

## PENETRAN ATEŞLİ SİLAH YARALANMALARINDA YARA BALİSTİĞİ

Ali İhsan UZAR\*, Gökhan İbrahim ÖĞÜNÇ\*\*

Mustafa Tahir ÖZER\*\*\*



Öz

*Ateşli silah yaralanmalarının mekanizması, tedavi yöntemleri, bireysel balistik koruma ekipmanları ve mühimmat etkinlikleri üzerine bilimsel çalışmaları konu alan Yara Balistiği bilimi, Dr. Theodor Kocher'in çalışmaları ile başlamıştır. Kocher, yaptığı çalışmalarla uluslararası savaş hukukunun da temellerini atmıştır. Modern yara balistiği, hukuk, balistik ve tıp bilimlerinin ortak çalışma alanıdır. Yara balistiği bilimi, bu disiplinler arası yapısından dolayı tüm dünyada farklı alan uzmanlarının bir araya geldiği çalışma grupları veya özelleşmiş enstitüler tarafından çalışılmaktadır.*

*Bu çalışma kapsamında ateşli silah yaralanmalarının üç temel mekanizması üzerinde durulmuştur; Delme (Penetrasyon), Geçici Kavite (Blast Etki) ve Parçalanma. Delme, mermi çekirdeğinin ve şarapnelin dokular üzerindeki ilk ve temel etkisidir. Bir mermi çekirdeğinin dokuyu delebilmesi için dokunun elastikiyet sınırını aşabilecek bir hız ile isabet etmesi gerekmektedir. Bu hıza dokunun "Eşik Hız" değeri denir. Hedefin etkisiz hale gelmesi için mermi çekirdeğinin en az 30 cm uzunluğunda kavite açması gerekir, bu sırada delindiği her bir dokunun eşik hızları toplamı "Kritik Hız" değerini oluşturmaktadır. Her bir dokunun, mermi çekirdeği üzerinde yaralanma özelinde kritik hız sınırı hesaplanmalıdır.*

*Ateşli silah yaralanmasının ikinci önemli mekanizması ise Blast etki sonucu oluşan Geçici Kavite'dir. Bir mermi çekirdeğinin kavite boyunca yer alan dokulara aktardığı kinetik enerji miktarı, blast etkinin ölçeğini belirlemektedir. Blast etki, yüksek kinetik enerjili uzun namlulu ateşli silah mermi çekirdeği yaralanmaları ile kısa namlulu ateşli silah mermi çekirdeği yaralanmaları arasındaki temel farkı oluşturmaktadır. Bu fark, ateşli silah yaralanmasının tedavisinde ve balistik koruyucu ekipmanların tasarlanmasında kritik öneme sahiptir.*

*Çalışma kapsamında ele alınan üçüncü ateşli silah yaralanma mekanizması ise Parçalanma'dır. Mermi çekirdeğinin doku dışında veya doku içerisinde parçalanmasına bağlı olarak yaralanmanın şiddeti artmaktadır. Bu mekanizmaların bilinmesi ile ateşli silah yaralanmalarına müdahale etkinliği artacağı gibi koruma teknolojilerinin de gelişimi de sağlanacaktır.*

**Anahtar Kelimeler:** Yara Balistiği, Ateşli Silah Yaralanmaları, Balistik, Geçici Kavite.

\* Prof.Dr., Genel Cerrah, Harp Cerrahı, Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Türkiye, aihsanuzar@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0889-1496>

\*\* Doç.Dr., Adli Balistik Uzmanı, JSGA Güvenlik Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, gokhan.ogunc@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0344-9818>

\*\*\* Doç.Dr., Genel Cerrah, Harp Cerrahı, Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Türkiye, mtahirozer@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-3055-7016>

## WOUND BALLISTICS IN PENETRATING GUNSHOT INJURIES

### Abstract

*The wound ballistics focus on the treatment methods of gunshot injuries by developing on the personal ballistic protection equipment and increasing the effectiveness of ammunition. The scientific studies of Dr. Theodor Kocher are the initial origin of the modern wound ballistics, and also he formed the basis for the international the international war law with his studies. The modern wound ballistics is a common field of study of law, ballistics, and medicine. Because of this interdisciplinary structure, the science of wound ballistics works together with working groups which constitutes of various scientific field experts and specialized institutes.*

