görünür ışık yerine, dalga özelliğine sahip hızlı elektronlar kullanılmakta, böylelikle görünür ışık kullanılan mikroskoplara göre çok daha büyük bir lineer rezolüsyon limitine ulaşılmaktadır (8,9). X- ışını analizörü bölümünde ise, enerji dağılımı ve bir kanalda toplanan dalga boyu dağılımı eş zamanlı olarak mikroskopta incelenir ve bu uygulama ile yüksek vakumda, yüksek çözünürlükte morfolojik gözlem ve geçirgen olmayan örneklerde düşük vakumda elementer analiz yapılabilir.

Taramalı elektron mikroskobunda obje bir bütün olarak incelenir. Yüzey taraması yapılarak obje hakkında fikir elde edilir. Taramalı elektron mikroskobunda görüntü elektronların numune yüzeyindeki atomlarla elastik ve inelastik etkileşimi sonucu meydana gelir, elastik etkileşimle numuneye çarpan elektronların bir kısmının hareket doğrultusu numune atomunun çekirdeği tarafından değiştirilir ve elektronlar orijinal enerjilerine yakın bir enerji ile numune yüzeyine çıkarlar. Bu şekilde elde edilen görüntüye Backscatter Electron Image (BEI) (primer elektron görüntüsü) denir. Atom numarası arttıkça primer elektron sayısı da artar.

Elastik olmayan etkileşimde numuneye çarpan elektronlar, numune atomlarının yörünge elektronları ile enerji alışverişinde bulunur. Eğer bu enerji transferi belli bir enerji seviyesinde bulunan yörünge elektronunun iyonizasyon enerjisine eşit veya fazla ise elektron yörüngeden kopar ve numune içinden yüzeye doğru yansır. Bunlara sekonder elektron, bunlar vasıtasıyla elde edilen görüntüye de Seconder Electron Image (SEI) (sekonder elektron görüntüsü) denir. Sekonder elektronlar numune yüzeyinin ancak ~ 100 Å° veya daha az derininden geldiğinden miktarı numune yüzeyinin topoğrafyasına bağlıdır (10).

Elastik olmayan etkileşim sonucu, numune atomunda boş kalan enerji seviyeleri, hemen üst seviye elektronlar ile doldurulur. Bu arada karakteristik "x" ışınları yayılır. Bunların enerjileri yörünge enerji seviyelerindeki fark ile ilgilidir. Bu ışınlar EDS dedektörleri tarafından toplanarak enerji dağılımlarına göre elementer analiz yapılır (10).

TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBUNA GENEL BAKIŞ

Taramalı elektron mikroskobu tekniği adli tıp bilimi ile uğraşanlara örnek incelemede diğer yöntemlere göre daha kolay ve daha büyük büyütmeleme çıkma olanağı sağlamıştır (1). Taramalı elektron mikroskobunda organik ve inorganik materyallerden alınan örneğin yüzeyinden alınan bilgileri elde etmede elektron demeti ve örnek arasındaki etkileşim kullanılır (1). Taramalı elektron mikroskobunda belli oranlarda ısıtılan akkor hale gelmiş tungsten filamentten kaynağını alan elektron demeti yüksekte bulunan bir anot (negatif potansiyel) ile "yaklaşık 30 kv" aşıya doğru kolon boyunca akan ve bir metal stub üzerinde bulunan örneğin yüzeyinde elektro manyetik alan odağı oluşturur. İlk elektron demeti örnek yüzey alanındaki elementlerden elektronların yayılmasına neden olur. Tipik bir penetrasyon için 3 "a kalınlığında bir örneğin 30 kv hızlandırıcı voltaj ve 10 "a akım demeti gerekir (1).

Taramalı elektron mikroskobunda temel prensip örnek yüzeyinden yansıyan elektronların bir toplayıcıda birikmesi ve bu biriken elektronların bir takım yansıtıcı aletler yardımı ile görüntü haline getirilmesidir. Burada en büyük sorun alınan organik veya inorganik materyal üzerinde elektronların birikerek görüntü kayıplarına neden olması ya da elektron geçirgen örnekten yansımanın yeterince olmamasıdır ki, bu da örnek hazırlanma esnasında kullanılan kaplama maddeleri ile engellenmektedir. Kaplayıcı ajan olarak altın, palladyum, gümüş, karbon ve alüminyum kullanılmaktadır. Özellikle hassas inorganik veya organik materyallerin elektron demetinin oluşturduğu akım gücü altında zarar görmesi (büyük büyütmeleme önemli ölçüde görüntü kayıplarına neden olmaktadır) kaplama yöntemiyle engellenmektedir (1). Elektron mikroskobunda incelenecek biyolojik materyalin, ince yapısının korunması için geliştirilmiş şartlar altında fikse edilip, suyunun giderilmesi ve uygun bir ortama gömülmesi gerekir (11).

ADLI TIPTA TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOPUNUN KULLANIMI

Taramalı elektron mikroskobu tekniği adli tıp bilimi ve diğer görüntüleme teknikleriyle uğraşanlara, daha kolay ve büyük büyütmeleme çıkma olanağı sağlaması yönünden avantaj sağlamaktadır.

Kriminal olayların aydınlatılmasında elektron mikroskobunun kullanımında kaba bir sınıflandırma yaparsak:

Organik Olmayan Materyal

- 1- Atış artıklarının incelenmesi.
- 2- Lif, ip, kumaş parçası ve mukayeseleri (elbise) incelenmesi.
- 3- Oto boya analizi.

- 4- Cam analizi
 - 5- Alet izleri ve incelemeleri.
 - 6- Kağıt materyal üzerinde kesişen çizgilerin incelenmesi.
 - 7- Metal kalıntıları ve element analizleri
 - 8- Diğer.
- Biyolojik Materyal
- 1- Saç ve vücut kıllarının analizleri.
 - 2- Diatom çalışmaları.
 - 3- Leke incelemeleri (sperm vs)
 - 4- İskelet kalıntılarının incelenmesi.
 - 5- Diğer incelemeler (adli tıbbi ilgilendiren patolojik değişikliklerin saptanması, örneğin elektrik giriş delikleri, travma sonrası damarlarda meydana gelen değişiklikler gibi.)

