

## YARA BALİSTİĞİ - I KALICI VE GEÇİCİ YARA BOŞLUĞU (KAVİTE) ETKİLERİ

### WOUND BALLISTICS - I EFFECTS OF PERMANENT AND TEMPORARY WOUND CAVITIES

Dr. Ali İhsan UZAR Dr. Bülent GÜLEÇ Dr. Cengiz KAYAHAN Dr. Mustafa Tahir ÖZER  
Dr. Köksal ÖNER Dr. Fahrettin ALPASLAN

**ÖZET:** Mermilerde oluşan Ateşli Silah Yaralanmalarında, mermiye ait balistik özelliklerin, yaranın şiddet ve derinliği üzerine etkilerini araştırmak amacıyla, düşük hızlı tabanca ve yüksek hızlı piyade tüfeği mermilerinin, doku simulanları üzerine etkileri deneysel olarak değerlendirildi. Çalışmada kullanılan 7.65 tabanca mermisinin, kütlesi ile kalıcı kavite oluşturduğu, tüfek mermilerinin ise kalıcı kaviteye ek olarak değişik boyutlarda geçici kaviteye neden oldukları gözlemlendi. Doku simulanları olarak % 10 jelatin ve literatürde ilk kez parafin blok ve izli mermi kullanılarak, statik ve dinamik olarak geçici kavite gösterildi. Yapılan çalışma ile, yüksek hızlı mermilerle oluşan yaralanmalarda, geçici kavitenin yaptığı blast etki sonucu, mermi yolunun çevresindeki dokularda, tedavi seçeneklerinde düşünülmesi gereken ek yaralanmaların olabileceği sonucuna varıldı.

**Anahtar Kelimeler:** Ateşli silah yaralanmaları, yara balistiği, geçici ve kalıcı kavite

**SUMMARY:** Effects of low velocity pistol and high velocity rifle projectiles on simulated tissue was evaluated experimentally in order to determine the role of ballistic features of the bullet on severity and depth of the wound in Firearm Wounds made by bullets. It was observed that the 7.65 pistol projectile which was used in the experiment have created a permanent cavity with its mass and rifle projectile have created temporary cavities in different sizes in addition to permanent one. 10 % gelatine and paraffin first time in literature was used as simulated tissue and both static and dynamic temporary cavities was shown by using guided bullet. By this study we have conclude that, in wounds resulted from high velocity projectiles, due to the blast effect of temporary cavities, additional injuries on tissues around the guide of bullet should be considered in choices of treatment.

**Key Words:** Gun wound, wound ballistic, permanent and temporary cavity.

Ateşli silah yaralanmaları birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler gibi ülkemizde de en sık ölüm nedenlerinden birisidir(1). Ülkemizde kentlerde oluşan yaralanmalardan genellikle düşük hızlı tabanca mermileri, kırsal alanlarda oluşan yaralanmalardan ise, yüksek hızlı piyade tüfeği mermileri sorumludur. Her iki tür mermide delici cisim yaralanmasına neden olmalarına karşın, farklı balistik özellikleri nedeniyle, değişik şiddet ve boyutlarda yaralanmaya neden olurlar (1,2). Mermi balistiğinin bir bölümü olan Yara Balistiği, merminin hedefteki fiziksel hareketlerini ve etkilerini inceler (3,4). Merminin kütlesiyle dokulara çarparak perforasyona neden olması sonucu oluşan Kalıcı Yara Boşluğu (Kavite), mermiden dokuya olan enerji transferi ve basıncı nedeniyle doku ve organların çevreye itilmesi sonucu ortaya çıkan Geçici

Yara Boşluğu (Kavite), yaralanmanın şiddet ve genişliğini etkiler ve Yara Basıtlığının temel araştırma alanlarından birisini oluşturur (2,5,6).

Ateşli silah yaralanmalarına en sık neden olan tabanca ve tüfek mermilerinin kalıcı ve geçici kavite özelliklerini ve yaralama potansiyellerindeki farklılığı belirlemek için bir dizi deneysel çalışma ve bu çalışma ile, ateşli silah yaralanmalarında uygulanacak tedavi yönteminin seçilmesinde, yaralanmaya neden olan merminin ve balistik özelliklerinin önemini gösterilmesi amaçlanmıştır.

