

Deneyisel Çalışma ile Oluşturulan Atış Artıklarından Atış Mesafesinin Alevsiz Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrisi (AAAS) Kullanılarak Değerlendirilmesi

Estimation of Shooting Distance with Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry (FAAS) Method in Experimentally Formed Shooting Residues

Baha Berk ARPAK,^a
Zerrin ERKOL,^b
Bora BUKEN,^c
Ömer Utku ERZENGIN^d

^aAdalet Bakanlığı, Adli Tıp Kurumu,
Batman

^bAdli Tıp AD,
Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Tıp Fakültesi, Bolu

^cAdli Tıp AD,
Düzce Üniversitesi Tıp Fakültesi, Düzce

^dUygulamalı İstatistik Bölümü,
Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Edebiyat Fakültesi, Isparta

Geliş Tarihi/Received: 27.06.2012

Kabul Tarihi/Accepted: 19.12.2012

Bu çalışmanın verileri, Dr. Baha Berk ARPAK'ın Uzmanlık Tezi'nden (Adli Tıp Kurumu- İstanbul-2009) alınmıştır. Bu çalışma, 22. Uluslararası Adli Tıp Kongresi (05-08 Temmuz 2012, İstanbul)'nde poster bildirisi olarak sunulmuştur.

Yazışma Adresi/Correspondence:

Zerrin ERKOL
Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Tıp Fakültesi,
Adli Tıp AD, Bolu,
TÜRKİYE/TURKEY
zerrinerkol@gmail.com

ÖZET Amaç: Çalışmada, ateşli silah yaralanması olgularında, giriş deliği çevresindeki atış artıklarının miktarları ile atış mesafesi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi amaçlandı. **Gereç ve Yöntemler:** Traşlanmış dana derisinden hazırlanmış hedeflere, 9 x 19 mm Parabellum tabanca fişegi ile 7,65 x 17 mm Browning tabanca fişegi atan silahlar kullanılarak, 0 cm, 5 cm, 15 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm, 80 cm ve 100 cm mesafeden beşer atış yapıldı. Her atıştan sonra hedeflerden plaster bant yöntemi ile toplanan örneklerde, alevsiz atomik absorpsiyon spektrofotometrisi (AAAS) kullanılarak, kurşun ve antimon değerleri ölçüldü. Veriler SPSS 17.0 paket programı ile analiz edildi. **Bulgular:** Her iki kalibredeki fişeklerle yapılan atışlarda atış mesafesi arttıkça, ölçülen kurşun ve antimon miktarlarının azaldığı tespit edildi. Mesafe arttıkça kurşun miktarlarında meydana gelen değişimin, antimon miktarlarında meydana gelen değişime göre daha belirgin olduğu saptandı. Her iki kalibredeki fişeklerle yapılan atışlarda da, aynı mesafede saptanan kurşun miktarı değerlerinin antimon değerlerine kıyasla daha geniş bir aralıkta olduğu belirlendi. Özellikle yakın atış mesafesi içinde kalan atışlarda saptanan değerlerdeki standart sapma yüksekliğinin, mesafe arttıkça azaldığı tespit edildi. **Sonuç:** Çalışmada, kurşun ve antimon değerleri için bir üstsel regresyon formülü oluşturuldu.

Anahtar Kelimeler: Ateşli silahlar; yaralar, kurşun

ABSTRACT Objective: This study aimed to detect the relationship between the gunshot residues around the entrance wound and the shooting distance in gunshot injuries. **Material and Methods:** Five shots with 9 x 19 mm Parabellum and 7,65 x 17 mm Browning cartridge were made from 0 cm, 5 cm, 15 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm, 80 cm and 100 cm distance to the targets which were cut from shaved calfskin. After each shot, the samples collected from targets by plasters were studied with the Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry (FAAS) to measure lead and antimony values. Data were analysed by SPSS 17.0 package program. **Results:** For both caliber cartridges, the measured lead and antimony levels decreased as the distance increased. As the distance increased, the changes in the levels of measured lead were more significant compared to the levels of measured antimony. For both caliber cartridges, at the same distances, the measured levels of lead were within a wider range in comparison with the levels of measured antimony. High standard deviation values specifically observed in close fire distances seemed to decrease as the distance increased. **Conclusion:** An exponential regression formulation was created for both lead and antimony values.

