

Geliş: 04.03.2025
Kabul: 15.08.2025

Otomatik Av Tüfeği İle Yapılan Atışlarda Fişek Türünün ve Atış Sayısının Atış Artığı Tespitine Etkisi

The Effect of The Type of Cartridges and Number of Shots on Gunshot Residue Determination in Automatic Shotgun Shootings

 Dilara Ayvazoğlu¹,  Murat Yayla¹,  Mihriban Dilan Kılıç¹,  Selda Mercan¹

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

Öz

Amaç: Bu çalışmada, av tüfeği ile atışlar gerçekleştirerek el üzerinde atış sonrası atış artığı (ASAA) incelemesi yapılması hedeflenmiş olup, tek kurşunlu saçma fişek ve çoklu saçma fişek kullanılarak yapılan farklı atışlarda (tek atış, ardışık çift atış ve ardışık 3 atış) sağ ve sol elin iç ve dış yüzeyinde biriken atış artıklarından Sb, Ba ve Pb için miktar tayini yapılarak saçma türü ile ASAA miktarı arasındaki ilişkinin araştırılması ve ardışık atışların ASAA miktarında oluşturduğu değişikliğin belirlenmesi amaçlandı.

Yöntemler: Atışlar, Slug marka tek kurşunlu fişek, içinde Cheddite marka saçmaların bulunduğu 5 numara fişek ve Husan M71 marka otomatik av tüfeği kullanılarak kapalı atış poligonunda yapıldı. Çift el tutuşlu olacak şekilde tek atış, ardışık çift atış ve ardışık üç atış olarak tasarlanan atışların her biri üçer kez tekrar edildi. Sb, Ba ve Pb konsantrasyonları İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi ile analiz edildi, veriler istatistiksel olarak değerlendirildi.

Bulgular: Çalışmada tüfeğin kovan atma boşluğunun sağ tarafta olması nedeniyle sağ ve sol el iç yüzeyinden toplanan atış artıklarının her iki elin dış kısımlarına göre anlamlı şekilde yüksek olduğu belirlendi. Atış sayısına ve kullanılan fişek türüne bağlı olarak her iki elde tespit edilen atış artığı miktarında anlamlı bir fark gözlemlenmedi.

Sonuç: Bu çalışma, otomatik av tüfeği ile gerçekleştirilen atışlarda, farklı fişek türleri ve atış sayılarının çift elin iç ve dış yüzeylerinde bıraktığı atış artığı miktarını inceleyen ilk araştırmadır. El yüzeyinde tespit edilen atış artığı miktarının örnek toplama yüzeyi hakkında bilgi sağlayabileceğini, ancak kullanılan fişek türü hakkında kesin bir ayırım yapmaya olanak tanımadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Atış Artığı, Otomatik av tüfeği, Fişek, Ateşli silah

Abstract

Objective: This study aimed to investigate the relationship between gunshot residue type (GSR) and GSR amount by quantifying Sb, Ba and Pb from the gunshot residues accumulated on the inner and outer surfaces of the right and left hands during different shots (single shot, consecutive double shot and consecutive triple shots) using single lead shot pellets and multiple shot pellets, and to determine the change in GSR amount caused by consecutive shots using automatic shotgun.

Methods: The shots were fired in an indoor shooting range using Slug brand single bullet cartridges, number 5 cartridges containing Cheddite brand pellets and Husan M71 automatic shotgun. The shots were designed as the single shot, consecutive double shots, and consecutive triple shots, each of which was repeated three times. Sb, Ba and Pb concentrations were analyzed by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry and the data were statistically evaluated.

Results: In the study, it was determined that the amount of gunshot residue collected from the inner surface of the right and left hand was significantly higher than the outer parts of both hands because the ejection port of the rifle was on the right side. No significant difference was observed in the amount of gunshot residue in both hands depending on the number of shots fired and the type of cartridge used.

Conclusion: This study is the first to examine the amount of gunshot residue left on the inner and outer surfaces of the double hand by different cartridge types and shot numbers during automatic shotgun shooting. Results also shows that the amount of gunshot residue detected on the hand surface can provide information about the sample collection surface, but does not allow a precise discrimination of the type of cartridge used.

Keywords: Gunshot residue, Automatic shotgun, Cartridge, Firearm

Nasıl Atıf Yapmalı: Ayvazoğlu D, Yayla M, Kılıç MD, Mercan S. Otomatik Av Tüfeği İle Yapılan Atışlarda Fişek Türünün ve Atış Sayısının Atış Artığı Tespitine Etkisi. Adli Tıp Dergisi 2025;39(2):(136-145) <https://doi.org/10.61970/adlitip.1649555>

Sorumlu Yazar: Selda Mercan, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü Fen Bilimleri Anabilim Dalı Büyükçekmece 34500, İstanbul, Türkiye

E-posta:mercans@iuc.edu.tr

GİRİŞ

Ateşli silahların kullanıldığı adli olaylarda atış artıklarının tespit edilmesi, atış mesafesinin belirlenmesi ve ateş eden kişinin tanımlanması gibi konuların cevap bulması adli bilimlerde önemli bir rol oynar (1,2). Bir kişinin ateşli silahla olan bağlantısı silahtan, boş kovandan ve çevreden alınan atış artığı örnekleri ile şüpheli kişiden toplanan örneklerin karşılaştırılmasına dayanır, olayın orijininin belirlenmesine katkıda bulunur (3,4). Olayda kullanılan silah ve mühimattan elde edilen alev, is ve barut gibi bileşenlerden gelen atış artıkları ateş eden kişinin elleri, yüzü ve kıyafetlerinin yanı sıra hedef yüzeyinde ve yakın çevrede de birikebilir (5). Organik ve inorganik olarak sınıflandırılan bu artıklar kapsül, itici gaz, kovan ve ateşli silahın kendisinden gelen parçacıklardan oluşmaktadır (6).