#### MATERYAL - METOT

Deneysel çalışma GATA Genel Cerrahi ABD tarafından gerçekleştirildi. Çalışmada 7,65 mm. tabanca, Türk Silahlı Kuvvetlerinin standart piyade tüfeği 7.62x51 mm. G-3, Rus ve Doğu Ülkeleri Silahlı Kuvvetlerinde kullanılan 7.62x39 mm. AK-47 (Kaleşnikov) ve ABD ve Batılı ülkelerde kullanılan 5.56 mm.M-16 piyade tüfeği mermileri

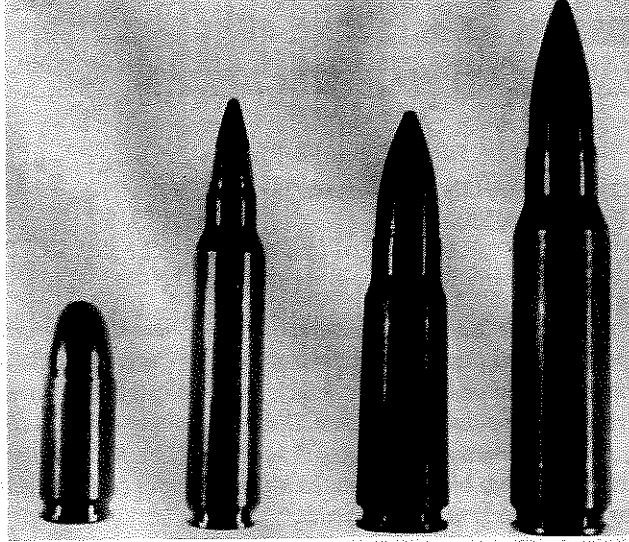
GATA Genel Cerrahi ABD

Yazışma Adresi: Dr. Ali İhsan UZAN

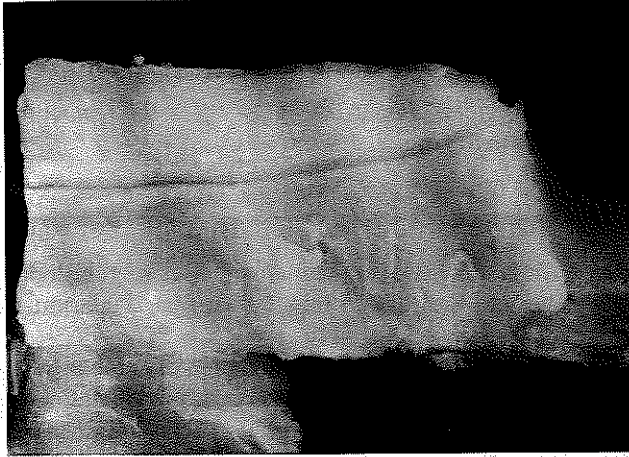
GATA Genel Cerrahi ABD - 06018 Etlik - ANKARA

kullanıldı (Resim 1). Silah atışları Ankara Jandarma Atış Poligonunda ve Konya Karapınar Atış alanında yapıldı. İlk aşamada çalışmaya alınan mermilerin ağırlıkları, çapları ve fotosel cihazı yardımıyla namlu çıkış hızları ve enerjileri belirlendi (Tablo 1).

Resim I: 7.65 mm tabanca, 5.56 mm M-16, 7.62x39 mm AK-47 ve 7.62x51 mm G-3 fişek ve mermileri



Resim II: 7.65 mm tabanca mermisi ve merminin parafin blok üzerinde açtığı kalıcı kavite. Mermi bloğa soldan girmiş ve sağ üst köşede kalmıştır.



İkinci aşamada kalıcı ve geçici yara boşluğu oluşturmak için literatürde ilk kez parafin mum (%70 parafin +%15 sterain +%15 likit parafin) kullanıldı. Soğutulmuş (+ 4°C), 40x25x25 cm. boyutlarında parafin bloğa tabanca ve tüfek mermileriyle 3 metreden atış yapıldı. Atışlar sonucu tabanca mermisinin 8 mm. genişliğinde kalıcı kavite oluşturduğu, yön değişikliği gösterdiği ve giriş yerinden 30cm. uzaklıkta durduğu belirlendi. Ancak geçici kavite gözlenemedi (Resim 2). Piyade tüfekleri ile yapılan atışlarda ise her üç merminin parafin bloğu delerek geçtikleri, yön değişikliği gösterdikleri ve kalıcı kaviteye ek olarak geçici kavite oluşturdukları belirlendi (Resim 3).