Key Words: Firearms; wounds, gunshot

Türkiye Klinikleri J Med Sci 2013;33(3):762-8

Ateşli silahların kullanıldığı adli olaylarda atış mesafesinin tayini, olayın orijininin belirlenmesinde önem taşımaktadır. Ateşli silah yaralarının değerlendirilmesi kadar atış artıklarının saptanması ve yorumlanması da önemli bulunmaktadır. Atış artıklarının tespiti, kimin ateş ettiğinin ve atış mesafesinin tayininde ve giriş ve çıkış yaralarının ayırımında faydalı olabilmektedir.¹

Ateşli silah atış artıklarının değerlendirilmesi için yaygın olarak Modifiye Griess Testi, Sodyum Rodizonat Testi, Nötron Aktivasyon Analizi (NAA), Alevsiz Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrisi (AAAS) ve Enerji Dağılımlı X-Işını Analizörlü Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDX) teknikleri kullanılmaktadır.^{1,2}

Bu tekniklerden AAAS yöntemiyle atış artığı olarak antimon, kurşun ve baryum aranmaktadır. Atış artıklarının değerlendirilmesinde kişisel deneyimlerin önemli olduğu bildirilmekte, benzer örneklerin yorumlanmasında uzmanlar arasında farklı görüşler ortaya konabilmektedir. Atış artıklarının araştırılmasında niceliksel yöntemlerin niteliksel yöntemlere göre kullanılabilirliğinin daha da artması, hem bu farklılıkların ortadan kalkmasını hem de daha güvenilir sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır.¹

Atış artıklarının incelemesini yapan bir araştırmacının, artıkların fişekten fişeğe değişebileceğini, inceleme yapacağı atış artığı numunelerinin hangi fişekten çıktığını bilmesi, mümkünse atış yapılan fişekin kapsül kısmında inceleme yapması, atış artığı tespiti için gönderilen numuneler ile kapsülde tespit ettiği kimyasalları karşılaştırması gerekmektedir. Bu yaklaşımla alışılmışın dışında yapılmış bir fişekin neden olduğu atış artıkları hususunda yanlış değerlendirme ihtimalini en aza indirmiş olur. İğnenin kapsülün metal kısmına değmesiyle, çekirdeğin hedefe etki etmesi arasındaki tüm aşamalarda atış artıkları oluşur. Oluşan bu artıklar, kovan ve dolayısı ile namlu içindeki basınç nedeniyle, silahın özelliklerine bağlı olarak dış ortama çıkar.¹ Bunun sonucunda, fişeğe ve silaha ait yanmış, yarı yanmış, yanmamış partiküller ve buharlaşmış artıklar, bir gaz bulutu halinde atış yapılan noktayı ve dış ortama çıkabildiği açıklıkları merkez alarak bu merkezin çevresinde ve çekirdeğin hareketiyle oluşturduğu basıncın etkisiyle çekirdeğin doğrultusu boyunca yayılırlar. Peşinden çekme etkisi ile yayılan bu partiküller, çıkış yerlerine göre eğik atış ve dikey atış hareketlerini yapar.^{1,3} Tüm bu etkileşimlerden sonra kurşun, baryum, antimon, bakır ve nikel gibi ağır metaller atış artıkları olarak ortama yayılır. Bu metalik elementler ticari dünyada pek çok uygulamada kullanılır. Bu nedenle ateşli silahların kullanıldığı

herhangi bir olayla ilgisi olmadığı halde çeşitli meslek gruplarında çalışanların ellerinde bu artıklara rastlanabilmektedir. Bunların tespiti de yanlış pozitif sonuçlara neden olabilmektedir.⁴

AAAS ile ölçüm tekniğinde karşılaşılan en büyük sorun, atış artıklarının elde edilmesinde kesinlik vermemesidir. Bu teknik, metalik atış artıklarının toplam niceliğinin ölçülmesinde kullanılan analitik bir yöntem olması nedeniyle, atış artıklarında bulunan metallerin farklı kaynaklardan transferi söz konusu olduğunda, yanlış pozitif sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Buna ek olarak bu teknikte yüksek düzeyde yanlış negatiflik de söz konusu olabilmektedir. Ateşli silah atış artıklarının negatif olması, bu kişinin silahı ateşlemediğinin kanıtı olmamaktadır.⁵

Bu çalışmada, doğrudan cilde isabet eden atışlarda, AAAS kullanılarak giriş deliği çevresinde atış artıklarının araştırılması ve atış artıklarının miktarları ile atış mesafesi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışma, atış öncesi hazırlık aşaması, İstanbul Eyüp'de bulunan Resport Atış Poligonu'nun kapalı bölümünde atışların yapılması, atışlardan sonra atış artıklarının toplanması ve Adli Tıp Kurumu Kimya İhtisas Dairesi'nde Alevsiz Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre (AAAS) cihazında atış artıklarında kurşun (Pb) ve antimon (Sb) ölçümü yapılması üzere dört aşamada gerçekleştirildi. Çalışma öncesinde atış artıklarında kurşun, antimon ve baryum ölçümü yapılması planlandığı halde, gerek Adli Tıp Kurumu Kimya İhtisas Dairesi'nde gerekse Emniyet ve Jandarma Kriminal Laboratuvarları'nda baryum çalışılmadığı için, teknik olanaksızlık nedeniyle, baryum ölçümü çalışma dışında bırakıldı.