*In this study, three basic mechanisms of gunshot wounds are emphasized; Penetration, Temporary Cavity (Blast Effect) and Fragmentation. Penetration is the first and basic effect of bullet and shrapnel on the tissues. A projectile must be hit by a velocity that can exceed the elasticity limit of the tissue to penetrate the tissue. This impact velocity is called "Threshold Velocity". In order for the target to be incapacitation, the projectile must penetrate the tissue and open the cavity at least 30 cm in length. The sum of the threshold velocities of each of the tissue is a "Critical Velocity". To calculate the critical velocity, the threshold velocities of each tissue should be calculated separately on the projectile and tissue that is along the cavity.*

*The second important mechanism of gunshot injury is the Temporal Cavity resulting from the Blast effect. The amount of kinetic energy that a projectile transfers to tissues along the cavity determines the scale of the blast effect. Blast effect constitutes the main difference between the high kinetic energy rifle bullet and handgun bullet injuries. This difference is critical in the treatment of gunshot wounds and the design of ballistic protective equipment.*

*The third firearm injury mechanism covered in this study is Fragmentation. The severity of the injury increases due to the fragmentation of the projectile outside the tissue or within the tissue. The effectiveness of treatment in firearm injuries will increase and ballistic protection technologies will be improved by analysing these mechanism.*

**Keywords:** Wound Ballistics, Gunshot Injuries, Ballistics, Temporary Cavity.

## GİRİŞ

Tarihçesi 800 yıl öncesine dayanan ateşli silahların, 19 yüzyılın ikinci yarısında büyük gelişme göstermesi ve savaş alanlarında toplu ölümlerin görülmesi sonucu, hekimlerin mermi ve şarapnel etkileri konusunda deneysel çalışmaları başlamıştır. Canlı hayvan ve simulantlar üzerinde yapılan bu çalışmalarda İsviçreli bir cerrah olan Theodor Kocher'in adı kısa süre içinde ön plana çıkmıştır. Geliştirdiği cerrahi teknik ve cerrahi cihazlar yanında, tiroit ve paratiroid üzerine yaptığı çalışmalarla, Nobel Tıp Ödülü alan ilk cerrah

olması gibi iyi bilinen yönleri dışında, Kocher, modern “yara balistiği” biliminin kurucusudur (Fackler ve Dougherty, 1991). Yaptığı deneysel çalışmalar ve klinik gözlemleri sonucu, 1868 St. Petersburg Deklarasyonu ile içerisinde patlayıcı madde içeren ve yumuşak hedeflere isabet ettiğinde patlayarak aşırı yaralanmalara neden olan mermilerin insanlara karşı kullanılmasını; 1899 I. Lahey Barış Konferansı’nda “Dumdum mermisi” olarak bilinen ve hedef içerisine girdiğinde parçalanan, genişleyen, acılı ve ağırlı öldürme potansiyeli yüksek olan özel nitelikteki mermi çekirdeklerinin, savaş alanlarında kullanımının yasaklanması için gereken bilimsel alt yapıyı oluşturmuştur (Greenwood, 2001).



**Şekil-1.** Disiplinler Arası Yara Balistiği (Öğünç, 2013).

Yara Balistiği, uçuş hareketi yapan cisimler (mermi çekirdeği ve saçma taneleri) ile doku arasında meydana gelen etkileşmeyi incelemektedir. Balistik, Hukuk ve Tıp Biliminin birlikte çalıştığı detaylı ve kapsamlı bir disiplinler arası bilim olan yara balistiği, günümüzde harp cerrahisi, kriminalistik, fizik bilimleri ile de yakında ilişkilidir (Kneubuehl,1997).

Kocher’in temelini oluşturduğu modern yara balistiği biliminin iki yönü bulunmaktadır. İlki, ateşli silah yaralanmalarına yönelik etkin tedavi yöntemlerini geliştirmek, öldürücü olmayan veya az öldürücü silah ile mühimmat ve balistik koruyucu vücut zırhlarını geliştirmek. İkinci yönü ise, hedefi acısız ve hızlı şekilde etkisiz hale getirecek silah ve mühimmat geliştirmektir.