Tablo I: Tabanca ve Tüfek mermilerinin fiziksel özellikleri

Silah modeli	7.65T	G-3	AK-47	M-16
Mermi ağırlığı (gr.)	4.5	9.5	7	3.1
Çap (mm)	7.65	7.62	7.62	5.56
İlk hız (m/sn)	240	850	720	1000
Enerji (½ mv <sup>2</sup> joule)	140	3400	1750	1500
Çarpma yüzeyi (mm <sup>2</sup> )	46	45.5	45.5	24
Birim enerji (joule/mm <sup>2</sup> )	3	75	40	62

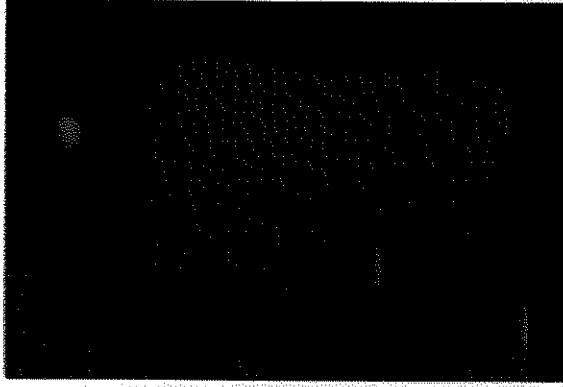
Resim III: Çalışmada kullanılan 3 piyade tüfeği mermisinin oluşturduğu kavite. (Mermiler parafin bloğa soldan girmiş sağdan çıkmıştır.)



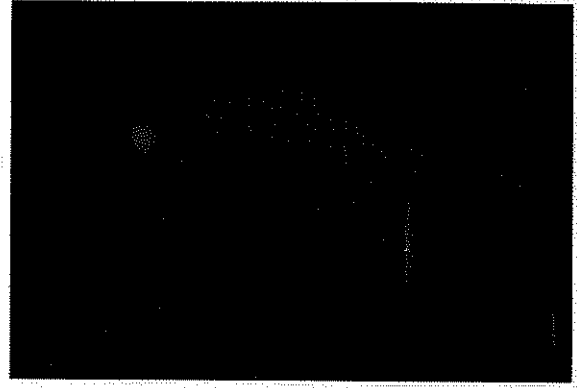
Resim III a) G-3 mermisinin oluşturduğu kalıcı ve geçici kavite b) M-16 mermisinin oluşturduğu kalıcı ve geçici kavite c) AK-47 mermisinin oluşturduğu kalıcı ve geçici kavite

Oluşan geçici kavitenin G-3 mermisinde girişten 15 cm. ileride başladığı, en geniş çapının 14 cm. olduğu ve kavite oluşumu tamamlanmadan 10 cm. çaplı çıkış deliği ile merminin bloğu terkettiği gözlemlendi (Resim 3a). M-16 mermisinde kavite 4 cm. de başladı, en geniş çapı 11 cm. olarak ölçüldü ve kavite 18 cm. de sona erdi. 5 cm. arkasında 7 cm. çaplı ikinci bir kavite oluşturduktan sonra merminin yön değiştirerek bloğu terkettiği belirlendi (Resim 3b). AK-47 mermisinde kavite 11 cm. de başladı en

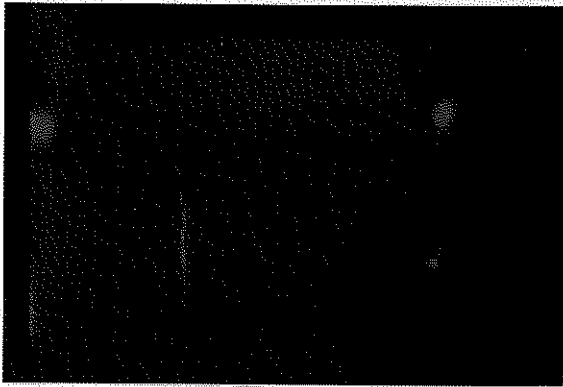
Resim IV: İzli G-3 mermisinin %10 jelatin blok içinde oluşturduğu geçici kavite: a) İzli mermi bloğa yaklaşırken, b) İzli mermi bloğun içinde, c) İzli mermi bloktan çıkarken, d) Geçici kavite oluşumu başlarken, e) Geçici kavite hacmi büyürken, f) Maksimal geçici kavite hacmi