Atışlarda kullanılan dana derisi, Afyon'da bulunan Küçükkardeşler Et Entegre Tesisinden temin edildi. Deri üzerinde bulunan kılların toplanacak olan atış artıklarını etkilememesi için kıllar tıraş edildi ve deri, her bir kenarı 13 cm olan kareler halinde kesilerek +4°C'de atış gününe kadar saklandı.

Atışların belirlenmiş mesafelerden yapılabilmesi için, atış anında tabancayı hareketsiz kılan ve

hedefi istenilen mesafede sabitleyen bir düzenek üretilerek atış günü bu düzeneğin poligona taşınması sağlandı (Şekil 1).

Düzeneğin hedef bölümü dört kısımdan oluşmaktaydı. Birinci kısım, hedefin düzenek üzerinde istenilen noktaya getirilmesini ve sabitlenmesini sağlayacak şekilde hareket imkânına sahip olan gövde bölümü idi. İkinci kısım, hedefin, tabanca sabitleme bölümünde bulunan tabancanın namlu ucuna göre mesafesinin metre üzerinde kalibre edilebilmesi amacı ile konulmuş hareketli bir ölçüm parçası idi. Üçüncü kısım, hedef parçası gövde kısmının iki yanında birer adet olmak üzere iki adet hedef tahtası sabitleme parçasından oluşmaktaydı. Dördüncü kısım ise hedef tahtasının merkez noktasının tabanca namlu doğrultusu ile kesişmesini sağlamak üzere değişik seviyelere konulan pimlerden meydana gelmekteydi. Hedef kısmının hedef tahtası bölümü, 15x20 cm boyutlarında ve ortasında 10 cm çaplı dairesel boşluk barındıracak şekilde kesilmiş olan tahtadan meydana gelmekteydi.

Atışlar 30°C sıcaklık, %50 nem şartlarına sahip olan kapalı poligonda gerçekleştirildi. Atışlarda Trabzon Silah Sanayi A.Ş. üretimi olan Zigana F model 9 mm tabanca ile İtalyan Beretta 7,65 mm tabanca, Makine Kimya Endüstrisi Kurumu (MKEK) üretimi olan 9 x 19 mm Parabellum tipi fişek ile 7,65 x 17 mm Browning tipi fişek kullanıldı.

Önceden hazırlanan traşlanmış dana derileri, poligon dışı ortamda 20x15 cm boyutlarında, or-

tasında 10 cm çaplı dairesel boşluk bulunan tahtalara kenarlarından zımbalanarak tutturuldu. Hazırlanan hedef atış düzeneğine yerleştirilerek silah ve hedef arasındaki mesafe, düzenek üzerindeki metreli tertibat yardımı ile sıfırlandı. Hedef, atış yapılmak istenilen mesafeye getirilip sabitlendi.

Atışlar, uzman atıcı tarafından 0 cm, 5 cm, 15 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm, 80 cm ve 100 cm olmak üzere 8 mesafeden yapıldı. Her mesafe için 9 mm ve 7,65 mm çaplı fişeklerden beşer atış yapıldı.

Her atıştan sonra hedef düzenekten çıkartıldı. Üzerine tek kullanımlık kâğıttan yapılan, her bir kenarı 13 cm'lik kare şeklinde, ortasında 10x10 cm'lik boş alan bulunan sınırlayıcı koyularak ölçekli olarak fotoğraflandı.

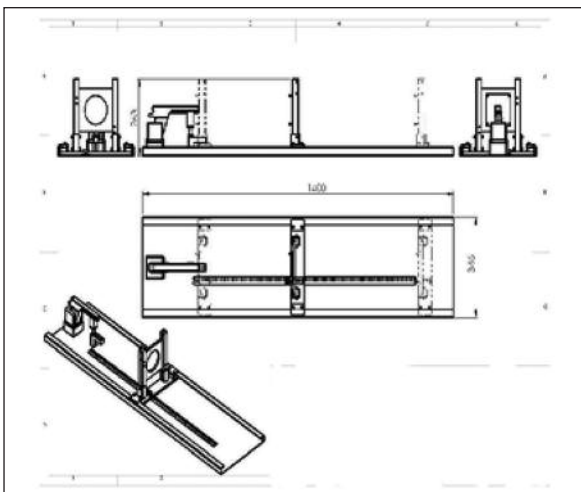
Fotoğraflama işleminden sonra, 5x5 cm boyutlarında kesilen tıbbi plaster ile sınırlanmış olan 10x10 cm'lik alandan, plasteri bastırma yöntemi ile atış artıkları toplandı. Bastırma işlemi, plasterin yapışkanlığı gidene kadar, sınırlanmış alanın tamamını kapsayacak şekilde yapıldı.