Makale kapsamında yara balistiği biliminin temel özellikleri ve ateşli silah yaralanmalarının mekanizmaları açıklanacaktır.

## **1. ATEŞLİ SİLAH YARALARINDA PENETRASYON (DELME) MEKANİZMASI**

Mermi çekirdeğinin veya şarapnelin kütlesi ile dokuları yırtarak ve delerek oluşturduğu “delme” (penetrasyon); merminin ilk ve temel etkisidir (Uzar, Güleç ve ark. 1998-a). Vücuda çarpan mermi çekirdeği ilk olarak cilt dokusu ile karşılaşır, elastik bağ dokusundan zengin deri dokusu, mermi penetrasyonuna karşı ileri derecede direnç gösterir. Vücudun farklı bölgelerindeki deri kalınlığına ve esneme kapasitesine göre değişim göstermekle birlikte bir mermi çekirdeğinin cilt dokusunu delmesi için en az 50-65 m/sn isabet hızına gereksinim vardır (Barach ve Tomlanovich, 1986), (Cooper ve Ryan, 1990).

Penetrasyona karşı vücut dokuları içinde en fazla direnci kemik dokusu gösterir. Mermi çekirdeğinin yassı kemikleri delebilmesi için en az 65-90 m/sn, yuvarlak kemikleri delebilmesi için en az 120-150 m/sn hızda olması gerekmektedir (Barach ve Tomlanovich, 1986), (Uzar, Güleç ve ark. 1998-b). Kas dokusu mermi çekirdeğinin delme hareketine orta derecede dirençlidir. Kas dokusunun direncini artıran faktör, dokunun kendisinden çok, üzerini örten “fasya” tabakasıdır. Bu tabaka karın ön duvarında belirgin ve güçlü, kasık bölgesinde ise en zayıftır. Bu nedenle isabet hızı ileri derecede azalmış mermi çekirdeği aynı hızla isabet ettiğinde karın ön duvarı içinde kalırken, kasık bölgesinden vücut boşluklarına girebilir (Uzar, 2002). Mide ve barsak gibi içi boş organlar duvar yapıları ve hareketli olmaları nedeniyle penetrasyona karşı, kas dokusundan daha dirençlidir (Uzar, 2002). Karaciğer, beyin gibi organlar penetrasyona karşı son derece duyarlıdır. Bir mermi genellikle bu organları bütünüyle delerek dokuyu terk eder (Barach ve Tomlanovich, 1986), (Cooper ve Ryan, 1990).

Bir mermi çekirdeğinin veya şarapnelin bir dokuyu delebilmesi, isabet edilen dokunun elastikiyet sınırını yenebilecek hıza, kinetik enerjiye ve kinetik enerji yoğunluğuna bağlıdır. Her bir dokunun delinebilmesi için gereken minimum hız “Eşik” hız olarak tanımlanmaktadır. Mermi

çekirdeğinin veya şarapnelin kavite boyunca isabet ettiği ve delindiği her bir dokunun eşik hızlarının toplamı “Kritik Hız” olarak tanımlanmaktadır. Örneğin, İnsan vücudunda beyin, kalp gibi ilk anda ölüme neden olabilecek yaşamsal organlar yassı kemiklerle korunmuştur. Mermi çekirdeğinin cilt ve kemik dokusunu delebilmesi için cilt ve kemik dokusunun elastikiyet sınırları “Eşik Hız”, mermi çekirdeğinin beyne ulaşarak tahribat oluşturması için gereken minimal hız sınırı ise ‘Kritik Hız’ olarak isimlendirilir (Uzar, 2002).

Kritik hız ölüme neden olabilecek öldürücü hız sınırının başlangıç noktasıdır. Merminin ağırlığına, yapısına, hedef olan şahsın çocuk veya erişkin olmasına, doku özelliğine göre değişim göstermekle birlikte, kritik hızın en az 80-110 m/sn olduğu kabul edilir (Beat, Robin ve ark. 2011), (Uzar, 2002), (Barach ve Tomlanovich, 1986). Söz konusu kritik hız sınırından yola çıkarak FBI tarafından 1987 yılında gerçekleştirilen Yara Balistiği Çalışmayı sonrasında mühimmat test protokolü hazırlanmıştır. Buna göre bir hedefin etkisiz hale gelmesi için mermi çekirdeğinin hedef içerisinde en az 30 cm delme gerçekleştirmesi gerekmektedir (Sanow ve Sanow, 1992). Kritik hız sınırı özellikle Adli Tıp açısından önemlidir.