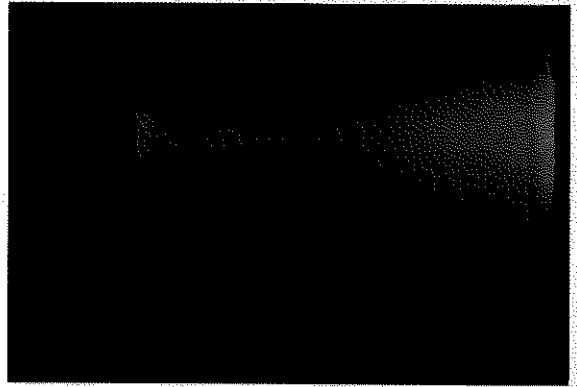
4 a



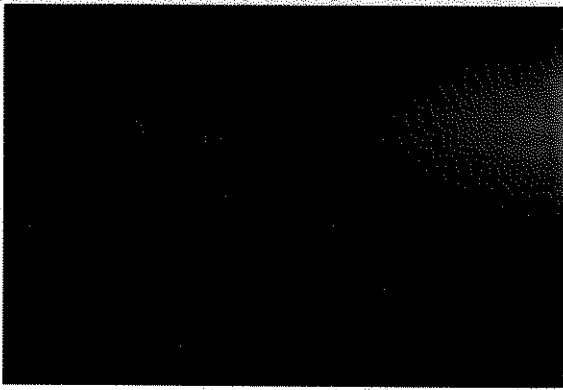
4 b



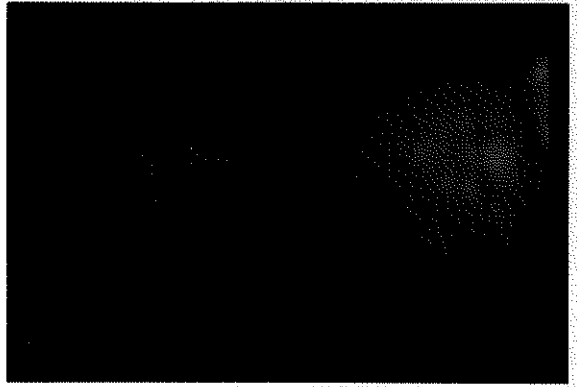
4 c



4 d



4 e



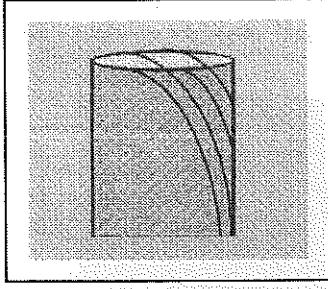
4 f

geniş çapı 13 cm. ölçüldü ve çıkışta kavite sona erdi (Resim 3c). Her üç merminin fotosel cihazıyla belirlenen blok çıkış hızları, G-3 mermisi için 728 m/sn, M-16 mermisi için 590 m/sn ve AK-47 mermisi için 583 m/sn olarak ölçüldü.

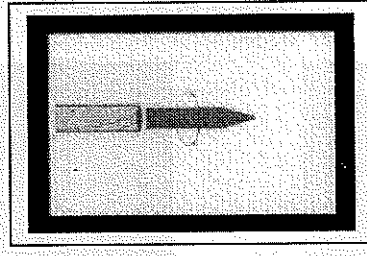
Geçici kavite oluşumunu aşamalı olarak görüntülemek amacıyla +4 derece soğutulmuş % 10 luk Jelatin blok (%90 distile su + %10 toz jelatin ), literatürde ilk kez olmak üzere izli G-3 mermisi ve görüntüleme işlemi için (saniyede 8500 görüntü alan) HYCAM II tipi yüksek hızlı kamera kullanıldı. Yüksek hızda (850 mt/sn.) jelatin bloğa giren merminin 0.60 milisaniyede bloğu terk ettiği ve bunu takip eden 2.4 milisaniye içinde geçici kavitenin 16 cm.lik en üst çapa ulaştığı görüldü (Resim 4 a,b,c,d,e,f).