ADLI TIP KURUMU'NDA KULLANILAN ELEKTRON MİKROSKOBUNUN TANITIMI

Adli Tıp Kurumunda Jeol 5600 SEM ve EDS kullanılmaktadır. Taramalı elektron mikroskopunda (SEM) 125 mm çapta disk üzerine konulan örnek X ve Y eksenlerinde hareket ettirilebilmekte ayrıca rotasyon hareketi yaptırılabilir (12). Tüm işlem kişisel bilgisayara bağlı bir fare yardımı ile sağlanabilmektedir. Yine bilgisayar yardımı ile gun-alignment, fokus ayarı, astigmatizm ayarı, kontrast ve parlaklık ayarı otomatik olarak veya fare yardımıyla yapılabilir (12-15).

TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU İLE SAÇ VE VÜCUT KILLARININ İNCELENMESİ:

Şiddet suçları kadar, şiddet içermeyen suçlarda da fiziksel deliller bulunur. Ölenin üzerinde şüpheliye ait veya şüphelinin üzerinde ölene ait kıl, elbise parçaları, kan gibi deliller bulmak mümkündür (16). İnsanların günde yaklaşık 100 saç kılı döktükleri tahmin edilmektedir. Kıllar olay yerinde bulunan olayın sessiz tanıklarındır. Genellikle saç olmak üzere diğer kılların da karşılaştırılması objektif bir metoddur (17).

Taramalı elektron mikroskopu saç yüzeyinin topografik özelliklerinin ışık mikroskopuna göre daha detaylı ve daha derin incelenmesine olanak sağlar (18). Saç kılı çalışmalarında 2-5 kV arasında düşük hızlandırıcı voltaj kullanılır. Saçın uç kısmının çatallı olup olmadığı, kopma olup olmadığı, bulunan saç kılında yanma ve kavrulma gibi bulgular olup olmadığı, gövde kısmında pigment yapısı, dağılımı, korteks ve kütikula yapıları, medulla yapıları karşılaştırma yoluyla araştırılır. Saçın kök kısmında kılıf hücrelerinin olup olmaması yönünden değerlendirilir (19).

Ayrıca taramalı elektron mikroskopu saç incelemesi tıpta bir çok kimyasal maddenin saç üzerinde etkileri yönünden inceleme açısından da kullanılmaktadır (17).

İNSAN İSKELET KALINTILARININ İNCELENMESİ

İnsan iskelet kalıntılarında yaş tayini, kullanılan birçok yonteme rağmen yine de zaman zaman sorun olmaktadır. İskelet kalıntıları ile karşılaşan adli görevliler, kalıntıların daha fazla soruşturma yapılmasını gerektirecek kadar yeni mi, yoksa arkeolojik açıdan önem taşıyacak kadar eski mi olduğunu genellikle adli tıp uzmanlarından öğrenmek isterler.

Çeşitli zamanlarda bulunmuş iskelet kalıntılarının morfolojik ve elementer analiz yöntemiyle karşılaştırılması sonucu elde edilen farklılıklar değerlendirilerek sonuca gidilmeye çalışılmaktadır (20). Henüz yeterli bilgi sahibi olmadığımız bu yöntem üzerinde çalışmaların devam ettiğini literatür bilgilerinden öğrenmekteyiz.

SUDA BOĞULMA OLGULARINDA ELEKTRON MİKROSKOBUNUN KULLANIMI

Bazı yazarlar tarafından hala en güvenilir testlerden biri olarak kabul edilse de (21) adli tıpta suda boğulma tanısında diatom tespitinin önemi, tartışmalı bir konudur (22). Bir çok araştırmacı suda boğulma olgularında diatom bulunuşunu suda boğulmanın demonstratif bir işareti olarak kabul eder (23). Diatomların vücudun çeşitli organlarına dağılması için boğulmanın meydana geldiği ortamda yeterli miktarda bulunmaları gerekir. Dolaşımdaki diatomlar da dahil tüm bulguların, suda boğulma tanısında tek başlarına kesin bir anlam ifade etmedikleri bilinmektedir. Mikroskop ile inceleme aşamasında diatomların 3 boyutlu olmaları nedeniyle aynı diatomun farklı görüntüleri ile karşılaşılabilir (24). Diatomların birkaç mikrondan 1 mm ye kadar değişen boyutlarda farklılıklar gösterdiği ve yaklaşık 25000 farklı türü bulunduğu (25) dikkate alındığında diatomların sınıflandırma ve tanımlanmasında ışık mikroskopunun yeterli olmadığı durumda taramalı elektron mikroskopunun kullanımının suda boğulma tanısında ve kişinin cesedinin bulunduğu suda boğulup boğulmadığının tespitinde diatomların türlerinin tayini yoluyla büyük yarar sağladığı bilinmektedir.

SEMEN LEKELERİNİN ELEKTRON MİKROSKOBUNDA İNCELENMESİ

Günümüz hukuk sisteminde delillerin taşıdığı büyük önem cinsel saldırı olgularında eylem sırasında sanıkla mağdur arasında transferi gerçekleşen her türlü biyolojik materyalin (sperm, kan, tükürük, kıl, epitelial hücreler, dışkı vb.) ve olay yeri ile olay gerçekleşme şekline kaynaklanan tüm fiziksel materyalin değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır (26).

Cinsel saldırı iddialarında semenin varlığı, birinci derecede önemlidir. Ülkemizde olduğu gibi dünyanın birçok yerinde de, ne yazık ki mağdurların ilk muayenesinde meni artıklarının araştırılmaması veya muayene-

ne öncesi yıkanma vb nedenlerle araştırma yapılırsa da hi güvenilir sonuç alınmamaktadır. Bir çok olguda anal, vajinal frotti alımının yetersiz kaldığı bilinmektedir. Böyle olgularda, vücut üzerindeki deri ve kıllardan, kişiye ait olay esnasında üzerinde bulunan giysilerden elde edilen meni materyali, bazen olayı aydınlatmada tek delil olarak ortaya çıkmaktadır (27).