Ateşli silah atış artığı (ASAA), kullanılan ateşli silahın namı ucundan fırlatılırken aynı zamanda silahın türüne göre diğer boşluklardan ve boş kovan fırlatma bölümünden de etrafa dağılabilmektedir (7). Bu nedenle atış artığı analizi yapılırken, atışı gerçekleştiren şüphelinin cilt yüzeyindeki farklı noktalardan ve yakın çevrede bulunan yüzeylerden de atış artığı toplama işlemi yapılmaktadır (8). Bir kişiden alınan atış artığı örneklerinin pozitif sonuç vermesi kişinin ateşli silahı kullandığına dair kesin kanıt olmamakla birlikte alınan örneklerden elde edilen negatif bir sonuç şüphelinin ateşli silahı kullanmadığının da kesin kanıtı değildir (1,9). Ateşli silah kullanımından hemen sonra silahla veya atış yapan kişi ile temas kuran kişilerde büyük miktarlarda atış artığının ikincil aktarıma neden olduğu da çalışmalarla kanıtlanmıştır (10).

Atış yaptığı düşünülen el, şüphelinin belirlenmesine yardımcı olabilecek ortak bir numune toplama bölgesidir (2). Şüpheli kişilerden alınan örneklerin doğru olarak değerlendirilmesi için elin bölgelerinin haritalandırılması (sağ el dış, sağ el iç, sol el dış ve sol el iç) gerekmektedir.

Hangi el ile atış yapıldığı ve hangi tür ateşli silah kullanıldığına göre el yüzeylerinde farklı yoğunluklarda atış artıkları bulunabilmektedir (11). Silah tipi, kapsülün yapısı, barutun yapısı, atış sonrası faaliyetler, kullanılan el, ateş edilen ortamın fiziksel durumu ve atış mesafesi gibi faktörlerin değişmesi atış sonrasında el üzerinde biriken atış artığı miktarında farklılıklar oluşturmaktadır (12). Yapılan çalışmalarda, ateş edildikten hemen sonra alınan atış artığı örneklerinde en yüksek ASAA miktarının özellikle ilk 30 dakikada bulunduğu ve ASAA miktarının 2-12 saat arasında hızla azaldığı tespit edilmiştir (13). Bu nedenle ateşleme ile örnek toplama arasındaki sürede atış artığı toplanmasının analiz sonucuna önemli etkisi bulunmaktadır (1,14). Ayrıca yapılan bir çalışmada, ateşli silah kullanan kişilerin ellerini yıkadıktan sonra el yüzeyinde biriken ASAA'nın kaybolmasına neden olduğunu belirtilmiştir (15).

Daha çok kırsal bölgelerde avlanmak amacıyla kullanılan av tüfekleri, yapısı ve mühimmat türü bakımından diğer ateşli silahlara göre çeşitli farklılıklara sahiptir (16). Av tüfeği saçma fişeklerinin dağılımına, kullanılan tüfeğin türüne, mühimmat yapısına ve saçmaların büyüklüğüne göre değişmektedir (17). İri saçmalı fişeklerin daha fazla yıkıcı etkisinin olduğu ve adli vakalarda sıklıkla kullanıldığı bilinmektedir (18).

Ateşli silahlardan kaynaklanan atış artıklarında sıklıkla tespit edilen ana inorganik bileşenler arasında antimon (Sb), baryum (Ba) ve kurşun (Pb) bulunmaktadır. Adli bilimler laboratuvarlarında bu elementlerin tespitinde rutin olarak kullanılan İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS) sistemi inorganik analizlerde yüksek hassasiyeti, kesinliği ve minimum numune miktarı gereksinimleri ile yaygın olarak kullanılan bir teknik haline gelmiştir. Bu sistem özellikle az miktarda bulunan atış artığının belirlenmesine olanak sağlayarak hızlı ve eş zamanlı analize izin vermektedir (19,20).

Alandaki çalışmaların büyük bir bölümü, tabanca

atışlarının analizine yoğunlaşmış ve bu analizlerde, hedef yüzeyin özellikleri ve atış mesafesi (21–23), atışı gerçekleştiren el üzerinde biriken atış artığı (11,24–26) gibi faktörler çeşitli yöntemlerle incelenmiştir. Av tüfekleri ile yapılan araştırmalarda ise, sayısı oldukça sınırlı olmakla birlikte genellikle kullanılan saçmaların hedefte oluşturduğu tahribat incelemesi ve atış mesafesi tespitine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiş olup (1,17,18,27,28), fişek türüne bağlı olarak el yüzeyinde biriken ASAA miktarına yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada hem yasal hem de yasadışı yollardan kolaylıkla ulaşılabilir olan ve adli olaylara sıkça konu olan otomatik av tüfeği ile atışlar gerçekleştirerek el üzerinde ASAA incelemesi yapılması hedeflenmiş olup, tek kurşunlu saçma fişegi ve çoklu saçma fişegi kullanılarak yapılan farklı atışlarda (tek atış, ardışık çift atış ve ardışık 3 atış) sağ ve sol elin iç ve dış yüzeyinde biriken atış artıklarından Sb, Ba ve Pb için miktar tayini yapılarak saçma türü ile ASAA miktarı arasındaki ilişkinin araştırılması ve ardışık atışların ASAA miktarında oluşturduğu değişikliğin belirlenmesi amaçlandı.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılan kimyasallar ve ekipman

Çalışmanın örnek hazırlama, analiz ve temizlik basamaklarında yüksek saflıkta nitrik asit (HNO_3) [%65 (v/v), Merck Suprapur®, Merck, Darmstadt, Almanya] kullanıldı. Miktar tayininde kullanılan referans standart çözeltiler (^{121}Sb , ^{137}Ba ve ^{208}Pb ; %2 HNO_3 içinde 1000 $\mu\text{g/mL}$) High-Purity Standards, Charleston, SC, ABD'den; iç standart (IS) olarak kullanılan İndiyum (In) ve Galyum (Ga) referans standartları (1000 mg/mL , %2 HNO_3 içinde) Absolute Standards, Inc., Hamden, CT, ABD'den temin edildi. İnorganik analizde X Series-II model (Thermo Fisher Scientific, Bremen, Almanya) ICP-MS sistemi kullanıldı. ICP-MS sisteminin analiz parametreleri: plazma gaz akışı 13 L/dk., nebulizör gaz akışı 0.89 L/dk., radyo

frekans gücü 1350 W, yardımcı gaz akışı 0.89 L/dk., püskürtme odası sıcaklığı 3°C, numune alım süresi 50 sn. ve örnek yıkama süresi 50 sn. olarak ayarlandı.