## TARTIŞMA

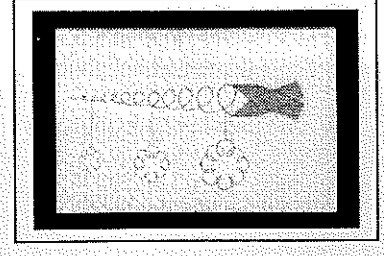
Çalışmamızda kullanılan 7.65 tabanca ve G-3, M-16 ve AK-47 piyade tüfeklerinde yivli namlu kullanılır (7). Yiv, namlu içinde çıkıntı şeklinde görülen spiral tarzda simetrik ve dönerek uzaklaşan, namlunun devamı olarak sert çelikten yapılmış şeritlerdir (7) (Şekil 1). Yivlerden oluşan bu raylı sistem içinde mermi namludan uzun eksenin çevresinde rotasyon hareketi yaparak çıkar (7) (Şekil 2). Normalde yivsiz bir namluda düz olarak fırlatılan sivri uçlu bir mermi hava direncinin oluşturduğu retardasyon kuvveti nedeniyle 2-3 derecelik sapmalar gösterir ve buna bağlı olarak havada düz değil pandüler



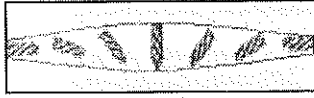
Şekil I: Yivlerin şematik görünümü



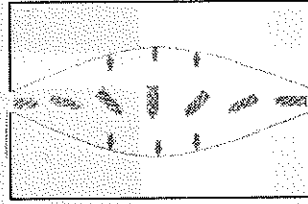
Şekil II: Yiv nedeniyle mermi rotasyonu



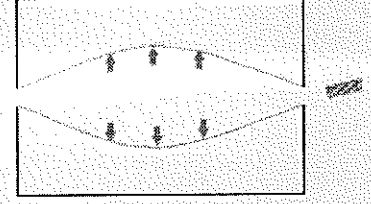
Şekil III: Namlu çıkışında rotasyon etkisi ile mermi düz uçuşa geçişi



Şekil IV: Mermi takla hareketi



Şekil V: Mermiden enerji transferi ve geçici kavite



Şekil VI: Geçici kavite oluşumunun devamı

hareketlerle ilerler (2,3,4). Oysa yivli silahlarda, hızlı rotasyonun mermiyi kazandırdığı jiroskopik etki retardasyon kuvvetini yener, mermi düz uçuşa geçer (2) (Şekil 3).

Mermiye karşı ortamın oluşturduğu retardasyon kuvveti ortamın yoğunluğu ile doğru orantılıdır(2). Havadan (yoğunluk: 1.26 kg /m<sup>3</sup>) 800 kat daha yoğun bir ortam olan su içinde (yoğunluk : 1000 kg / m<sup>3</sup>) oluşan retardasyon kuvveti 800 kat artar ve sonuçta su gibi homojen ortam içinde dahi merminin dengesi bozularak takla hareketine başlar (2,3,4,8) (Şekil 4). Takla hareketiyle farklı ortamlarla karşılaşan merminin yüzey alanı genişler,buna karşın ortamın retardasyon kuvveti artar(2,8). Mermi hız kaybederken,çevreye enerji transfer eder. Mermi 90 derece dönüştüğünde enerji transferi en fazladır(2,8). Transfer edilen enerji çevre ortama basınç olarak yansır. Oluşan bu basınç,merminin kütlesiyle açtığı boşluğa (kalıcı kavite ) ek olarak yeni bir boşluk oluşturur.(geçici kavite) (Şekil 5) Geçici kavite mermi geçtikten sonra da genişlemeye devam eder (2,3,4,8) (Şekil 6).