Bu durumda elbisenin incelenmesi, leke bulunan elbiselerde sperm saptanması büyük önem taşımaktadır. Her ne kadar elektron mikroskobu ile yapılan çalışmalar DNA gibi kişisel saptama şansı tanımıyorsa da morfolojik olarak spermin görülmesi olayın oluşu hakkında bize fikir verebilir (28).

Seminal sıvı lekelerinin idantifikasyonunda kullanılan kristallendirmeye dayanan klasik yöntemlerin yanlış negatif sonuçlar verme riski bulunması, spermatozoidlerin mikroskopta görülmesine dayanan ve genelde kanıtlayıcı test olarak kabul edilen yöntemin eski lekelerde güvenilir olmadığı belirtilmektedir (29).

Yapılan çalışmalar çeşitli kumaş materyal üzerinde diğer mikroskobik çalışmalardan daha avantajlı olarak en azından 12 aylık bir zaman dilimi içinde spermelerin elektron mikroskobu ile morfolojik olarak tespit edilebildiğini göstermiştir (28).

ATIŞ ARTIKLARININ SEM/ EDS İLE İNCELENMESİ

Atış artıklarının hedef üzerinde ve atışı yapan kişinin özellikle elinde saptanması olayın aydınlatılması açısından büyük önem taşır.

Atış artıkları genellikle iki başlık altında incelenebilirler. Bunlardan birincisi baruttan kaynaklanan nitrit, nitrat ağırlıklı artıklar, ikincisi ise önemli bölümü kapsülden kaynaklanan ağır metallerdir (kurşun, antimon, baryum gibi). Bunların gerek ateş eden kişinin elinde, gerekse hedef üzerinde bulunmaları olayın intihar mı, cinayet mi, kaza mı olduğunun aydınlatılmasında hayati öneme sahiptirler (30-32).

Atış yapan el veya hedef üzerinde (giysi, cilt, araba kaportası, cam, mobilya v.b.) atış artıklarını tespit edebilmek için hemen hemen tüm kimyasal ve fiziksel belirleme yöntemleri denenmiştir (32). PIXE (Proton-İnduced x-ray Emission Analysis, OES (Optical Emission Spectroscopy) MECC (Micellar Electrokinetic Capillary Chromatography) HPLC (High Performance Liquid Chromatography), ASV (Anodic Stripping Voltametry), SEM/ EDS (Scanning Electron Microscopy/ Energy Dispersive X-Ray System) NAA (Neutron Activation Analysis), FAAS (Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry), MGT (Modified Griess Test), STR (Sodium Rhodizonate Test) gibi. Ancak bunların sadece bazıları hassasiyet ve uygulanabilirlikleri bakımından pratikte kullanılmaktadırlar. Örneğin hedef üzerindeki atış artıkları için Modifiye Griess testi ve Sodyum Rodizonat Testi gibi kromoforik testler hassasi-

yetleri, kullanım kolaylıkları ve yorumlanmalarındaki avantajları nedeniyle hemen hemen tüm kriminal laboratuvarlarda uygulanırlarken, aynı zamanda, atış yapan eldeki atış artıklarının saptanmasında Alevsiz Atomik Absorpsiyon Spektrofometrisi (FAAS) ve X Işını analizörlü taramalı elektron mikroskop (SEM/ EDS) yaygın kullanım alanı bulmuştur (32).

Atış yapıldığından şüphelenilen kişinin her iki elinin hem iç hem de dış yüzeylerinden bir alüminyum stub ucuna yapıştırılmış çift taraflı yapışkan bantlar vasıtasıyla örnekler alınır. Elin dış kısmından örnek alınırken özellikle baş parmak ile işaret parmağı arasında kalan bölge ve çevresi titizlikle muameleye tabi tutulur.

Bu stublar (çift taraflı yapışkanlı numune tutucuları), SEM de BEI (Backscatter Electron Image) ve SEI (Secunder Electron Image) vasıtasıyla görüntülenirler. Atış artıkları (ağır metaller) karakteristik bir küresel yapıya sahiptirler. Genellikle 1000-5000 büyütme yeterli olmaktadır. Görüntü elde edildikten sonra x-ışını analizi ile yapısı belirlenir. Bunlar büyük bir çoğunlukla da Pb, Ba, Sb den oluşmaktadırlar (19, 33-38).

Bir silah ateşlendiğinde çoğunluğu kapsülden gelen buharlaşmış materyaller, temas ettikleri yüzeyde, ani sıcaklık düşüşü sonucu hızla yoğunlaşır ve karakteristik küresel şekillerini alırlar (37).

Küresel atış artıklarının çapları çoğunlukla 5 mm civarındadır (33). 0.1-10 m arasında bir çapa sahip olmaları normal karşılanırken 30mm ve hatta 55mm çapında atış artıklarının görüldüğü saptanmıştır (36,39).

Atış yapan bir eldeki atış artıklarının tespiti için SEM/EDS; FAAS ve NAA ne göre daha avantajlı olarak değerlendirilip daha çok kabul görmüştür (37,40). Amerika ve Kanada da 80 kriminal laboratuvarında yapılan bir çalışmada atış yapan elden atış artıklarının tespitinde SEM/EDS' e büyük ölçüde bir dönüşüm olduğu gözlenmiştir (41).

Genellikle 0.5-1 inç çapa sahip olan stublar yerine dönen bir silindir üzerine yapıştırılmış 40x86 mm ebadında bir bantla atış artığı araştırması yapılmıştır (42). Ancak bu yöntem pratikte kullanım alanı bulamamıştır.

SEM incelemelerinde BEI nin, atış artıklarını çevredeki diğer partiküllerden daha belirgin görülebilmesini sağladığı gözlenmiştir (43). Gömleksiz mermilerle yapılan atışlarda atış artıklarının % 70-100 arasında Pb den oluştuğu saptanmıştı (44). 22 kalibre mermilerle yapılan atışlarda % 73.6 oranında kurşun, az miktarda Cu ve Si bulunduğu belirtilmektedir. 22 kalibre mermi gömleksizdir. Üzerlerinde ince bir bakır kaplama bulunmaktadır (45).