Çalışma planı ve örnek toplama

Bir otomatik av tüfeği modeli olan Husan M71 marka yivsiz ateşli silah ile tek kurşunlu saçma fişegi (TKF) ve içerisinde 5 numara saçmaların bulunduğu çoklu saçma fişegi (ÇF) olmak üzere iki farklı fişek türü kullanıldı. Her iki fişek türü ile tek atış, ardışık çift atış ve ardışık üç atış olmak üzere ve her bir atış en az üç tekrar olacak şekilde gerçekleştirildi. Atış sayısına ve kullanılan fişek türüne bağlı olarak el üzerinde biriken atış artığı miktarındaki değişiklik ICP-MS sistemi kullanılarak analiz edildi.

Atışlar kapalı bir atış poligonunda, 23°C ortam sıcaklığında, 35x7x3 metre boyutlarında bir atış odasında kontrollü şekilde gerçekleştirildi. Şekil 1'de gösterildiği gibi hedefe yatay doğrultuda yön verilerek gerçekleştirilen atışlar, sağ omuzdan destek alınarak ve çift el tutuşlu şekilde yapıldı.

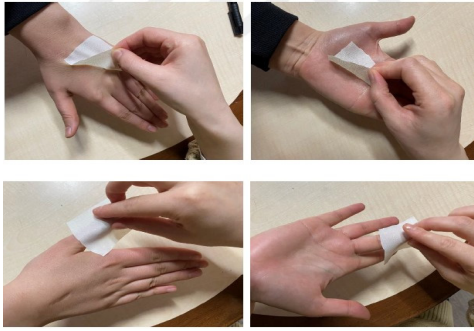


Şekil 1. Kapalı atış poligonunda yapılan atışın gerçekleştirildiği pozisyon

Kirlilik takibi yapmak üzere, her atış öncesinde yıkanan her iki el %2'lik HNO_3 çözeltisi ile temizlendi ve temizlenen ellerden numune toplandı, plasterden kaynaklanan bir girişimin varlığını izlemek üzere ayrıca boş plaster de analiz edildi.

Atış sonrası ASAA örnekleri, Şekil 2'de gösterildiği gibi sağ ve sol elin iç ve dış yüzeyinden plaster bant

kullanılarak ayrı ayrı toplandı. Her fişek türü için, tekli, ikili ve üçlü atışlar olmak üzere üç farklı atış serisi planlandı. Bu serilerin her biri üçer kez tekrarlandığından, her bir fişek türü için toplam dokuz seri atış gerçekleştirildi. Her atıştan sonra, sağ ve sol elin iç ve dış yüzeylerinden plaster bantlar kullanılarak ayrı ayrı örnekler toplandı. Bu yöntemle, her bir fişek türü için yapılan dokuz atış serisi sonucunda toplam 36 adet örnek elde edildi. Böylelikle iki farklı fişek türü (TKF ve ÇF) için yapılan atışların tamamlanmasının ardından, toplam 72 adet atış artığı numunesi toplandı. Analizler Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü Adli Toksikoloji Laboratuvar'larında gerçekleştirildi.



Şekil 2. Atış artıklarının plaster ile toplanması (sol el dış ve iç, sağ el dış ve iç)

Örnek hazırlama ve ASAA analizi

Plaster yardımı ile toplanan numuneler 50 mL hacimli plastik tüplere alınarak içerisine %8'lik HNO_3 çözeltisinden 10 mL eklendi ve ultrasonik su banyosunda 90 dk. bekletildi. Hazırlanan örneklerin her birinden 100 μL alınarak içerisine nihai konsantrasyonu 20 ng/mL olacak şekilde IS karışımı (In ve Ga) eklendi. %2'lik HNO_3 ile 10 mL'ye tamamlanan örneklerdeki Sb, Ba ve Pb konsantrasyonları ICP-MS sistemi ile tespit edildi. Verilerin toplanması ve değerlendirme işlemi PlasmaLab v2.5.11 (Thermo Fischer Scientific) yazılım programı kullanılarak gerçekleştirildi.

Ateşli silah atış artığı belirtici olan, Sb, Ba ve Pb elementlerinin kantitatif analizi için artan konsantrasyonlarda kalibrasyon çözeltileri hazırlandı (0.1,

0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50 ve 100 ng/mL) ve 20 ng/mL IS içeren her bir kalibrasyon noktası üç tekrarlı olacak şekilde analiz edilerek kalibrasyon grafikleri oluşturuldu. Yöntemin tespit ve tayin limitini (sırasıyla LOD ve LOQ) belirlemek üzere, içerisinde yalnızca 20 ng/mL IS bulunan 10 (on) ayrı %2 HNO_3 çözeltisi (kör örnek) hazırlanarak her bir çözelti 6 tekrarlı olacak şekilde analiz edildi. Ayrıca yöntemin tekrar edilebilirlik ve doğruluk çalışmaları için, boş plaster numuneleri ($n=6$), içerisinde nihai konsantrasyonu Sb ve Ba için 20 ve 50 ng/mL, Pb için 200 ve 400 ng/mL olacak şekilde, çalışılan analitler ile kirletilerek hazırlandı, gerçek atış artığı numuneleri ile aynı şekilde örnek hazırlama aşamaları tamamlanıp her bir numune 100 kat seyreltilerek 3 tekrarlı olacak şekilde analiz edildi. LOD ve LOQ tayini için 10 ayrı kör örnekten elde edilen analit konsantrasyonlarının ortalaması ve standart sapması (SD) hesaplandı. On defa tekrar edilen analizden her bir analit için elde edilen SD'nın 3 katı yöntemin LOD değeri, 10 katı ise LOQ değeri olarak belirlendi. Antimon, Ba ve Pb ile kirletilen boş plaster numunelerinin analizinden elde edilen sonuçların ortalama, SD ve bağlı standart sapma (%RSD) sonuçları da hesaplanarak tekrar edilebilirlik ve %geri kazanım (%GK) değerlendirmesi yapıldı. ASAA numunelerinin analizi sonrasında iki farklı fişekten toplanan numunelere ait sonuçlar arasındaki fark student's t-test ile değerlendirildi. Veri değerlendirme işlemi Microsoft Office, Excel programı kullanılarak gerçekleştirildi.