Ateşli silahlar ve mermi özelliklerini belirten broşür ve kataloglarda sıklıkla ‘Etkin Menzil’ veya ‘Etkili/Tesirli Mesafe’ deyimine rastlanılır. Havada uçan her mermi yer çekimi nedeniyle hızından bağımsız olarak ortalama çeyrek saniyelik uçuşta 1 foot (30 cm), yarım saniyede 4 feet (120 cm) ve bir saniyede 16 feet (5 metre) yükseklik kaybeder ve mesafenin uzunluğuna bağlı olarak nişan alınan yerin daha altına çarpar (Heard, 2008). Piyade tüfeklerinde bu durum göz önüne alınarak uzun mesafeli atışlarda namluyu hedef noktadan daha yukarı kaldıran nişangahlar ve dürbünler bulunur. Ancak Luger 08, Bochard C60 1914 Model Browning yarı otomatik tabancaları dışında genellikle bu sistem yoktur, silahlar 25 metreye sıfırlanmıştır ve atıcı 1 metre ile 25 metre arasına aynı şekilde nişan alır veya kullanıcının deneyimine göre namluyu hedeften biraz kaldırır. Bu durumda mermi çekirdeği her iki mesafedeki hedef üzerinde farklı yerlere isabet eder. Oluşan yükseklik kaybının tolerans sınırı genelde 20-30 cm’dir. Bu miktardaki yükseklik kaybını tabanca mermileri 60-75 metre içinde

gösterirler ve genellikle bu mesafe tabanca mermileri için etkin menzil olarak kabul edilir (Heard, 2008).

Etkin menzil, ateşli silahın üzerindeki mevcut nişangah sistemiyle nişan alınarak istenilen noktanın vurulabildiği mesafedir. Bu mesafe tabancalar için aynı zamanda sıfırlama mesafesi de olan 25 metredir. G3 piyade tüfeği için etkin menzil, ayarlanabilir gez vasıtasıyla en son 400 metredir. Silaha takılacak bir dürbün ile bu mesafe arttırılabilir. (Öğünç, 2013). Fakat terminolojik bu deyim genellikle ‘öldürücü menzil’ olarak yanlış yorumlanır ve uzun mesafelerden oluşan ölüm ve yaralanmalarda hukuksal sorunlara neden olur. Oysa 50-75 metre içinde tabanca mermileri hızlarının ancak %10’ unu kaybeder (Sanow ve Sanow, 1992). Ülkemiz koşullarında sivil toplumda sayıları hızla artan tabancaların önemli bir kısmı 9 mm çapında güçlü silahlardır ve 350 metre içinde kafatası ve göğüs yaralanması sonucu ölüme neden olabilirler (Di Maio, 2015). Öldürücü menzil tanımının literatürdeki karşılığı “Etkili/Tesirli Menzil” tanımıdır. Mermi çekirdeğinin, Cilt+Kas+Kemik dokusunu delerek vücut içerisinde asgari 30 cm derinliğinde kavite açarak, hayati organlara ulaşabileceği “Kritik Hıza/Kritik Enerjiye” sahip olduğu en son mesafedir. Bu mesafe, silah ve kullanılan mühimmatta bağlı olmakla birlikte hedefte mermi çekirdeğinin isabet ettiği noktaya da bağlıdır (Öğünç, 2013).

Av tüfekleri, teorik olarak av amaçlı yapılmalarına rağmen son yıllarda özellikle kısa namlulu, otomatik ve yarı otomatik pompalı çalışma sistemlerine sahip modellerin yaygın olarak üretilmesi, bu silahların adli olaylarda kullanımını artırmıştır. Bu nedenle birçok ülkede, av tüfeklerinin ruhsat şartlarını yivli-setli diğer ateşli silahlar gibi zorlaştırmıştır. Ülkemizde ise 2521 Sayılı Avda ve Sporda Kullanılan Tüfekler, Nişan Tabancaları ve Av Bıçaklarının Yapımı, Alımı, Satımı ve Bulundurulmasına Dair Kanuna göre av tüfeklerinin edinilmesi diğer ateşli silahların edinilmelerine ve ruhsatlandırılmalarına göre daha kolaydır.