Atış artığı toplama işlemi sonrası plasterler rulo haline getirilerek, taban çapı 2 cm, yüksekliği 5 cm olan ağzı kapaklı plastik kaplara ayrı ayrı konuldu. Kapların üst kısmına, içindeki örneğe uygun olarak verilen kod etiketleri yapıştırıldı.

Atışların yapılması, örneklerin hazırlanması ve örneklerin toplanması aşamalarında olası Pb ve Sb bulaşını engellemek için gerekli önlemler alındı.

Atış artıklarının laboratuvar analizlerinde Adli Tıp Kurumu Kimya İhtisas Dairesi'nde bulunan "AA-6701 G Atomic Spectrophotometer" (AAAS) cihazı kullanıldı

Plaster örneklerinin konulduğu her plastik kap için %8'lik HNO₃ çözeltisinden 5 ml alınarak, örneklerin olduğu plastik kaplara aktarıldı. Kaplar 2 saat karıştırıcıda çalkalandıktan sonra 24 saat bekletildi. AAAS cihazı için üretilen 2 ml'lik küvetlerin üzeri kodlanarak örnek kodları ile karşılaştırılıp, ilgili örneğin sıvı kısmı küvetlere aktarıldı. Kontrol örneği olarak 5 adet ateş edilmemiş deriden alınan örnekler, boş plaster örneği ve boş tüp örneği de aynı aşamalardan geçirildi.



ŞEKİL 1: Hazırlanan düzeneğin değişik açılardan gösteren ölçekli çizim.

Standart olarak hazırlanan 50 nanogram/ml (ng/ml), 100 ng/ml, 250 ng/ml Pb çözeltileri ile 10 ng/ml, 25 ng/ml, 50 ng/ml Sb çözeltileri kullanılarak kalibrasyon eğrileri oluşturuldu. Hazırlanan örneklerdeki Pb ve Sb miktarları, hazırlanan bu kalibrasyon eğrileri üzerinden hesaplandı. Her mesafeye ait beşli örnek grupları için, her seferinde pozitif ve negatif kontrol örnekleri ile kalite kontrolü yapıldı.

Hazırlanan örnekler AAAS cihazında çalışıldı. Sonuçlar mililitre sıvıdaki Pb ve Sb miktarını nanogram cinsinden yansıttı. Kontrol örneği ile elde edilen sonuçlar, hedef örneklerle elde edilen sonuçlardan çıkartılarak hedef örnekteki Pb ve Sb miktarları tespit edildi.

Elde edilen sonuç 5 ile çarpılarak her plasterde bulunan Pb ve Sb miktarları nanogram/sürüntü cinsinden belirlendi.

İstatistiksel yöntem olarak doğrusal ve üstsel regresyon yöntemleri kullanıldı. Veriler SPSS 17.0 istatistik yazılımı kullanılarak analiz edildi.

BULGULAR

Tablo 1'de 9 x 19 mm Parabellum tipi fişek kullanılarak Zigana F marka tabanca ile yapılan atışlarda elde edilen kurşun değerleri, Tablo 2'de ise antimon değerleri gösterilmiştir (Tablo 1, 2).

Tablo 3'te 7,65 x 17 mm Browning tipi fişek kullanılarak Beretta marka tabanca ile yapılan atışlardan elde edilen kurşun değerleri, Tablo 4'te ise antimon değerleri yer almaktadır (Tablo 3, 4).

Çalışmamızda 9 mm kalibrelik Zigana F marka tabanca ile 0 cm, 5 cm, 15 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm, 80 cm ve 100 cm olmak üzere sekiz mesafeden ve her mesafe için beşer kez yapılan atışlarda aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

Tablo 5'te ifade edildiği gibi, saptanan kurşun ve antimon miktarı ile mesafe (cm) arasındaki korelasyonlar sırası ile üstsel dönüşümle 0,859 (Sb) ve 0,948 (Pb) şeklinde hesaplandı ve bu ilişki anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). Karar verme katsayısı (coefficient of determination) 0,739 (Sb) ve 0,899 (Pb) olarak belirlenmiştir. Korelasyonun negatif yönlü olduğu, me-

TABLO 1: 9x19 mm Parabellum tipi fişek ile yapılan atışlarda elde edilen kurşun değerleri (nanogram/svap).