BULGULAR

Yöntemin performans değerlendirmesi

Kantitatif analizi yapılan ve çalışma aralığı, kalibrasyon eğrilerinin korelasyon katsayısı (R^2), %GK, %RSD, LOD ve LOQ değerleri Sb, Ba ve Pb için Tablo 1'de gösterildiği gibidir. Analizi gerçekleştirilen her üç element için de elde edilen kalibrasyon eğrileri $R^2 > 0.999$ olarak tespit edildi.

Her bir element için iki farklı konsantrasyonda yürütülen geri kazanım çalışmalarında sonuçların kabul edilebilir sınır değerler arasında (%86.50-111.00) olduğu ve tekrar edilebilirliğin de ≤ 13.61 %RSD ile yüksek performansa sahip olduğu görüldü (29). On farklı kör örnek çözeltisinin analizinden elde edilen LOQ değerleri Sb, Ba ve Pb elementleri için sırasıyla 0.01, 0.14 ve 0.10 ng/mL olarak bulundu.

Tablo 1. Yöntemin performans parametreleri [çalışma aralığı, korelasyon katsayısı (R^2), LOD ve LOQ değerleri, %GK, %RSD]

Element	Çalışma Aralığı (ng/mL)	R^2	LOD (ng/mL)	LOQ (ng/mL)	GK (%) $\pm$ %RSD (n=3)	
					20.00 (ng/mL)	50.00 (ng/mL)
^{121}Sb	0.1-100	>0.999	0.03	0.01	86.50 $\pm$ 6.03	99.60 $\pm$ 8.71
^{137}Ba	0.1-100	>0.999	0.04	0.14	106.25 $\pm$ 8.99	111.00 $\pm$ 13.61
^{208}Pb	0.1-100	>0.999	0.03	0.10	90.60 $\pm$ 2.30*	93.84 $\pm$ 2.26**

Pb için *200.00 ve **400.00 ng/mL konsantrasyonlarında standart eklendi.

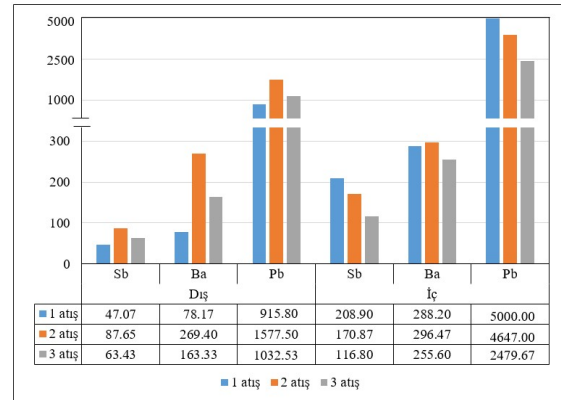
ASAA numunelerindeki Sb, Ba ve Pb konsantrasyonları

Bu çalışmada, 2 farklı fişek türü (TKF ve ÇF) kullanılarak, çift el tutuşlu tek atış, ardışık çift atış ve ardışık üç atış sonucunda toplanan atış artıklarının (n=72) miktarı ICP-MS sistemi ile tespit edildi. Analiz öncesinde boş plasterden gelebilecek kirliliklere karşı, plaster örneği ve her atış öncesi temizlenen elden alınan ASAA örnekleri 3 tekrarlı olacak şekilde analiz edildi ve analiz sonuçları Tablo 2’de sunuldu. Sonuçlar değerlendirildiğinde, atış öncesi uygulanan temizlik prosedürünün atış sonrasında oluşabilecek kontaminasyona karşı el üzerinde biriken atış artığının temizlenmesinde etkili olduğu belirlendi.

Tablo 2. Boş plasterin ve atış öncesinde el yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL)

Element	Boş plaster	Atış öncesi temiz el			
		Sağ el dış	Sağ el iç	Sol el dış	Sol el iç
^{121}Sb	3.70	1.97	2.75	9.66	12.61
^{137}Ba	17.50	5.71	4.40	34.12	36.49
^{208}Pb	86.90	386.18	414.44	353.38	375.03

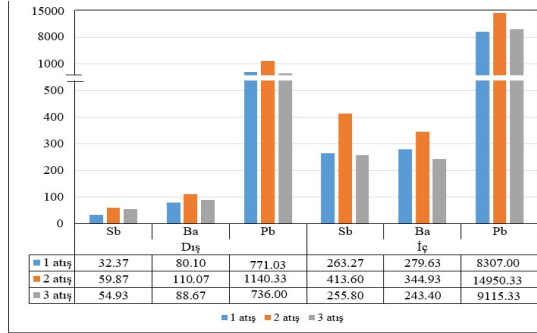
TKF kullanılarak çift el ile yapılan atışlar sonucunda sağ elin iç ve dış kısımlarından alınan atış artığı örneklerindeki Sb, Ba ve Pb konsantrasyonlarının karşılaştırmalı grafiği Şekil 3’de gösterildi. Sağ elin dış kısımlarından elde edilen Sb, Ba ve Pb miktarının 1 ve 2. atışlar arasında doğrusal bir ilişkiye sahip olduğu görüldü. Sağ elin iç kısmından alınan örneklerin sonucu değerlendirildiğinde ise Sb ve Pb için anlamlı bir artış gözlemlenmezken, Ba için ASAA konsantrasyonları her 3 atış için de benzerlik gösterdi. Sağ elin iç kısmından toplanan ASAA miktarının, sağ elin dış kısmından toplanan ASAA miktarından fazla olduğu görüldü.



Şekil 3. TKF kullanılarak yapılan atışlarda sağ elin dış ve iç yüzeyinden alınan örneklerin ASAA sonuçları (ng/mL)

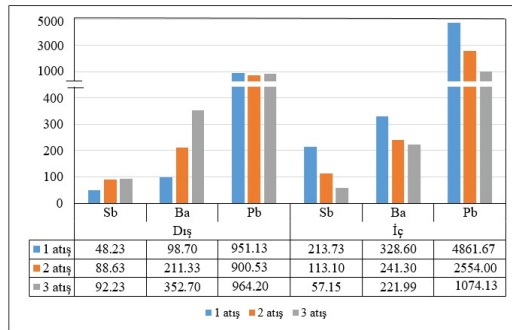
TKF kullanılarak çift el ile yapılan atışlarda, sol elin iç ve dış yüzeyinde ki Sb, Ba ve Pb konsantrasyonları değerlendirildiğinde, Sb, Ba ve Pb için, tek ve çift atış arasında net bir artış gözlemlenirken, çift ve üç ardışık atış arasında net bir düşüş görüldü (Şekil 4). Sol elin iç kısmından

toplanan ASAA miktarının, sol elin dış kısmından toplanan ASAA miktarından fazla olduğu görüldü.