Aynı tabanca ile farklı marka mermi kullanılarak yapılan atışlarda SEM/ EDS ile atış artıklarının incelenmesiyle ele edilen sonuçlar olaya ait önemli ip uçları verebilir. Farklı markalarda fişeklerin kapsül bileşim-

leri de farklılık gösterebilmekte ve bunların artıkları da farklı maddelerden oluşmaktadır. Dolayısıyla artıkların incelenmesi yoluyla kullanılan merminin markası hakkında fikir sahibi olunabilir (46). Bakır yönünden zengin gömlekleli mermilerde atış artıklarında kayda değer miktarda bakıra rastlanmıştır (47).

22,25,32,38 kalibre mermilerle yapılan atışlarda, 2,4 ve 6 saat sonra çift taraflı yapışkan bantlarla toplanan örneklerde atış artıkları SEM/ EDS ile araştırılmış, 4 saate kadar olan örnek alımlarla yapılan çalışmalarda daha anlamlı sonuçlar elde edildiği görülmüştür (48).

Yaşayan insanların atış yaptıkları ellerindeki atış artıklarının birkaç saat sonra kaybolmalarına karşın, elbise, çanta içi, cep gibi yerlerdeki atış artıklarının kalma süreleri zamanla sınırlı değildir. Silahın saklandığı cep, çanta içi gibi yerlerden çift filtrelili emme cihazı ile atış artıkları toplanıp, daha sonra SEM/ EDS ile incelenebilirler (49).

45 kalibre yarı otomatik tabanca ile yapılan atışlarda atış artığı partiküllerinin % 70 inin 5 mm den küçük çapta oldukları tespit edilmiştir (50).

Çift taraflı yapışkan bantlarla saçlardan da örnekler alınabilir. Eğer yıkanmamışlarsa saçlardan atıştan sonraki 24 saat içinde atış artıkları elde edilebilmektedir. Bunlarda SEM/ EDS yöntemi ile başarılı bir şekilde incelenebilmektedir (51).

Atış yapan elden atış artıklarını toplamak için en yaygın yol çift taraflı yapışkan bantların monte edildiği stubların kullanımınıdır. Ancak bu işlem sırasında epidermis hücreleri de toplanabilir, hatta bunlar stub üzerinde düzgün bir yüzey oluşturabilir, atış artıklarını gizleyebilirler. Bu durumda "Plasma Ashing" metodu ile bu organik artıklar temizlenir, sonra normal SEM/ EDS metodu uygulanır (52). Olay yerinde bulunan atış artığı örnekleri ile hedef üzerinde kalan artıklar SEM/ EDS ile incelenmiş ve aralarında anlamlı bağlantılar bulunmuştur (53).

Otopsi sırasında elde edilen mermi çekirdeklerinin bir ara hedeften geçip vücuda girmesi halinde, gömleksiz veya gömlekleli olup da tabanı açık bir mermi çekirdeği kullanılmışsa, bunlar üzerinde cam, tahta, boya, kumaş gibi kalıntılar bulunabilir. Bunlar SEM/ EDS ile incelenip değerlendirilirler. Ancak mermi çekirdeklerinin incelenmeden önce yıkanmamış olmasına dikkat edilmelidir (54).

Ateşli silah mermilerinin kapsüllerinde çok yaygın olarak Pb, Ba, Sb bulunur. Son yıllarda üretimi artan kurşunsuz (Lead-free) mermiler olan Sintox'larda temel maddeler Ti ve Zn dir. Bunlarda SEM/ EDS ile başarılı bir şekilde saptanabilirler. Bunlar boya pigmentlerinde de bulunmakta iseler de, boyanın temel maddeleri arasında olmayıp, küresel şekilde değildirler.

Oysa atış artıklarındaki Ti ve Zn küresel şekillere sahip olup temel elementlerdir (55).

SEM/ EDS uygulaması, atış yapan eldeki atış artıklarının saptanmasında temel metod haline gelmiştir. Ancak el yıkama ve silme sonucu bu artıklar çok azalabilmekte ya da yok olabilmektedir. Yıkama sonrası kalabilen artıkların çapları 1-2mm kadardır. Yıkamadan zamanın etkisi ile azalma araştırılmış, atıştan 5 saat sonra hiç artık kalmadığı, 1 saat sonra 10 mm den küçük, 2 saat sonra 3mm den küçük çapta olan artıkların kalabildiği diğerlerinin yok olduğu tespit edilmiştir (56).

METAL VE ELEMENT ANALİZLERİ

Bir çok olayda metal, tel, kablo gibi parçalar olay yerinde bulunarak incelenmek üzere gönderilirler. Bombalama olaylarında bombanın patladığı yerin çevresinden bulunan metal parçalarının incelenmesi ile metal parçanın bombaya ait olup olmadığı ve bombaya ait ise daha önce saptanmış olan bombalar ile görüntü ve kimyasal yapıları yönünden değerlendirilerek ne tip bir bomba olduğunun saptanması mümkün olmuştur (19). Bomba parçalarının görüntüsel ve kimyasal analizi, patlayıcı madde karışımlarında metal tozlarının analizi, arsenik, cıva, kurşun, kadmiyum, antimon, talyum, bizmut gibi toksik elementlerin aranmasında EDS den yararlanılır (19).

Elektrik kökenli olabileceği düşünülen yangınlardan toplanan örneklerde elektron mikroskopu ile yapılan fiziksel (morfolojik) incelemeler giderek önem kazanmaktadır. Özellikle sabotaj incelemelerinde gerekli olan kimyasal analizlerin yanı sıra elektrik ile ilgili olarak yapılabilecek fiziksel incelemeler büyük önem taşır (57). Elektrik tesisatlarında genellikle alüminyum veya bakır iletkenler kullanılmaktadır. Alüminyum, bakıra göre erime sıcaklığının çok daha düşük olması nedeniyle (660 °C) yangın esnasında kolayca erimekte ve deforme olmaktadır. Dolayısıyla alüminyum iletkenlerin yangın sonrası incelenmesi çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bakır ise 1083 °C' de erimekte ve yangın ardından bakır iletkenlerin incelenmesi alüminyum iletkenlere göre daha kolaydır. (58-60).