Mesafe	0 cm	5 cm	15 cm	30 cm	45 cm	60 cm	80 cm	100 cm
1. atış	96471,012	153087,812	88823,962	71925,662	43847,012	40684,962	4234,702	14974,327
2. atış	112359,312	61481,612	5191,462	2482,312	93691,012	26463,662	6808,397	6033,442
3. atış	119481,112	117395,862	108584,712	75501,562	10083,862	52094,912	10355,702	10235,242
4. atış	111597,962	118026,462	95146,062	44341,962	28123,971	26806,912	9560,437	9828,777
5. atış	92477,012	111366,162	97992,662	48668,262	3499,312	16806,712	12881,657	6280,047
Median	111597,962	117395,862	95146,062	71925,662	28123,910	26806,910	9560,437	9828,777
Minimum	92477,012	61481,612	51791,462	44341,962	3499,312	16806,710	4234,702	6033,442
Maksimum	119481,112	153087,812	108584,712	75501,562	93691,010	52094,910	12881,660	14974,33

TABLO 2: 9x19 mm Parabellum tipi fişek ile yapılan atışlarda elde edilen antimon değerleri (nanogram/svap).

Mesafe	0 cm	5 cm	15 cm	30 cm	45 cm	60 cm	80 cm	100 cm
1. atış	20092,1111	26129,5611	16381,0611	14080,2611	15261,5611	9737,1611	2754,5161	2222,5011
2. atış	23043,8111	20868,0611	13970,2611	14530,7611	11695,1111	10110,8611	3186,6861	1935,9611
3. atış	24729,8111	23345,1611	20961,5111	15074,7111	5249,3111	9847,9611	3209,8761	2628,2311
4. atış	24969,4111	16836,0611	14218,8611	19756,1111	6204,5611	7726,9611	3102,5011	2112,7561
5. atış	21601,8611	24656,0111	18385,0111	19811,8611	5871,6111	7992,8111	3111,2111	1646,0261
Median	23043,810	23345,16	16381,06	15074,71	6204,561	9737,161	3111,211	2112,756
Minimum	20092,110	16836,06	13970,26	14080,26	5249,311	7726,961	2754,516	1646,026
Maksimum	24969,410	26129,56	20961,51	19811,86	15261,56	10110,86	3209,876	2628,231

TABLO 3: 7,65x17 mm Browning tipi fişek ile yapılan atışlarda elde edilen kurşun değerleri (nanogram/svap).

Mesafe	0 cm	5 cm	15 cm	30 cm	45 cm	60 cm	80 cm	100 cm
1. atış	95469,862	154853,662	118066,312	95886,262	61134,312	10906,702	13275,307	11626,010
2. atış	90460,612	180434,162	124233,412	126029,112	66316,262	22995,417	10083,777	13831,870
3. atış	73911,362	191521,112	103347,312	98758,562	51784,112	14495,642	11457,617	9933,992
4. atış	125750,812	212886,612	158020,462	118858,562	44006,162	15316,642	9676,307	11736,930
5. atış	157758,462	246301,962	137260,312	121864,912	71378,312	14496,467	17595,952	6517,157
Median	95469,862	191521,112	124233,412	118858,562	61134,310	14496,470	11457,620	11626,010
Minimum	73911,362	154853,662	103347,312	95886,262	44006,160	10906,700	9676,307	6517,157
Maksimum	157758,462	246301,962	158020,462	126029,112	71378,310	22995,420	17595,950	13831,870

TABLO 4: 7,65x17 mm Browning tipi fişek ile yapılan atışlarda elde edilen antimon değerleri (nanogram/svap).

Mesafe	0 cm	5 cm	15 cm	30 cm	45 cm	60 cm	80 cm	100 cm
1. atış	23871,0111	48054,11	44869,0611	26997,4611	16210,7611	31853,1611	4455,2611	3011,8111
2. atış	28073,2611	59420,91	44484,9111	32277,0611	20162,9111	16299,6611	6641,5111	5050,4111
3. atış	28929,1111	70932,31	24754,2111	31210,2611	19989,6611	16717,0611	9921,6611	5398,4611
4. atış	26714,2111	71309,01	62646,9111	36247,2611	16717,0611	11351,5611	5211,6611	11057,7611
5. atış	28685,3111	77266,61	58809,3111	32246,9111	23402,4111	30470,4611	19579,8111	6124,7111
Median	28073,26	70932,31	44869,06	32246,91	19989,66	16717,06	6641,511	5398,461
Minimum	23871,01	48054,11	24754,21	26997,46	16210,76	11351,56	4455,261	3011,811
Maksimum	28929,11	77266,61	62646,91	36247,26	23402,41	31853,16	19579,81	11057,76