Şekil 4. TKF kullanılarak yapılan atışlarda sol elin dış ve iç yüzeyinden alınan örneklerin ASAA sonuçları (ng/mL)

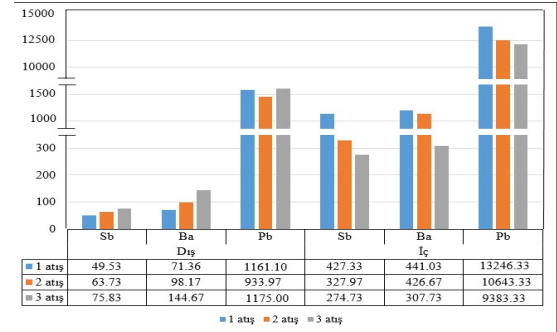
ÇF kullanılarak çift el ile yapılan atışlarda sağ elin iç ve dış yüzeyinde ki Sb, Ba ve Pb konsantrasyonları değerlendirildiğinde, sağ elin dış kısmında atışlar arası Sb ve Ba'nın miktarının lineer artış gösterdiği Pb'nin miktarının ise benzer olduğu görüldü. Sağ elin iç kısmındaki ASAA miktarları incelendiğinde ise sağ elin dış kısmına kıyasla iç kısmında düşüş olduğu tespit edildi (Şekil 5). Sağ elin iç kısmından toplanan ASAA miktarının, sol elin dış kısmından toplanan ASAA miktarından fazla olduğu görüldü.



Şekil 5. ÇF kullanılarak yapılan atışlarda sağ elin dış ve iç yüzeyinden alınan örneklerin ASAA sonuçları (ng/mL)

ÇF kullanılarak çift el ile yapılan atışlarda sol elin iç ve dış yüzeyinde ki Sb, Ba ve Pb konsantrasyonları değerlendirildiğinde, sol elin dış kısmında atışlar arası Sb ve Ba miktarının sağ elde olduğu gibi lineer artış gösterdiği, Pb miktarının ise benzer olduğu görüldü. Sağ

elin iç kısmında olduğu gibi sol elin iç kısmında ki ASAA miktarları da düşüş gösterdi (Şekil 6). Sol elin iç kısmından toplanan ASAA miktarının, sol elin dış kısmından toplanan ASAA miktarından fazla olduğu görüldü.



Şekil 6. ÇF kullanılarak yapılan atışlarda sol elin dış ve iç yüzeyinden alınan örneklerin ASAA sonuçları (ng/mL).

Tablo 3. Tek kurşunlu saçma fişegi ve çoklu saçma fişegi

arasındaki farkı gösteren t-test sonuçları

Örnek Toplama Alanı	Tek Atış			Çift Atış			Üçlü Atış		
	¹²¹ Sb	¹³⁷ Ba	²⁰⁸ Pb	¹²¹ Sb	¹³⁷ Ba	²⁰⁸ Pb	¹²¹ Sb	¹³⁷ Ba	²⁰⁸ Pb
Sağ el dış	0.923	0.368	0.782	0.428	0.313	0.341	0.247	0.208	0.830
Sağ el iç	0.942	0.677	0.913	0.023	0.325	0.045	0.312	0.342	0.366
Sol el dış	0.196	0.685	0.276	0.672	0.693	0.335	0.320	0.008	0.417
Sol el iç	0.249	0.270	0.098	0.611	0.349	0.599	0.750	0.262	0.932

TARTIŞMA

Ateşli silah atışları sırasında, mermi çekirdeğiyle birlikte önemli miktarda organik ve inorganik atış artığı, gaz veya katı aerosol fazında ortamda dağılır ve ASAA'nın bir kısmı atış yönünde hareket ederken bir kısmı da namlunun arka kısmına doğru yönelir (30). Gaz fazındaki atıkların bir kısmı soğuyarak katılaşır ve karakteristik atış artığı partiküllerini oluşturur ve bu partiküllerde sıklıkla Sb, Ba ve Pb gibi inorganik elementler bulunur (31).

Adli bilimlerde, ateşli silahlarla işlenmiş suçların aydınlatılmasında atış artığı analizleri büyük önem taşır. Ateşli silaha en yakın vücut kısmı olan eller, atış artığı

tespiti için en yaygın örnek toplama bölgeleri arasında yer almaktadır (1). Kullanılan silah ve mühimmatın aynı olduğu durumlarda bile kullanım geçmişi ve çevresel değişikliklerden dolayı, her atışın ASAA dağılımının ve miktarının farklılık gösterdiği bilinmektedir (23). Kullanılan silahın türüne göre silahın diğer açıklıklarından ve boş kovan atma bölümünden de ASAA dağılıbilir ve her iki el üzerinde birikebilir (5,32). Bu alanda tabancalar ile yapılmış kapsamlı çalışmalar olmasına rağmen, son yıllarda kullanımı artmakta olan otomatik av tüfekleri ile yapılan çalışmalarda kullanılan fişek türünün ve atış sayısının ASAA miktarı üzerindeki etkisini araştıran bir çalışma bulunmamaktadır.

Çalışmada otomatik av tüfeğine ait iki farklı tür saçma fişegi (TKF ve ÇF) kullanılarak çift el ile yapılan tekli, ardışık çift ve ardışık üçlü atışlarda el üzerinde biriken ASAA miktarı ICP-MS sistemi kullanılarak analiz edilmiş olup; saçma türü ve atış sayısı ile elde biriken ASAA miktarı arasındaki ilişki incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan plasterlerden ve atış öncesi temizlenen elden kaynaklanabilecek olası kontaminasyonun etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular tespit edilen Pb konsantrasyonlarının, Sb ve Ba konsantrasyonlarına kıyasla daha yüksek olduğunu, ancak bu seviyelerin atış artığı analizlerinde bir girişim yaratmayacağını göstermiştir.