Birçok yangında, araştırmacılar tarafından toplanan bakır iletken örnekleri laboratuvarında incelenebilmektedir. Bilgi ve deneyim sahibi yangın araştırmacıları dikkatli incelemeler sonucu yangının elektriğe bağlı olarak çıktığına ait belirtileri olay yerinde görebilir ve araştırmaların bu yönde yoğunlaşmasını sağlayabilir. Yüksek sıcaklığa bağlı erime, aşırı yüklenme, aşırı ısınma, mekanik nedenlerle oluşan tahribatlar, kontak-ark, kısa devre vb. gibi iletkenlerde yaşanan problemlerin SEM de kolayca ayırtedilebildiği görülmüştür.

ELEKTRON MİKROSKOBUNDA ELBİSE İNCELEMESİ

Olay yerinde bulunan materyalin delil olarak incelenmesi önemli ip uçlarının elde edilmesini sağlayabilir. Bunlardan birisi de sanığa ait olduğu düşünülen elbise parçalarının olay yerinden elde edilerek, şüpheli olguların karşılaştırılmasıdır (16,19).

Diğer görüntüleme ve kimyasal analiz yöntemleri yanında SEM ve elementer analiz yoluyla yapılan incelemeler lif-ip-kumaş parçası, elyaf vb. gibi delillerin incelenmesiyle önemli adli sonuçlara ulaşılmasını sağlayabilir. Kriminal çalışmalarda kimi zaman kimyasal yapı yönünden birbirinin aynı olan materyal morfolojik görünüm açısından birbirinden farklı ve bu da tanı koydurucudur (19).

Elektron mikroskopunda elbise veya kumaş lif uçlarının incelenmesi mümkündür. Bu bıçak, bistüri veya makasla kesilmeyi ayırt etme yönünden değerlendirilebilir. Makasla kesilenlerde lif uçlarının ezildiği, bistüri ile kesilende topak şeklinde buldukları görülür (19).

Elbise üzerine bulaşmış bir takım maddelerin incelenmesi sayesinde olaylar aydınlatılabilir. Örneğin çarpıp kaçma şeklindeki bir trafik kazası olgusunda mağdurun elbiseleri üzerindeki boyadan alınan materyal, şüpheli araçların boya ile karşılaştırılarak çarpan aracın bulunması mümkündür (16,19).

Yine bir ölümlü olguda cesedin tırnakları arasından elde edilen lif parçası ile şüphelinin elbiselerinden alınan örnek karşılaştırılarak fail saptanabilir (19).

Elbiseden atış artıklarının SEM ve elementer analiz yoluyla elde edilmesi mümkündür. Bu yöntemin halihazırda kullanılan kimyasal inceleme metodlarına göre çok daha güvenilir olduğu iddia edilmektedir (19, 41, 49, 50).

CAM ANALİZİ

Polisiye olaylarda özellikle hırsızlık ve trafik kazalarında, olay yerinde bulunan cam parçaları, kişilerin üzerinde bulunan cam parçaları veya örneğin bir çarpıp kaçma şeklindeki trafik kazasında çarpan otoyota ait cam (cam, ampul, far vs) parçalarının şüpheli araçtan elde edilen örneklerle elektron mikroskopunda karşılaştırılması sonucu olay aydınlatılabilir. Elektron mikroskopu ile camların kimyasal birleşimleri belirlenebilir. Ayrıca çok küçük cam partiküllerinin örneğin bir mermi çekirdeği üzerindeki cam partiküllerinin saptanması sağlanabilir (19).

TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU İLE BOYA ANALİZİ

Günümüzde kullanılan yüzey örtme maddelerinden birisi de boyalardır (61). Etrafımız yüzeyleri çeşitli boyalarla boyanmış milyonlarca nesne ile çevrilidir. Böylece boyalar kriminal laboratuvarlar için oldukça

geçerli bir delil olarak karşımıza çıkmaktadır (62). Bir otonun bir şahsa veya başka bir otoyota çarpıp kaçması, evden veya iş yerinden hırsızlık olaylarında, pankart yazılması, duvara slogan yazılması sırasında şüphelilerin giysi, ayakkabı, elleri üzerine, tırnak aralarına bulaşan boyalar, dokümanların aynı kalem tarafından yazılıp yazılmadığı, bir kadına saldıran adamın giysisi üzerine bulaşan dudak boya ile bardak, sigara izmariti, kağıt mendil vb. üzerine bulaşan çeşitli boyalar bunun yaygın örnekleridir (63).

Yüzey örtme endüstrisi çok eski bir endüstridir. Nuh peygamber, gemisinin yapımında bu amaçla zift kullanmıştır. Boyaların kaynağı, tarih öncesi devirlere kadar uzanır. Eski insanlar içerisinde yaşadıkları mağaraların duvarlarına boya ile yaşayışlarını resmetmişlerdir. Bu ilkel boyalar belki de, su içerisinde süspansiyon durumuna getirilmiş, boyalı toprak ve kilden ibaretti. Eski mısırlılar boya üretmeye ve kullanmaya çok önceleri başlamışlar, boyama sanatını geliştirmişler ve milattan önce 1500 yılı civarında, çok sayıda ve değişik türlerde boyaya sahip olmuşlardır. Yaklaşık Milattan önce 1000 yıllarında, bugün kullandığımız verniklerin öncülerini bulmuşlar, film oluşturan maddeler olarak doğal reçineleri ve balmumunu kullanmışlardır (64).

Yüzey örtücüleri eskiden beri yağlı boyalar (ince bir film halinde uygulanan oldukça opak katı örtücüler, meydana getirdikleri filmler çoğunlukla doymamış yağların polimerizasyonu ile oluşur), vernikler (berrak örtücüler), laklar (sadece buharlaşma ile oluşan filmler), matbaa mürekkepleri, parlaticılar, vb. şeklinde karşımıza çıkmaktadırlar (63). Modern boyaların farklı kimyasal bileşimleri numuneler arasında mukayese de önemli özellikler sağlar (62).