safe arttıkça saptanan her iki maddenin miktarının da azalmakta olduğu tespit edilmiştir. Mesafe ile saptanan her iki madde miktarı arasında kurulan doğrusal ve üstsel regresyon modelleri anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). Regresyon modeline göre elde edilen katsayılar sırasıyla $a900Sb = 26137,98e^{[-(0,024),metre]}$ ve $a900Pb = 116834,25e^{[-(0,028),metre]}$ şeklinde bulunmuştur (Şekil 2) (Eşitlikte y “saptanan madde miktarını” ve x de “santimetre cinsinden mesafeyi” ifade etmektedir). Bu bulgular ışığında saptanan madde miktarının atış mesafelerine bağlı olarak negatif yönde değiştiği, diğer bir deyişle saptanan madde miktarının mesafe arttıkça azaldığı belirlenmiştir. Her iki madde için denklemden elde edilen sabit ($p < 0,001$) ve eğim ($p < 0,001$) anlamlı bulunmuştur (Şekil 2).

Şekil 2 ve 3'te antimon ve kurşun değerleri karşılaştırılmakta olup, 9 mm kalibrelik silahla yapılan atışta kurşun ve antimon miktarlarının mesafeye göre dağılımı görülmektedir (Şekil 2, 3). Sabit mesafede kurşuna ait miktarların dağılımının antimona göre daha geniş bir sınır oluşturduğu ve artan mesafeye göre kurşun miktarındaki değişimin, antimon mikta-

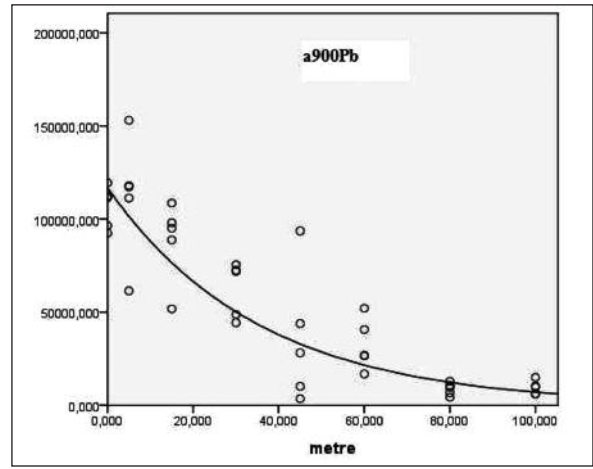
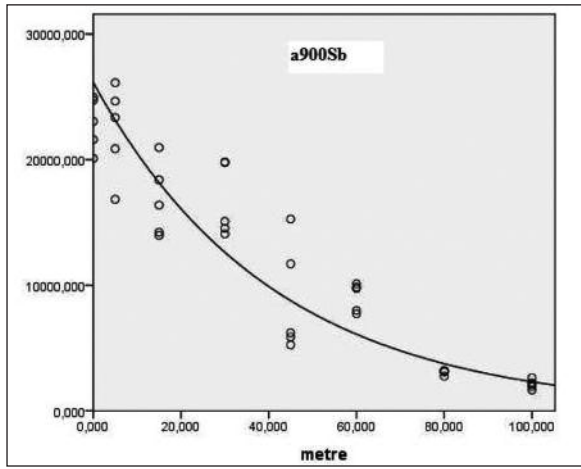
TABLO 5: Model, karar verme katsayısı ve model anlamlılık değerleri.

Model	R ²	Model Anlamlılık
$a900Sb = 26137,98e^{[-(0,024),metre]}$	0,899	<0,001
$a900Pb = 116834,25e^{[-(0,028),metre]}$	0,739	<0,001
$b765Sb = 51415,22e^{[-(0,021),metre]}$	0,731	<0,001
$b765Pb = 177529,05e^{[-(0,031),metre]}$	0,857	<0,001

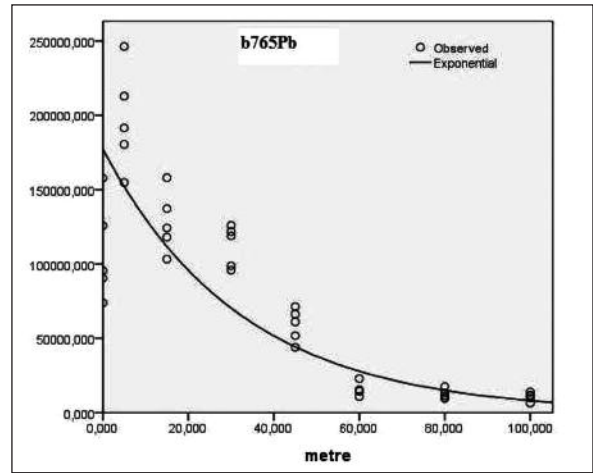
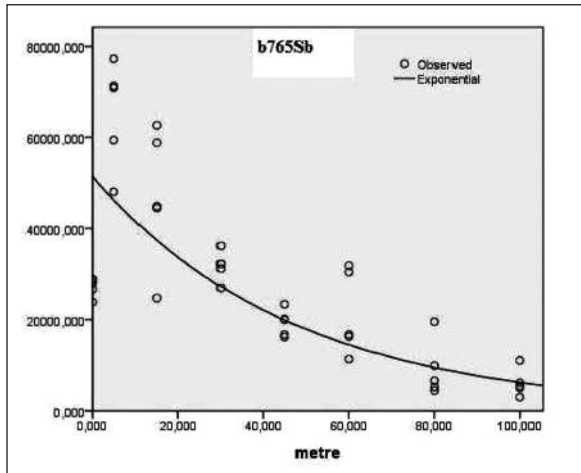
rındaki değişime göre daha fazla olduğu gözlenmektedir.