Tablo 3, TKF ile ÇF arasındaki farkı gösteren t-test sonuçlarını sunmaktadır. Tablodaki değerler incelendiğinde, TKF ile ÇF arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir. Ancak, sağ el içi ve sağ el dışı örnek toplama alanlarında, ardışık çift atış ve ardışık üç atış değerleri arasında anlamlı fark bulunmaktadır. Örneğin, sol el dışı örnek toplama alanında Ba için üçlü atış değeri 0.08'dir bu da ÇF'nin TKF'ye göre daha yüksek Ba tespit edildiğini göstermektedir. Bu sonuçlar, TKF ile ÇF arasında çift atışta Sb ve Pb, üçlü atışta ise Ba için bazı farklılıklar

olduğunu göstermektedir. Ancak, bu farklılıkların hangi mekanizmalarla ortaya çıktığını anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

TKF kullanılarak yapılan çift el atışlarda, sağ elin dış yüzeyinde özellikle ilk iki atışta Sb, Ba ve Pb konsantrasyonlarında artışla birlikte doğrusal bir ilişki gözlemlenmiştir. Ancak, sağ elin iç yüzeyinde sadece Ba elementi için benzer bir artış tespit edilirken, Sb ve Pb için anlamlı bir değişim gözlemlenmemiştir. Sol el için yapılan analizlerde ise, Sb, Ba ve Pb için tek atışa kıyasla çift atışlarda artış gözlemlenmesine rağmen, çift atışlara kıyasla üçlü atışlarda belirgin bir azalış görülmüştür.

ÇF kullanılarak yapılan çift el atışlarda sağ el için yapılan değerlendirmede, elin dış yüzeyinde Sb ve Ba miktarları atış sayısı ile doğru orantılı olarak bir artış gösterirken, Pb için bir artış gözlemlenmemiştir. Sol el için yapılan analizlerde ise benzer bir durum ortaya çıkmıştır. Sol elin dış yüzeyinde de Sb ve Ba elementleri için sağ elde olduğu gibi lineer bir artış gözlemlenirken, Pb elementi için ise bir değişiklik gözlemlenmemiştir.

ASAA analizi yapılırken sıradan olmayan sonuçların gözlenmesinin sebebi; daha önce kullanılan mühimattan kalan ASAA'nın sonraki atışlarda düzensiz dağılım göstermesidir. Böyle bir durum ateşli silahlarda "Hafıza Etkisi" olarak tanımlanır (5,6). Bu çalışmada kullanılan ateşli silaha ilk atış öncesinde yüzeysel temizleme prosedürü uygulanmıştır. Her atış öncesinde silah iç kısmı temizlenmediği için çalışma esnasında oluşan ASAA önceki atışlardan kaynaklanan artıkları da kapsamaktadır. Bu nedenle el yüzeyinde diğer çalışmalarda olduğu gibi düzensiz bir ASAA dağılımı gözlemlenmiştir (33,34).

Literatürde atış sayısı ile el üzerinde biriken ASAA konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi inceleyen sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada elde edilen bulgular, mevcut literatürdeki çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Çigilli

(2022) çalışmasında Yavuz 16 marka tabanca ve 9x19 parabellum fişekler kullanarak yaptığı atışlarda el yüzeyinde biriken ASAA dağılımını incelemiştir. Analiz sonucunda atış sayısının artmasıyla ASAA'nın arttığı sonucuna varmıştır. Tek el kullanılarak gerçekleştirilen atışlarda ASAA miktarı, çalışmamızda olduğu gibi kullanılan elin hem iç ve hem de dış yüzeyinde tespit edilmiştir (35).

Özdemir ve ark. (2024) çalışmalarında, Makine Kimya Endüstrisi tarafından üretilen 9x19 mm Parabellum fişek ile yapılan çoklu atışlar sonrası, el üzerinde biriken ASAA miktarını, ICP-MS sistemini kullanarak analizini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonuçları, atış sayısının artmasının el üzerindeki ASAA miktarını artırdığını ortaya koymaktadır (11). Çalışmamız da atış sayısının ASAA miktarında belirgin bir değişiklik oluşturmadığı belirlenmiştir. Atış yapılan ortamın fiziksel özellikleri, kullanılan ateşli silahın karakteristikleri, örneklerin toplanması ve analiz edilmesi süreçlerindeki değişkenler, ASAA miktarını etkileyen önemli faktörlerdir. Ditrich (2012) gerçekleştirdiği çalışmada, atıcı üzerindeki ve etrafa saçılan ASAA'nın, kullanılan silah türüne göre farklılık gösterdiğini gözlemlemiştir (32). Bu nedenle, atış sayısı ile ASAA miktarı arasındaki ilişki, fişek ve ateşli silah türüne göre değişmektedir.

Kara (2018)'nın gerçekleştirdiği çalışmada, ateşli silah namlularında biriken ASAA üzerine odaklanılmış ve farklı markalardaki 9 mm Parabellum fişekler kullanarak yapılan atışlarda, namlu içindeki Sb, Ba ve Pb miktarlarının atış sayısı ile doğru orantılı olarak arttığı belirtilmiştir (25). Çalışmamızda ise, farklı tip fişeklerle yapılan atışlarda el üzerinde biriken ASAA miktarları incelenmiş ve atış sayısı ile ASAA miktarı arasında beklenen doğrusal ilişkinin her zaman gözlemlenmediği, hatta bazı durumlarda atış sayısına bağlı olarak azalma eğilimi olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Kara (2018)'nın çalışmasında elde edilen bulgularla karşılaştırıldığında, atışlarda ASAA dağılımının, yalnızca namlu içindeki birikime değil, aynı zamanda atış

yapılan yüzey (bu çalışmada eller) ve kullanılan fişek türü gibi farklı faktörlerden de etkilendiğini göstermektedir.

Yayla (2022)'nin çalışmasında ise Canik S/120 model tabanca kullanılarak gerçekleştirilen ardışık atışlarda, atış yapan el üzerinde biriken inorganik ASAA miktarları ICP-MS ile analiz edilmiş ve veriler çoklu regresyon modeli kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, atış sayısı ile ASAA konsantrasyonları arasında doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, farklı mermi türleri ile de desteklenmiş olup, atış sayısının ASAA miktarlarına bağlı olarak tahmin edilebileceğini göstermektedir (24). Bu çalışmadan farklı olarak çalışmamızda, çift el kullanılarak otomatik av tüfeği ile atışlar yapılmıştır ancak veri seti yetersiz olduğundan çoklu regresyon modeli kullanılamamıştır.