Yapılan çalışmalarda geçici kavite oluşturan en düşük mermi hızının 350 m / sn olduğu, 750 m/ sn üzerindeki hızlarda ise geçici kavitenin patlama tarzı oluştuğu belirlenmiştir (2). Bu nedenle mermiler hız ve enerjilerine göre sınıflandırılken ; Hızı 350m / sn den az olan mermiler "Düşük Hızlı Mermiler ", 350-750 m /sn arası hıza sahip mermiler; "Hızlı mermiler" ve 750 m / sn' den hızlı mermiler ise "Yüksek Hızlı Mermiler" olarak ayrılır. Çalışmamızda kullandığımız düşük hızlı tabanca mermisinde (240 m /sn) geçici kavite görülmezken,hızlı ve

Yüksek hızlı mermilerde geçici kavitenin oluştuğu gözlemlendi(1,2,9).

Kalıcı ve geçici kavitenin özelliklerini göstermek amacıyla literatürde sabun ve kil blokları kullanılmıştır (5,6,10,11,12). Çalışmamızda,literatürde ilk olmak üzere parafin mum bloklar kullanıldı. Parafin mum bloklar,atış sonrası ısıtılarak sıvılaştırma ve soğutulularak tekrar kullanabilme özelliğinin yanında, kırılma dayanımının daha az ve kavitenin gösterilmesi amacıyla yapılan blok kesitlerinin daha kolay olması nedenleriyle tercih edildi. Yapılan atışlarda parafin bloklarda kalıcı ve geçici kavite sınırları belirgin olarak gösterildi.

Çalışmalarda kullanılan simulanların toplam retardasyon kuvveti; merminin hızı, çarpma yüzeyi ve ortamın retardasyon katsayısı ile doğru,merminin kütlesi ile ters orantılıdır (2,3,4). Ortam ve katsayı sabit olmak şartı ile,çalışmamızda kullandığımız geçici kavite oluşturan üç merminin retardasyon kuvvetleri; G-3 7.62 x51 mermisi için 4080 (45.5 mm2x 850 m / s / 9.5 gr), AK-74 için 4680 (45.5 mm2 x 720 m / s / 7) ve M-16 mermisi için 7740 (24 mm2 x 1000 m / s / 3.1 gr) olarak belirlendi. Elde edilen retardasyon değerinin büyüklüğü,denge bozukluğunun ,enerji transferinin ve geçici kavitenin erken başlamasının bir göstergesidir (2). Bu sonuçlara göre M-16 mermisinin en erken, G-3 mermisinin en geç kavite oluşturması beklenir. Çalışmamızda geçici kavitenin M-16 mermisinde 4 cm' de, AK-47 mermisinde 11 cm' de ve G-3 mermisinde 15 cm' de başladığı görüldü.

Erken kavitenin kısa mesafede başlaması,mermiden ortama olan enerji transferindeki artışa neden olur(1,3,4,5,6,10). Yapılan çalışmalarda 15 cm. kalınlığında



hedeflerde enerji transferi M-16 mermisi için; %34-42, AK-47 mermisi için ; %34-42, AK mermisi için ; %12-14 ve G-3 mermisi için ; %8-10 olarak belirlenmiştir (3,4). Çalışmamızda 40 cm' lik bloklarda , bloktan çıkan mermi hızının fotosel cihazı tarafından ölçülmesi sonucu indirekt olarak belirlenen enerji transferi M-16 mermisi için %64, AK-47 için %32, G-3 mermisi için %26 olarak belirlenmiştir.

Geçici kavite gerçekte vücut dokularında çok kısa süre içinde gerçekleşen 2-4 millisaniye içinde sonuçlanan dinamik ve pulsatif bir olaydır (5,8). Literatürde canlı doku simulanları ile yapılan çalışmalarda en çok bilinen % 10-20 jelatindir(2,3,5,6,8). Yoğunluğunun,vücut yoğunluğuna benzer olması ( 1060-1100 kg/m<sup>3</sup>), elastiki özelliği ve genişleme kapasitesinin bulunması,yarı saydam ve düşük maliyeti nedeniyle dinamik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışmamızda litaretürle benzer olarak %10 jelatin kullanılmıştır.