Çalışmamızda 7,65 mm kalibrelik Beretta marka tabanca ile belirtilen sekiz mesafeden ve her mesafe için beşer kez yapılan atışlarda aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

Tablo 5'te ifade edildiği gibi, saptanan kurşun ve antimon miktarı ile mesafe (cm) arasındaki üstsel dönüşümle korelasyonlar sırasıyla -0,926 ve -0,855 şeklinde hesaplanmış ve bu ilişki anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). Karar verme katsayısı (coefficient of determination) 0,857 ve 0,731 olarak belirlenmiştir. Korelasyonun negatif yönlü olduğu, mesafe arttıkça saptanan madde miktarının azaldığı



ŞEKİL 2: Zigana F model 9 mm tabanca ile yapılan atışlarda mesafeye göre antimon ve kurşun değerleri (nanogram/ svap).



ŞEKİL 3: Beretta model 7,65 mm tabanca ile yapılan atışlarda mesafeye göre antimon ve kurşun değerleri (nanogram/ svap).

saptanmıştır. Mesafe ile saptanan madde miktarı arasında kurulan doğrusal regresyon modeli anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). Regresyon modeline göre elde edilen katsayılar sırası ile $a_{765Sb} = 51415,22e^{[-0,021].metre}$ ve $a_{765Pb} = 177529,05e^{[-0,031].metre}$ olarak hesaplanmıştır (Eşitlikte y “saptanan madde miktarını” ve x de “santimetre cinsinden mesafeyi” ifade etmekte olup model üsteseldir). Her iki madde için denklemde elde edilen sabit ($p < 0,001$) ve eğim ($p < 0,001$) anlamlı bulunmuştur (Şekil 3).

Şekil 3'te antimon ve kurşun değerleri karşılaştırılmakta olup, 7,65 mm kalibrelik silahla yapılan atışta kurşun ve antimon miktarlarının mesafeye göre dağılımı görülmektedir. Sabit mesafede kurşuna ait miktarların dağılımının antimona göre daha geniş bir sınır oluşturduğu ve artan mesafeye

göre kurşun miktarındaki değişimin antimon miktarındaki değişime göre daha fazla olduğu gözlenmektedir. Saptanan kurşun ve antimon miktarının en yüksek miktarlarına 5 cm mesafeden yapılan atışta ulaştıkları saptanmıştır (Şekil 3).

TARTIŞMA

Ateşli silah kullanılan adli olaylarda, atış mesafesinin tespiti olayın aydınlanmasında büyük önem taşımaktadır. Günümüzde bu öneme uygun şekilde atış mesafesinin belirlenmesine ilişkin çalışmalar yapılmaktadır.

Yapılan çalışmalarda kullanılan tekniklerden bazıları (SEM/EDX, NAA) daha duyarlı ve özgün olmakla birlikte, daha fazla zaman, maddi imkân ve donanım isteyen yöntemlerdir.⁶

Çalışmamızda, doğrudan cilde isabet eden ateşli silah yaralanmalarında, makroskopik bulgu olmaması halinde dahi atış mesafesi hakkında bir kanıya varılabilmesi amaçlanmış, çalışmada kullanılan dana derisi üzerindeki kılların yoğunluğu ve uzunluk farkı nedeni ile atış artığı dağılımını ve atış artıklarının toplanmasını etkilemesini engellenmek amacıyla atışlar tıraşlanmış deriye yapılmış, çalışma şartlarının homojen olması sağlanmaya çalışılmıştır. Aynı şekilde, her iki kalibre için atışlar aynı silah ve aynı tip mühimmat kullanılarak yapılmış, ortamdaki sıcaklık, nem ve hava akımı koşulları sabitlenmiştir.