Tabancalarla yapılan atışlarda ASAA miktarı ellerde birikirken uzun namlulu silahların kullanıldığı olaylarda ASAA'nın daha çok saç ve yüzde olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle av tüfeği gibi uzun namlulu silahlarla çoğunlukla atış mesafesi ve namlu uzunluğu ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (1,17,18,27,28).

Brozek-Mucha (2011), ateş eden kişinin elleri, yüzü, saçları ve kıyafetlerinden eş zamanlı olarak toplanan ASAA kalıcılığına yönelik yaptığı çalışmada elden toplanan ASAA'ların hızla kaybolduğunu ve sırasıyla giysi, yüz ve en son saçtaki parçacıkların kaybolduğunu vurgulamıştır (36). Gassner ve ark. (2016) gerçekleştirdiği çalışmada ise, atış olayından hemen ve 2 saat sonra atıcının el, saç ve giysilerinden alınan örnek sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmada atış artıklarının diğer yüzeylere kıyasla ellerden daha hızlı kaybolduğu tespit edilmiştir (37). Özellikle şüphelinin olaydan birkaç saat sonra yakalandığı durumlarda el haricinde cildin diğer yüzeylerinde de ASAA incelemesinin yapılması, analiz verilerinin daha doğru bir şekilde yorumlanmasına katkı sağlar (1,5,36).

Çalışmamız, otomatik av tüfeği ile fişek türüne ve atış

sayısına bağlı olarak çift elin hem iç hem dış yüzeylerinde atış sonrası atış artığını araştıran ilk çalışmadır. Tek kurşunlu fişek (TKF) ve çoklu saçma fişegi (ÇF) gibi farklı mühimmat tiplerinin kullanıldığı atışlarda, atış artıklarının miktarında ve kimyasal bileşiminde belirgin farklılıklar beklenmiştir. TFK'nin namli içinde yarattığı sürtünme ve yüksek kinetik enerji, daha yoğun ve farklı bir kimyasal profil oluşturabilirken, ÇF'nin geniş yüzey alanı ve fişek içerisindeki tapalarla olan etkileşimi, daha dağınık ve farklı bir atış artığı dağılımına neden olmaktadır (27). Ancak, bu çalışmada farklı fişekler kullanılarak otomatik av tüfeği ile yapılan atışlarda el yüzeyinde biriken ASAA'ların atış sayısına bağlı olarak belirgin bir fark oluşturmadığı ve iki farklı fişek türünde kesin bir ayrım sağlanamayacağı kanaatine varılmıştır. Buna ek olarak çalışmada kullanılan uzun namlulu otomatik av tüfeğinin boş kovan atma bölümünün sağ tarafta bulunması sebebiyle sağ el iç ve sol el iç yüzeyinden toplanan atış artıklarının her iki elin dış kısımlarına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Tespit edilen ASAA miktarları ile örnekleme işleminin ateş eden elin hangi yüzeyinden (dış ve iç) toplandığının belirlenebileceği ancak kullanılan fişek türü hakkında bilgiye ulaşılamayacağı sonucuna varılmıştır. Böylelikle şüphelinin atış pozisyonu ve kişinin günlük hayatta hangi eli kullandığı kanıtlanabilir. ASAA'nın el üzerindeki kalıcılığını etkileyen ortam şartlarının değiştirilmesiyle ve farklı çaplara sahip saçmaların bulunduğu fişeklerin yanı sıra farklı özelliklere sahip ateşli silahların kullanılmasıyla yapılacak atışlarda ASAA'ların el yüzeyinde aranmasının yanı sıra, saç, kıyafet ve yüz gibi diğer bölgelerde de aranmasına yönelik daha kapsamlı çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Bildirimler

Teşekkür

Ateşli silahlar ve atış artığı konusunda engin bilgi ve tecrübeleriyle yardımlarını esirgemeyen merhum Sayın

Prof. Dr. H. Bülent ÜNER anısına.

Çıkar çatışması

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal destek

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir malî destek kullanımı bildirmemişlerdir.

KAYNAKLAR

1. Akçan R, Demircioğlu D, Aydoğan HC, Cavlak M, Erkan E, Demiray E, et al. Ear as an alternative sampling site for GSR analysis following shotgun discharge. *J Forensic Sci.* 2021;66(3):1042–7.
2. Yıldırım MŞ, Demircioğlu D, Erkan E, Zengin HY, Elden U, Akçan R, et al. Surgical mask as an alternative sampling site for gunshot residue analysis. *Forensic Chem.* 2023;34:100501.
3. Tarifa A, Almirall JR. Fast detection and characterization of organic and inorganic gunshot residues on the hands of suspects by CMV-GC-MS and LIBS. *Sci Justice.* 2015;55(3):168–75.
4. Chang KH, Jayaprakash PT, Yew CH, Abdullah AFL. Gunshot residue analysis and its evidential values: a review. *Aust J Forensic Sci.* 2013;45(1):3–23.
5. Lucas N. Assessment of the Persistence and Transference of Inorganic Gunshot Residues. Flinders University, College of Science and Engineering.; 2019.
6. Serol M, Ahmad SM, Quintas A, Família C. Chemical analysis of gunpowder and gunshot residues. *Molecules.* 2023;28(14):5550.
7. Reyes LC, López CE, Barrios AB, Soto CG, Ibáñez C, Díaz FJ. Development and application of a new nose hairs sample collection device for GSR Particles by scanning electron microscopy with energy dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDS). *Forensic Sci Int.* 2018;290:42–8.
8. French J, Morgan R. An experimental investigation of the indirect transfer and deposition of gunshot residue: Further studies carried out with SEM-EDX analysis. *Forensic Sci Int.* 2015;247:14–7.
9. Charles S, Geusens N, Vergalito E, Nys B. Interpol review of gunshot residue 2016–2019. *Forensic Sci Int Synerg.* 2020;2:416–28.
10. French J, Morgan R, Davy J. The secondary transfer of gunshot residue: an experimental investigation carried out with SEM-EDX analysis. *X-Ray Spectrom.* 2014;43(1):56–61.
11. Özdemir TK, Kılıç MD, Yayla M, Mercan S. Atış Sayısı Artıkça El Üzerinde Kalan Atış Artığı da Artar mı? 9x19 mm Parabellum Fişek Örneği. *Adli Tıp Derg.* 38(1):27–36.
12. Dalby O, Butler D, Birkett JW. Analysis of Gunshot Residue and Associated Materials-A Review. *J Forensic Sci.* 2010;55(4):924–43.
13. Cardinetti B, Ciampini C, D'Onofrio C, Orlando G, Gravina L, Ferrari F, et al. X-ray mapping technique: a preliminary study in discriminating gunshot residue particles from aggregates of environmental occupational origin. *Forensic Sci Int.* 2004;143(1):1–19.
14. Shrivastava P, Jain VK, Nagpal S. Gunshot residue detection

technologies—a review. *Egypt J Forensic Sci.* 2021 Dec;11(1).