Trafik kazalarında araçların birbirleri ile çarpışması veya insanlara çarpması sonucu meydana gelen olaylarda çeşitli deliller incelenmek suretiyle kazaya karışan otomobillerin tespiti mümkündür (64-66). Olay yerinin incelenmesinde çarpan araca ait cam, ampul, far ve boya artıkları gibi deliller bulunabilir. Olay yerinde bulunan boya artıkları şüpheli oto boya artıkları ile mukayese edilir. Çarpıp kaçma şeklindeki trafik kazalarında genellikle olay yeri taramasında boya parçalarına rastlanır (67). Çeşitli boyalar ve tabaka yapısına sahip olan boyaların inorganik bileşenleri SEM/EDS ile tanımlanabilir ve boyaların mukayese için çok elverişlidir. Boyaların morfolojik nitel ve nicel analizleri yapılabilir (19).

Elektron mikroskopunda oto boyalarının katman sayıları ve her bir katmandaki boyaların kimyasal bileşimleri mukayese edilebilir.

Oto boyalarının içeriğinde "titanium dioksit, ferrik oksit, hidroferrik oksit, kurşun kromat, kurşun oksit, kromoksit, demirferrosiyenid, talk, diatomaceous silica, sentetik silisyum, baryum sülfat, kaolin,

phthalocysnine, indontran mavisi ve ultramain" gibi birçok inorganik ve organik pigment bulunur ve "akrilik melamin enamel, nitrosellilous lacquers, polyvinil asetat ve polivinil clorid" genellikle oto boya imalatında kullanılan tutkallardır (67). Günümüz boyasında hemen hemen bütün beyaz pigmentler inorganik titanyum dioksit yapısındadır. Renkli pigmentlerde özellikle kırmızı ve kahverengi pigmentlerde genellikle ferrik kullanılır (67).

Özde boyanın içindeki pigmentler boyanın rengini ve opasitesini verirler, boyadaki yapıştırıcı boyanın içindeki pigmentleri boya yüzeyine yapışarak kaldırır ve sertleştirir (67).

Adli tıbbi incelemede boya örneklerinin analizinde birçok yöntem vardır. Organik yapıdaki boya örneklerinin analizi için pyrolysis gaz kromatografisi, yüksek performanslı likit kromatografisi, ince tabaka kromatografisi, infrared ultraviole spektroskopu, nükleer manyetik rezonans spektrometri ve termal analizler kullanılır. Benzer şekilde inorganik yapılar için genellikle inductive coupled plasma spektrometri, atomik absorpsiyon spektroskopisi ve emisyon spektroskopisi cihazları kullanılır. Bununla birlikte bu tekniklerin hepsi örnek materyal üzerinde yıkıcı etkilidir. Yıkıcı olmayan teknikler içinde ise nötron aktivasyon analizi, x-ray fluoresence ve x-ray diffraction teknikleri sayılabilir. Bu yıkıcı olmayan tekniklerden birisi de X-ışını analizörlü taramalı elektron mikroskopisi yöntemidir. Yıkıcı teknikler içerisinde en hızlı ve güvenilir olanın ince tabaka kromatografisi olduğu saptanmış olmakla birlikte x-ışını analizörlü taramalı elektron mikroskopisi yöntemi yıkıcı olmaması, hızlı ve güvenilir olması nedeniyle diğer yöntemlere göre avantaj sağlamaktadır (67).

Diğer Bazı Çalışmalar:

SEM'in uygulama alanı çok geniştir. Bir olguda ölenin rektumuna sokulan materyale ait kıymık SEM ile incelenip, elde edilen bir süpürge sapına ait olduğu saptanmıştır (68). Alet izleri, elektrik kazaları, yüksek voltaj yaralanmalarında deri ve saç incelemesi, eritrosit membranlarının hemolizden sonra incelenmesi, suda boğulma olgularında pulmoner alveollerin incelenmesi, yara yaşı çalışmaları, 4000 yıllık mumyaların saçları ile yapılan çalışma, yakılarak gömülen ölülerin dişleri ile çalışma, kemiklerin termal harabiyeti çalışması, in-vitro ve postmortem trombositlerde çalışma, kemik kırıklarında çalışma, lif, ip mukayesesi, bomba analizleri gibi çalışmalar sayılabilir. Bu örnekler ile uzun bir liste oluşturmak mümkündür (18-19).

SONUÇ

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte suç ve

suçlu kavramları deliller çerçevesinde değerlendirilmeye başlanmıştır. Delillerin incelenmesinde teknolojiden yararlanarak daha ayrıntılı bilgiler elde etme imkanı gün geçtikçe gelişmektedir. Ancak teknoloji ne kadar gelişirse gelişsin bu teknolojiye kaynak sağlayacak insan faktörü belki de eskisinden daha çok önem kazanmaktadır. Teknolojiden gerektiği şekilde yararlanabilmek konu hakkında yeterli bilgiye sahip elemanların yetiştirilebilmesi ile mümkündür. Bu derleme ile elektron mikroskopunun adli tıp alanında kullanılışı hakkında genel çerçevesi ile bilgi vermek amaçlanmıştır.