Av tüfekleri “düşük hızlı” mermi grubu içinde yer almalarına karşın, gerçekte namlu çıkış hızları tabanca mermilerine göre daha yüksektir (400 m/sn) (Breitenecker, 1969). Av fişekleri içerisinde yer alan saçma taneleri,

çap ve yapılarına göre farklı delme (penetrasyon) özelliğine sahiptir. Çapları 3,5 mm'den küçük saçmalar kuş saçması (birdshot) olarak isimlendirilir. Saçma tanesinin çapına bağlı olarak her bir av fişegi içinde 20-1200 arası saçma tanesi bulunabilir. Kuş saçması da olsa, av tüfekleri ilk 5-10 metre içinde kullanımda olan bütün piyade tüfeklerinden daha büyük etki göstererek 10-25 cm çapında geniş yaralanmaya ve çoklu organ tahribatına neden olurlar (Wasserberger ve Balasubramaniam, 1988). Dokuların içine giren yüzlerce saçma tanesi, tabanca ve piyade tüfeği mermisine oranla dokuya daha çok kinetik enerji transfer ederek tahribatın şiddetini artırır. Ayrıca bu saçma tanelerinin her biri bağımsız bir mermi çekirdeği gibi davranarak yaralanan organ sayısını ve aynı organda meydana gelen perforasyon (delip geçme/ tam delinme) sayısını yükseltir (Breitenecker, 1969), (Wasserberger, 1988). Domuz saçması olarak halk arasında bilinen buckshot, (geyik saçması), 4-12 mm arasında 9 değişik çapta üretilmektedir. Her bir saçma tanesi için etkileri, küçük çaplarda tabanca, büyük çaplarda piyade tüfeği mermi çekirdeğinin etkisi ile kıyaslanabilir. Av tüfeklerinde atılan fişeklerin, adli olaylarda av tüfeklerinin kullanımının ortaya koyduğu bir diğer önemli tehdit ise, yivli-setli ateşli silahlardan farklı olarak çok çeşitli özel şekil ve nitelikteki nesneyi atabilen bir namluya sahip olmalarıdır. Örnek vermek gerekirse, kişiler av fişeginin ölçülerine uygun olmak kaydıyla istedikleri ebatta ve şekilde kurşun nesnelere kendileri hazırlayarak av fişeginin içerisine yerleştirebilirler. Bu sayede yaralama potansiyeli çok yüksek, uzun menzile gidebilen ve hedef içinde parçalanabilen özel mermi türlerinin üretilmesi mümkündür.

Şarapneller, top mermilerinde, el bombalarında ve günümüzde el yapısı bombalarda kullanılan, parça tesiri amaçlı çelik veya kurşundan imal edilen, düzenli veya düzensiz şekilleri olan ve klasik savaşlarda istatistiksel olarak en fazla yaralanmaya neden olan özel şekil ve nitelikli nesnelere (Giannoun ve Baldan, 2010), (Trouwborst A, Weber BK, ve ark.1987). Şarapnellerin ağırlıkları 0,1-2 gram, çap ve uzunlukları 1-5 mm arasında değişmektedir. Top mermileri veya bombalar hedef üzerinde patlayarak çevreye çok sayıda şarapnel yayarlar. Düşük çap, uzunluk ve ağırlıklarına rağmen şarapnellerin ilk hızları piyade tüfek ve tabancalardan çok daha fazladır (1200-1500 m/sn). Ancak aerodinamiğe uygun olmayan yapı ve düşük ağırlıkları nedeniyle kısa

mesafe içinde hız kaybederler. Fakat patlama merkezinden itibaren ilk 25-40 metre içinde cilt ve kemik dokusunu delebilecek kritik hız sınırına sahiptirler. Bu nedenle bu şarapnel 50-80 metre çapındaki daire içinde öldürücü kabul edilirler (Hodalic, Svagel, ve ark.1999), (Uzar, 2002).