15. Kilty JW. Activity after shooting and its effect on the retention of primer residue. *J Forensic Sci.* 1975;20(2):219–30.

16. Bilgi S. Av tüfeği namlu uzunluğunun saçma dağılımına etkisinin değerlendirilmesi. Marmara Üniversitesi. Tıpta uzmanlık tezi. 2013.

17. Arslan MM, Kar H, Üner B, Çetin G. Firing distance estimates with pellet dispersion from shotgun with various chokes: an experimental, comparative study. *J Forensic Sci.* 2011;56(4):988–92.

18. Alfonsi A, Calatzi S, Cerioni E, Luchi P. Shooting distance estimation for shots fired by a shotgun loaded with buckshot cartridges. *Forensic Sci Int.* 1984;25(2):83–91.

19. Reis ELT, Sarkis JES, Neto ON, Rodrigues C, Kakazu MH, Viebig S. A new method for collection and identification of gunshot residues from the hands of shooters. *J Forensic Sci.* 2003;48(6):1269–74.

20. Vanini G, Souza MO, Carneiro MTWD, Filgueiras PR, Bruns RE, Romão W. Multivariate optimisation of ICP OES instrumental parameters for Pb/Ba/Sb measurement in gunshot residues. *Microchem J.* 2015 May 1;120:58–63.

21. Santos A, Magalhães T, Vieira DN, Almeida AA, Sousa A V. Firing distance estimation through the analysis of the gunshot residue deposit pattern around the bullet entrance hole by inductively coupled plasma-mass spectrometry: An experimental study. *Am J Forensic Med Pathol.* 2007 Mar;28(1):24–30.

22. Santos A, Ramos P, Fernandes L, Magalhães T, Almeida A, Sousa A. Firing distance estimation based on the analysis of GSR distribution on the target surface using ICP-MS—An experimental study with a 7.65 mm × 17 mm Browning pistol (.32 ACP). *Forensic Sci Int.* 2015 Feb 1;247(1):62–8.

23. Rijnders MR, Stamouli A, Bolck A. Comparison of GSR Composition Occurring at Different Locations Around the Firing Position. *J Forensic Sci.* 2010 May 1;55(3):616–23.

24. Yayla M. Ateşli Silah Atış Artığının Atış Sayısı ve Farklı Mermi Çekirdeklerine Bağlı Nicel Değişiminin Araştırılması. Hitit Üniversitesi. Yüksek lisans tezi. 2022.

25. Kara İ. Atış sayısına bağlı olarak namluda biriken atış artığının atomik absorpsiyon spektrometre yöntemi ile kantitatif analizi. *Karadeniz Chem Sci Technol.* 2018;2(3):7–11.

26. Can M, Üner H, Koç S, Tok M, Toprak S, Dışbudak M. MKE Kurumu Yapımı Tabanca Mermileri ile Yapılan Atışlarda El Üzerinde Kalan Atış Artıklarının Alevsiz Atomik Absorpsiyon Spektrofotometri Yöntemi ile Tespiti. *Adli Tıp Bülteni.* 2005;10(1):5–14.

27. Çelikel A, Balcı Y, Üner B, Bal C. Av tüfeği namlu uzunluğunun saçma dağılımına etkisi ve atış mesafesinin belirlenmesinde önemi. *Adli Tıp Derg.* 2012;26(2):115–23.

28. Sarıbey AY. Ateşli silahlar ile yapılan atışlar sonrası hedef yüzeyler üzerinde oluşan atış artıklarının incelenmesi. Ankara Üniversitesi. Doktora tezi. 2008.

29. Magnusson B, Örnemark U. The Fitness for Purpose of Analytical Methods—A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics. Eurachem. 2014.

30. Brožek-Mucha Z. Variation of the chemical contents and morphology of gunshot residue in the surroundings of the shooting pistol as a potential contribution to a shooting incidence reconstruction. *Forensic Sci Int.* 2011;210(1–3):31–41.

31. Costa RA, Motta LC, Destefani CA, Rodrigues RRT, do Espírito Santo KS, Aquije GMF V, et al. Gunshot residues (GSR) analysis of clean range ammunition using SEM/EDX, colorimetric test and ICP-MS: A comparative approach between the analytical techniques. *Microchem J.*

2016;129:339–47.

32. Ditrich H. Distribution of gunshot residues—the influence of weapon type. *Forensic Sci Int.* 2012;220(1–3):85–90.

33. Romolo FS, Margot P. Identification of gunshot residue: a critical review. *Forensic Sci Int.* 2001;119(2):195–211.

34. Wolten GM, Nesbitt RS, Calloway AR, Loper GL, Jones PF. Equipment systems improvement program—final report on particle analysis for gunshot residue detection. Rep ATR-77 (7915)-3, Aerosp Corp, Washington, DC. 1977;

35. Çigilli O. Numune alma yöntemi geliştirilerek, inorganik atış artıklarının (antimon) elektrotermal atomik absorpsiyon spektrometresi ile nicel analizi ve yöntem verimliliği. Bursa Uludağ University (Turkey); 2022.

36. Brožek-Mucha Z. Chemical and morphological study of gunshot residue persisting on the shooter by means of scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectrometry. *Microsc Microanal.* 2011;17(6):972–82.

37. Gassner AL, Ribeiro C, Kobylinska J, Zeichner A, Weyermann C. Organic gunshot residues: Observations about sampling and transfer mechanisms. *Forensic Sci Int.* 2016;266:369–78.