KAYNAKLAR

1. Taylor M.E. Scanning Electron Microscopy in Forensic Science, J. Forensic Sci Soc, 1973; 13 : 269-80.
2. Miller F, Dillon TJ, Smith MK. Concepts in physics. Third Ed. Horcourt Brace Javanovich Inc. Newyork, Chicago, Sanfransisco, Atlanta, Dallas and London. 1980: 442.
3. Bradford LW, Davaney J. Scanning Electron Microscopy Applications in Criminalistics, J. Forensic Sci,1970:15: 110-9.
4. Cued BCB. The early History and Development of The Scanning Electron Microscope, <http://www2.eng.cam.ac.uk/~bcb/history.html>.
5. Scanning Microscope History <http://www2.eng.cam.ac.uk/~bcb/history.html>.
6. Bibliography (Under Construction) <http://www2.eng.cam.ac.uk/~bcb/bibweb1.html>.
7. Oatley C. Pioner of Scanning electron Microscopy <http://www2.eng.cam.ac.uk/~bcb/cwo1.html>.
8. Ener C. Denel Fizik. Şirketi Mürettebiye Basım Evi, İstanbul. 1969: : 417, 425-7.
9. Sears FW. Fizik prensipleri III (optik), (Çev. N. Kürkçüoğlu). Berksoy Matbaası, İstanbul. 1963: 296-301.
10. Özkan OT. TUBİTAK. Marmara Bilimsel Araştırma Enstitüsü, Malzeme Araştırma Ünitesi, Tarayıcı Elektron Mikroskop (SEM) ve Elektron Mikro-Prob Analiz (EMA) Tekniklerinin Geliştirilmesi Geliştirme Raporu 1, Proje Nr: 04-7611-2, Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü Matbaası, Gebze. 1976: 3-5.
11. Erbeni T. Dokuların elektron mikroskobu için hazırlanması, İstanbul Tıp Fakültesi 8. Kurultayı- Yedinci Elektron Mikroskopisi Kongresi Kongre Kitaplığı 1985: 123-8.
12. Jeol 5600 E.M. Kullanım Klavuzu, Jeol Ltd., Jeol Technics Ltd., Masashino 2-Cheme, Akishima-Shi, Tokyo,196-0021, Japan, 1997: 6- 38.
13. <http://www.jeol.com/SEM/5600lv.html>.
14. <http://emsdiasum.com/ems/holder.html>.
15. <http://emsdiasum.com/ems/SEM/standart.html>.
16. Soysal Z, Kolusayın Ö, Çetin G, Azmak D. Elbise incelemesi, İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Mecmuası, 1994; 54: 405-31.
17. Choudhry MY, Kingston DC, Kobilinski L, De Forrest PR. Individual characteristics of chemically modified human hairs revealed by scanning electron

- microscopy J. Forensic Sci 1982; 2: 293-306.
18. Ohm BE, Ohm BI. Bibliography of scanning electron microscopy application in forensic Medicine, Scanning Electron Microscope, 1983; 1: 305-9.
 19. Gökdemir K. Elektron Mikroskobu İle Kriminal Olayların Aydınlatılması. İçişleri Bakanlığı Emniyet Genel Müdürlüğü, Kriminal Polis Laboratuvarları Daire Başkanlığı. Ankara, 1995: 22, 36, 37, 44, 50, 66, 76, 82.
 20. M Green, Knight B. The use of scanning electron microscopy in the dating of human skeletal remains LDM nokes, J. Forensic Sci Soc, 1987 27: 413-6.
 21. Pachar JV, Cameron JM. Scanning Electron Microscopy: Application in the Identification of Diatoms in Cases of Drowning, J. Forensic Sci, 1992: 37: 860-6.
 22. Lunetta P, Penttila A, Hallfors G. Scanning and Transmission Electron Microscopical Evidence of the Capacity of Diatoms to Penetrate The Alveolo-Capillary Barrier in Drowning. İnt J. Legal Med, 1998; 111: 229-37.
 23. Fatteh A. Handbook of Forensic Pathology, J.B. Lippincott Company, Philadelphia, Toronto, 1973:161-3.
 24. Yorulmaz C, Çakalır C. Suda Boğulma. İçinde: Soysal Z, Çakalır C. (Ed.) Adli Tıp Cilt I, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları, Rektörlük No: 4165, Fakülte No: 224, İstanbul, 1999: 459-74.
 25. Knight B. Simpson Adli Tıp, Birgen, N. (Çev. Ed.) Bilimsel ve Teknik Yayınlar Çeviri Vakfı Basım ve Cilt Evi, İstanbul, 1995: 174-7.
 26. Yavuz MF. Cinsel Saldırı Olgularının Değerlendirilmesinde Yeni Bir Yaklaşım, Adli Tıp Dergisi, 1996 12: 155-60.
 27. Kırangil B, Soysal Z, Sözen MŞ. Livata Olgularında İlk Tıbbi Muayenenin Önemi ve Livata İddiası Bulunan 228 Olgunun Retrospektif Değerlendirilmesi, Adli Tıp Dergisi, 1992; 8: 15-29.
 28. Lachia EE, Ferrer R. Study of semen stains by scanning electron microscopy. Influence of their ageing, Forensic Sci Int, 1998:91: 35-40.
 29. Atasoy S. Lekelerde Sperm İdentifikasyonu, Adli Tıp Dergisi, 1989; 5: 49-66.
 30. Üner HB. Ateşli Silah Artıkları, Adli Tıp Dergisi, 1993:9: 83-9.
 31. Üner HB, Şam B, Çerkezoğlu A, Kurtaş Ö, Uysal C. Atış Yapan Eldeki Barut Artıklarının Lokalizasyonu: Deneysel bir Çalışma. 8. Ulusal Adli Tıp Günleri, Antalya, Poster Sunuları Kitabı, 1995: 27-30.
 32. Üner HB, Çerkezoğlu A, Şam B. Sodyum Rodizonat Testi: Atış Artıklarındaki Ağır Metaller İçin Spesifik Bir Test. Adli Tıp Bülteni, 1997; 2: 52-5.
 33. Krishnan SS. Detection of Gunshot Residue, Present Status in Forensic Medicine Handbook. Saferstein ed, Prentice Hall, Canada, 1993: 586-8.
 34. Fisher BAJ. Techniques of Crime Scene Investigation. Fifth ed., CRC Press Washington DC, 1980: 278-80
 35. DiMaio VJM. Gunshot Wounds; Practical Aspects of Firearms, Ballistics and Forensic Medicine. Second Edition, CRC Press. Washington DC, 1999: 334-5.
 36. Basu S. Formation of Gunshot Residues. J. Forensic Sci, 1982; 27 :72-91.
 37. White RS, Owens AD. Automation of Gunshot Residue Detection and Analysis by Scanning Electron Microscopy/ Energy Dispersive X-Ray Analysis (SEM/EDX) J. Forensic Sci, 1987; 32: 1595-603.
 38. Wolten GM, Nesbitt RS. On the Mechanism of Gunshot Residue Particle Formation. J. Forensic Sci, 1980: 25: 533-45.
 39. Ueyama M, Taylor RL, Noguchi TT. SEM/EDS Analysis of Muzzle Deposits at Different Target Distances. Scanning Electron Microscopy, 1980:1 : 367-74.
 40. Owens AD. A Reevaluation of the Aerospace Corporation Final Report on Particle Analysis- When to stop Searching for Gunshot Residue (GSR), J. Forensic Sci, 1990: 35: 698-705.
 41. Singer RL, Davis, Houck MM. A Survey of Gunshot Residue Analysis Methods, J. Forensic Sci, 1996: 41: 195-8.
 42. Gansau H, Becker U. Semi- Automatic Detection of Gunshot Residue by Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Analysis. Scanning Electron Microscopy, 1982:1 : 104-7.
 43. Germani MS. Evaluation of Instrumental Parameters for Automated Scanning Electron Microscopy/Gunshot Residue Particle Analysis. J. Forensic Sci, 1991: 36: 331-42.
 44. Wolten G.M, Nesbitt RS, Calloway AR, Loper GL, Jones PF. Particle Analysis for the Detection of Gunshot Residue I: Scanning Electron Microscopy/ Energy Dispersive X-Ray Characterization of Hand Deposits from Firing. J. Forensic Sci, 1979: 24: 409-22.
 45. Lantz PE, Jerome WG, Jaworski JA. Radiopaque Deposits Surrounding a Contact Small- Caliber Gunshot Wound. Am. J. Forensic Med. and Pathol, 1994: 15:10-3.
 46. Zeichner A, Levin N, Springer E. Gunshot Residue Particles Formed by Using Different Types of Ammunition in the Same Firearm, J. Forensic Sci, 1991: 36:1020-6.
 47. Tassa M, Leist Y, Steinberg M. Characterization of Gunshot Residues by X-Ray Diffraction. J. Forensic Sci, 1987; 32: 677-83.
 48. Tillman WL. Automated Gunshot residue Particle Search and Characterization, J. Forensic Sci, 1987 : 32: 62-71.
 49. Andrasko J, Pettersson S. A Simple Method for Collection of Gunshot Residues From Clothing. J. Forensic Sci Soc, 1991 31: 321-30.
 50. Matricardi VK, Kilty JW. Detection of Gunshot Residue Particles from the Hands of a Shooter. J. Forensic Sci, 1977: 22: 725-38.
 51. Zeichner A, Levin N. Collection Efficiency of Gunshot Residue (GSR) Particles from Hair and Hands Using Double-Side Adhesive Tape. J. Forensic Sci, 1999: 38: 571-84.
 52. Varetta L. The Use of Plasma Ashing on Samples for Detection of Gunshot Residues with Scanning Electron Microscopy and Energy-Dispersive X-Ray Analysis (SEM-EDS) J. Forensic Sci, 1990: 35: 964-70.
 53. Moaura A, Falso G. Identification of Ammunitions Used in a Lethal Robbery. Comparison Between Scanning Electron Microscopy/ Energy Dispersive X-Ray Analysis (SEM/EDX) AND Instrumental Neuron Acti-