Şarapnel ilet benzer etki gösteren bir diğler silah grubu da havall silahlar ve bunların mühimmatı olan diabolldir. Özellikle ülkemizde ergenlik döneminde çocuklar tarafından bir oyuncak gibi kullanılan havall silahların satışı, taşınması ve kullanılmasına ilişkin yasal bir sınırlama bulunmamaktadır (Öğünç, Özer, ve ark. 2014). Günümüzde kullanılan havall silah diabollderi 4,5 mm (.177 cal.), 5,08 mm (.20 cal.), 5,58 mm (.22 cal.) ve 6,35 mm (.25 cal.) olmak üzere dört farklı çapta 0,74 gram ile 2 gram arasında değışen ağırlıklarda üretilmektedir. Söz konusu diabollderin namlu çıkış hızları ise 100 m/sn ile 300 m/sn arasında değışebilmektedir. Söz konusu bu hız değıerleri özellikle çocuklar için geçerli olan kritik hız sınırının üzerindedir ve cilt ile adale dokusunu rahatlıkla delebilir (Öğünç, 2014), (Digiulio, Kulick, ve ark. 1985).

İnsan vücudunda penetran yaralanmalara karşı en duyarlı organ gözlerdir. 50 m/sn hızla göze çarpan diabol göz dokularında perforasyona neden olabilir (Bratton SL, Dowd MD, ve ark. ,1997). Çoğu silah gibi havall tüfeklerde de yaşanan gelişmeler neticesinde 300 m/sn hıza erişen diabollderi, 230 m/sn ile 260m/sn arasında namlu ağız hızı olan 7,65×17mm çapındaki mermi çekirdeklerinden daha etkili hale gelmiştir. Bu nedenle havall tabanca ve tüfekler bir oyuncak değıil, çocukların elinde sorumsuzca gezen tehlikeli ve öldürücü bir silahtır, yasalarda bu yönde düzenlemeler yapılmalıdır (Öğünç, Özer ve ark. 2014).

Mermi çekirdeğı, saçma tanesi veya şarapnel, belirli bir hızla cildi delerek vücut dokuları içerisinde ilerlerken kütlesi ile dokuları yırtarak veya yer değıştirterek arkasında, ateşli silah yaralanmasının ikinci mekanizması olan “Kalıcı Kavite” olarak bilinen yara yolunu (traje) oluşturur (Fackler, Malinowski, 1985), (Di Maio, 2015). Bir nesnenin delme gücünü, sahip olduğı kinetik enerji miktarı ( $\frac{1}{2} m.v^2$ ) belirler ve ağırlık kilogram, hız saniyede metre olarak alınır, birim sonuç Joule olarak tanımlanır (Uzar,



Güleç ve ark. 1998-a), (Barach ve Tomlanovich, 1986), (Cooper ve Ryan, 1990). Kinetik enerjinin, mermi çekirdeği hızının karesi oranında artması nedeniyle genellikle ateşli silah ve mermi çekirdeği tasarımında namlu ağzı hızı ön plana çıkar. Bu duruma örnek olarak aynı çap (9,63 mm) ve aynı ağırlıkta (9,10 gram) olan iki mermi çekirdeğini ihtiva eden .38 Special ile .357 Magnum fişeklerinin karşılaştırılmasında; .38 Special fişeginde 0,43 gram barut bulunurken, .357 Magnum fişeginde 0,76 gram barut bulunmaktadır. Her iki fişekte aynı silahtan atıldığında barut miktarındaki farkın namlu ağzı hızına ve kinetik enerji miktarına yansımaları; .38 Special fişeginin hızının 249 m/sn, kinetik enerjisinin 282J olduğu, .357 Magnum fişeginin hızının 369 m/sn, kinetik enerjisinin 619J olduğu görülmektedir (DeMUTH, 1974).