Literatürde yapılan çalışmalarda karşılaşılan sorunlardan birisi,konvansiyonel kameralarla yüksek hızlı merminin görülebilmesidir. Çalışmamızda,saniyede 11.000 görüntü kapasiteli HYCAM II yüksek hızlı kamera, saniyede 8500 kapasite ile kullanılarak,850 m/ sn hızla giden mermi 10 cm. aralıkla görüntülenmiştir. Ayrıca bakır renkli jelatin blokla aynı renkli mermiyi belirginleştirmek için literatürde ilk kez olmak üzere izli mermi kullanılmıştır. Üzerine ince bir tabaka halinde sürülen Magnezyum bileşiminin havada yanarken parlak bir ışık bırakması nedeni ile yapılan çekimlerde renk farkı belirgin olarak elde edilmiştir. Yaptığımız çalışmada merminin 0.60 millisaniyede bloğu delerek geçtiği,sonrasında oluşan geçici kavitenin 2.4 millisaniyede en üst boyuta ulaştığı gözlenmiştir.

## SONUÇ

Yüksek Hızlı Mermilerle oluşan Ateşli silah yaralanmalarında görülen Geçici Kavitenin (Yara Boşluğu) boyutları,doku simulanları üzerinde gösterilmiştir. Yapılan bu çalışma %10 jelatinle simule edilen, adele,karaciğer,dalak,böbrek gibi parankim organlarda geçici kavite etkilerini belirlemek amacıyla taşımaktadır. Literatürde Yara Balistiği çalışmaları; doku simulan ve canlı hayvan model deneyleri olarak iki ana bölümde toplanmıştır. Çalışmamız in-vitro doku simulan çalışmasıdır. Ateşli silah yaralanmalarında,canlı insan dokularındaki yara özelliklerini değerlendirmek ve

yorumlamak için şüphesiz, canlı hayvan deney çalışmalarına gereksinim vardır. Bu nedenle deneysel çalışmanın ikinci aşaması,hayvan modelleri üzerinde sürdürülmektedir.

Bir ön çalışma niteliğinde olmasına rağmen, gerçekleştirdiğimiz bu deneysel çalışmanın ülkemizde, konusunda yapılan ilk çalışma olarak, ateşli silah yaralanmalarında yara boyutlarının yorumlamasında ve tedavi seçeneklerinin değerlendirilmesi bir rehber olacağı düşüncesindeyiz.

## KAYNAKLAR

1. Ordog GJ, Wasserberger J, Prakash A et al: *Civilian Gunshot Wounds; Determinants of Injury*. J. Trauma. 27:943-947,1987
2. Hopkinson WA,Marshall TK: *Firearm Injuries*. Brit.J. Surg. 4:344-352,1967
3. Berlin R, Janzon B, Ryberk B et al: *Local Effects of Assault Rifle Bullets in Live Tissues, Part II,Acta Chirurgicala Scandinavica*. 477:5-57,1977
4. Berlin R, Gelin LE, Janzon B et al: *Local Effects of Assault Rifle Bullets in Live Tissues*. Acta Chirurgica Scandinavica. 459:3-76,1976
5. Fackler ML, Malinowski JA : *The Wound Profile; A visual Method For Quantifying Gunshot Wounds Components*. J. Trauma . 25:522-529,1985
6. Fackler ML: *Civilian Gunshot Wounds And Ballistics; Dispelling The Myths*. C.I. In Trauma. 16X:17-27,1998
7. Ian V Hogg: *Jane's Infantry Weapons*. 19 th. Edition .1993. Jane's Data Division. Sentinel House , 163 Brighton Road, Coulston CR5 2NH.UK.
8. Copper GJ, Ryan JM : *Interaction of Penetrating Missiles With Tissues; Some Common Misapprehensions And Implications For Wound Management* . Br.J. Surg.77:606-610,1990
9. Ordog GJ, Wasserberger J, Balasubramaniam S : *Civilian Gunshot Wounds- Outpatient Management*. J. Of Trauma . 36: 106-111,1994
10. Fackler ML : *Wound Ballistics; A Review of Common Misconceptions*. JAMA.. 259:2730-2736,1988
11. Fackler ML: *Surinchak JS, Malinowski JA et al: Bullet Fragmentation ; A Major Cause of Tissue Disruption*. J. Trauma .24:35-39,1984
12. Swan KG, Swan RC, Levine MG et al: *The U.S. M-16 Rifle versus the Russian AK-47 Rifle; A Comparison of Terminal Ballistics* Am. Surgeon 49:472-476,1983