- vation Analysis (INAA) Measurements. J. Forensic Sci, 1993: 38: 1237-42.
54. Dimaio VJM, Dana SE, Taylor WE, Ondrusek J. Use of Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Analysis (SEM/ EDXA) in Identification of Foreign Material on Bullets. J.Forensic Sci, 1987: 32: 38-47.
55. Gunaratnam L, Himberg K. The Identification of Gunshot Residue Particles From Lead-Free Sintox Ammunition. J. Forensic Sci, 1994: 39: 532-6.
56. Andrasko J, Maehly AC. Detection of Gunshot Residues on Hands by Scanning Electron Microscopy. J.Forensic Sci, 1977:22:279-87.
57. Caymaz A. Doktora Tezi. Model yangınlarda yangın hızlandırıcılarının saptanması ve bunların is oluşumundaki etkileri, İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü, İstanbul. 1997 :25-30,
58. Delplace M, Vos E. Electric Short Circuits Help The Investigator Determine Where the Fire Started: Fire Tecnology, 1983 : 19 :19-20
59. Ettling BVA. Guide for Interpreting Damage to Electrical Wires: Fire- Arson Investigation, 1983: 37 : 46-47.
60. NFPA Codes Manuel for the Determination of Electrical Fire Causes, Printed in Quincy, Masacusets, USA, 1992:11: 907
61. Erbil H. İmalat Ansiklopedisi (Dördüncü Baskı) İnkılap-Aka Kitapevleri, Ankara Ofset Basım Evi, İstanbul, 1992: 97-8
62. Akbaş O. Kriminal Laboratuvar Kimya Bölümü Pratik Uygulamaları. İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü Fen Bilimleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1994: 107-127.
63. Shreve RN, Brink JA. (çev: Çataltaş Aİ.) Kimyasal Proses Endüstrileri, İnkılap-Aka Basımevi, İstanbul. 1983: 539-67.
64. Kelley CM. "Paint" in Crime Scene Search and Physical Evidence Handbook, Washington D.C, Washington Deparman of Justice.1973: 150-2.
65. La Folette CB. "Paint" in Criminal Investigation and Physical Evidence Handbook, Wisconsin Department of Justice, Wisconsin,1981:130-3.
66. Williams JC. " Paint" in Physical Evidence Manual, Oregon State Police Crime Laboratory, Oregon,1982: 43-6.
67. Janam R, Taneja OP, Singh RB. Discrimination of paint sample by X-Ray Diffraction Technique. J. Indian Academy of Forensic Sci 1998:37:15-24.
68. Adelman HC, Peterson PC, Sorger LJ. Identification of Wooden Instrument by Scanning Electron Microscopy from Splinters Left in Victim. J.Forensic Sci, 1988; 33: 787-96.

Yazışma Adresi:

Yard. Doç. Dr. Bora Büken
Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Düzce Tıp Fakültesi
Adli Tıp Anabilim Dalı Konuralp/ Düzce
Tel: 0380 541 41 07.