Fakat bir merminin etkisini belirleyen tek faktör sahip olduğu kinetik enerji miktarı değildir. Mermiler arasındaki enerji farkı matematiksel olarak yara yolu uzunluğuna yansımaz. Örneğin 7,62×51mm piyade tüfeği mermisinin (NATO M80 KE: 3.572J) kinetik enerjisi, 9×19mm (KE: 533J) tabanca mermisine oranla yaklaşık olarak 6 kat daha fazladır. Ancak kinetik enerji miktarındaki bu oransal fark, karın bölgesine isabet eden ve yumuşak dokularda kavite oluşturarak vücudu delip geçen 9×19 mm çapındaki bir mermi çekirdeğine karşın, sahip olduğu kinetik enerji miktarı dikkate alınarak yumuşak dokularda kavite oluşturan 7,62×51 mm çapındaki bir mermi çekirdeğinin art arda 2'den fazla insan vücudunu perfore edebilmesi beklenemez.

## **2. ATEŞLİ SİLAH YARALARINDA BLAST ETKİ ve GEÇİCİ KAVİTE MEKANİZMASI**

Ateşli silah yaralanmasının şiddet ve derinliğini belirleyen en önemli etken mermiden dokuya olan enerji transferidir (Fackler,1988), (Barach ve Tomlanovich, 1986), (Uzar, Güleç ve ark. 1998-a). Mermi çekirdeğinin sahip olduğu kinetik enerjiden dokulara transfer edilen ve delme hareketi sırasında harcanan kinetik enerjiye, 'Etkili Kinetik Enerji' denir (Formül-1) (Fackler,1988), (Barach ve Tomlanovich, 1986), (Uzar, Güleç ve ark. 1998-a), (Cooper ve Ryan, 1990).

$$KE_E = 1/2 \cdot m \cdot (V_{isabet} - V_{Çıkış})^2$$

**Formül-1.** Etkili Kinetik Enerji Değeri

Mermi çekirdeğinden dokuya aktarılan etkili kinetik enerji; mermi çekirdeğinin hızının yanında, ağırlığı, şekil ve dizaynı, yapıldığı metal ve yaralanan dokunun özelliğine göre farklılık gösterir ve mermi çekirdeğinin dokuda vereceği hasarın şiddetini belirler (Barach ve Tomlanovich, 1986), (Uzar, Güleç ve ark. 1998-a), (Cooper ve Ryan, 1990). Tabanca ve piyade tüfeği mermilerinde dokuya aktarılan enerji transferleri yukardaki değişken faktörlere bağlı olarak % 20-100 arasındadır.

Kalıcı kavite genişliği, mermi çekirdeğinin veya şarapnelin çapı ile uyumlu olarak cilt, kas, bağırsak, akciğer, kemik dokusu ve doku simulantlarında genellikle, tabanca mermisi çekirdeği için 7-10 mm, şarapnel için 2-5 mm arasında değişir. Blast etki, kinetik enerji değerlerinin az olmasından dolayı tabanca mermi çekirdekleri ve şarapnel parçaları, doku üzerinde ağırlıklı olarak kütleleri ile delme ve yırtma hareketleri sonucunda tahribata neden olurlar (Barach ve Tomlanovich, 1986), (Uzar, Güleç ve ark. 1998-a), (Cooper ve Ryan, 1990). Etkilenen doku veya organın yaşamsal fonksiyonlarına göre yaralanmanın şiddet, boyut ve sonuçları değişir. Tabanca mermisine bağlı yaralanmalarda, ölüm oranları, kafatası yaralanmasında % 60-80, önden göğüs yaralanmalarında %30, yandan göğüs yaralanmalarında %40-45 ve karın yaralanmalarında %10-14 'dür (Uzar, 2002), (Trouwborst A, Weber BK, ve ark.1987).

Piyade tüfeği mermilerinde kalıcı kavitenin genişliği, vücut dokularının özelliği, kavitenin uzunluğu ve doku içinde harcanan enerji oranına göre farklılık gösterir. Piyade tüfeği mermileri sahip oldukları yüksek kinetik

enerjinin büyük kısmını geçici kavite oluşturmak için harcarlar. Genel olarak “Blast Etki” olarak bilinen geçici kavite, mermi çekirdeğinin yumuşak dokular içinde oluşturduğu basınç dalgaları ile meydana gelir (Peters ve Sebourm, 1996), (Fackler, 1986) (Uzar, 2002).