Brown ve ark. yaptıkları görüntü analizi çalışmalarında, aynı mesafeden tekrarlanan atışlarda saptanan atış artığı miktarının özellikle yakın atışlarda yüksek değişkenlik gösterdiğini saptamışlardır. Atış artığı miktarlarının mesafe arttıkça azaldığı ifade edilmektedir.^{7,8}

Çalışmamızda hem 9 mm hem de 7,65 mm fişeklerle yapılan atışların değerlendirilmesinde, yakın atışlarda, özellikle kurşun miktarlarının aynı mesafeden yapılan ardışık atışlarda yüksek değişkenlik gösterdiği, bu atışların standart sapma oranlarının yüksek olduğu saptanmıştır. Bu bulgu Neri ve ark.nın⁹ çalışmasındaki sonuçlarla benzeşmektedir.

*Mucha*⁶ SEM/EDX ile yaptığı atış artığı çalışmasında, hedeften 10 cm uzakta frekansı 0,3 olan PbSb, Pb ve Sb partikülleri saptandığını, uzaklığın

aşama aşama artırılması sonucunda 70 cm ve 100 cm de Pb ve PbSb partiküllerinin frekansı 0,1 den aşağı düşerken, Sb partiküllerinin frekansının 0,9'u aştığını belirtmiştir.

Gagliano ve ark.nın¹⁰ AAS kullanarak yaptıkları çalışmada, sadece Pb miktarlarına bakılmış olmakla birlikte, mesafe arttıkça saptanan Pb miktarının azaldığı tespit edilmiştir.

Çalışmamızda, sabit mesafede kurşuna ait miktar dağılımının antimona göre daha geniş bir sınır oluşturduğu, atış mesafesi arttığında kurşun ve antimon miktarlarında azalma olduğu, ancak bu azalmanın özellikle kurşun miktarında belirgin bir şekilde gerçekleştiği tespit edilmiş, atış mesafesi arttıkça atış artıklarında azalmanın meydana gelmesi, benzer çalışmalarda elde edilen bulgularla uyumlu bulunmuştur (Şekil 2, 3).^{6-8,10-12}

Çalışmamızda mevcut yöntem ile yapılan değerlendirmede, atış artıkları dağılımının doğrusal bir karakter göstermediği belirlenmiş, atış sayısının artırılması halinde atış artıkları dağılımının doğrusal bir karakter göstereceğine dair herhangi bir kanıt da tespit edilememiştir.

Çalışmada gerek kurşun (y) gerekse antimon (y) miktarları için cm cinsinden mesafe (x) temel alınarak regresyon modeline göre elde edilen katsayılar uygulanabilecek bir regresyon formülü oluşturulmuştur (Tablo 5).

KAYNAKLAR

1. DiMao VJM. Practical aspects of firearms, ballistics, and forensic techniques. Forensic Pathology. 2nd ed. Washington DC: CRC Press; 2001. p.343-60.
2. Saverio Romolo F, Margot P. Identification of gunshot residue: a critical review. Forensic Sci Int 2001;119(2):195-211.
3. Üner HB, Atasoy S. [Shooting distance determination with Improved Griess Test]. Turk J Forensic Med 1993;9(1-4):97-104.
4. Üner HB. [Gunshot residues]. Turkish J Forensic Med 1993;9(1-4):83-9.
5. Molina DK, Castorena JL, DiMaio VJ. Gunshot residue testing in suicides: Part II: Analysis by inductive coupled plasma-atomic emission spectrometry. Am J Forensic Med Pathol 2007;28(3):191-4.
6. Brozek-Mucha Z. Distribution and properties of gunshot residue originating from a Luger 9 mm ammunition in the vicinity of the shooting gun. Forensic Sci Int 2009;183(1-3):33-44.
7. Brown H, Cauchi DM, Holden JL, Wrobel H, Cordner S. Image analysis of gunshot residue on entry wounds. I--The technique and preliminary study. Forensic Sci Int 1999;100(3):163-77.
8. Brown H, Cauchi DM, Holden JL, Allen FC, Cordner S, Thatcher P. Image analysis of gunshot residue on entry wounds. II--A statistical estimation of firing range. Forensic Sci Int 1999;100(3):179-86.
9. Neri M, Turillazzi E, Riezzo I, Fineschi V. The determination of firing distance applying a microscopic quantitative method and confocal laser scanning microscopy for detection of gunshot residue particles. Int J Legal Med 2007;121(4):287-92.
10. Gagliano-Candela R, Colucci AP, Napoli S. Determination of firing distance. Lead analysis on the target by atomic absorption spectroscopy (AAS). J Forensic Sci 2008;53(2):321-4.
11. Santos A, Magalhães T, Vieira DN, Almeida AA, Sousa AV. 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;28(1):24-30.
12. Zeichner A. Recent developments in methods of chemical analysis in investigations of firearm-related events. Anal Bioanal Chem 2003;376(8):1178-91.