Günümüzde kullanılan sivil ve askeri amaçlı kısa ve uzun namlulu ateşli silahların namlularında “Yiv-Set” olarak isimlendirilen ve mermi çekirdeğinin havadaki hareketi sırasında denge için ihtiyaç duyacağı açısal hızı sağlayan girinti ve çıkıntılar bulunmaktadır. Mermi çekirdeğinin namludaki hareketi sırasında kazanacağı açısal hızı 80.000-120.000 devir/dakika arasındadır. Bu hız, tam kapasite çalışan içten yanmalı bir motorun ürettiği açısal hızdan yaklaşık olarak on kat daha fazladır (Peters ve Sebourm, 1996), (Fackler, 1986) (Uzar, 2002).

Mermi çekirdeği ile namludaki yiv-setler arasındaki boşluktan sızan yüksek sıcaklık ve basınçlı barut gazı, mermi çekirdeğinden önce namluyu terk ederek namlu ağzından itibaren yaklaşık 30 – 100 cm mesafede türbülanslı bir ortam oluşturur. Mermi çekirdeğini terk ettiği anda söz konusu türbülanslı bölgeden geçer. Bu sırada mermi çekirdeğinin dengesi bozulur ve uçuş hattından  $1^{\circ}$  –  $12^{\circ}$  arasında sapma gerçekleşir.

Mermi çekirdeğinin havada dengeli olarak hareket edebilmesi için kendi eksenini etrafında dönmesinin sağlanarak açısal hız ve statik dengenin (SD) (Jiroskopik) kazandırılması gerekir. Statik denge; namludaki yiv-setin mermi çekirdeğine kazandırdığı açısal hızının “ $w$ ”, barutun yanmasıyla açığa çıkan doğrusal hızına “ $v$ ” oranıdır. Statik dengenin sağlanması için açısal hız ile doğrusal hız arasındaki oranın 1’e yakın, ancak 1’den büyük bir değer olması gerekmektedir. SD değeri 1’e (Formül-2) yaklaştıkça mermi çekirdeğinin Jiroskopik dengesi de artar (Rinker, 2005).

$$S_D = \left(\frac{I_x}{I_y}\right) \cdot \left(\frac{w \cdot d}{v_W}\right)^2 \cdot \left(\frac{2 \cdot I_x}{\rho \cdot \pi \cdot d^5 \cdot C_{Ma}}\right) > 1 \quad \dots \quad S_D = \frac{w}{v} > 1$$

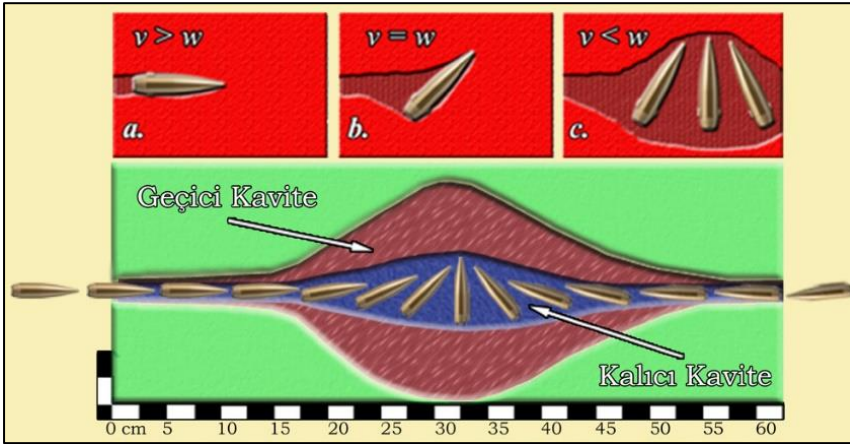
**Formül-2.** Statik Denge Formülü (Nennstiel, 1999).

Mermi çekirdeği namluyu terk ettiği sırada (namlu ağzında), sahip olduğu doğrusal hızı, açısal hızından daha fazladır. Bu durumda “SD” değeri 1’den küçük ve mermi çekirdeği dengesizdir. Namludan uzaklaştıkça daha fazla hava direnci ve yerçekimine maruz kalan mermi çekirdeğinin, doğrusal hızı “v” sürekli olarak azalacaktır. Bu sayede “SD” değeri artarak 1’e yaklaşacak ve mermi çekirdeğinin uçuş hattında Jiroskopik dengeye ulaşması sağlanacaktır.

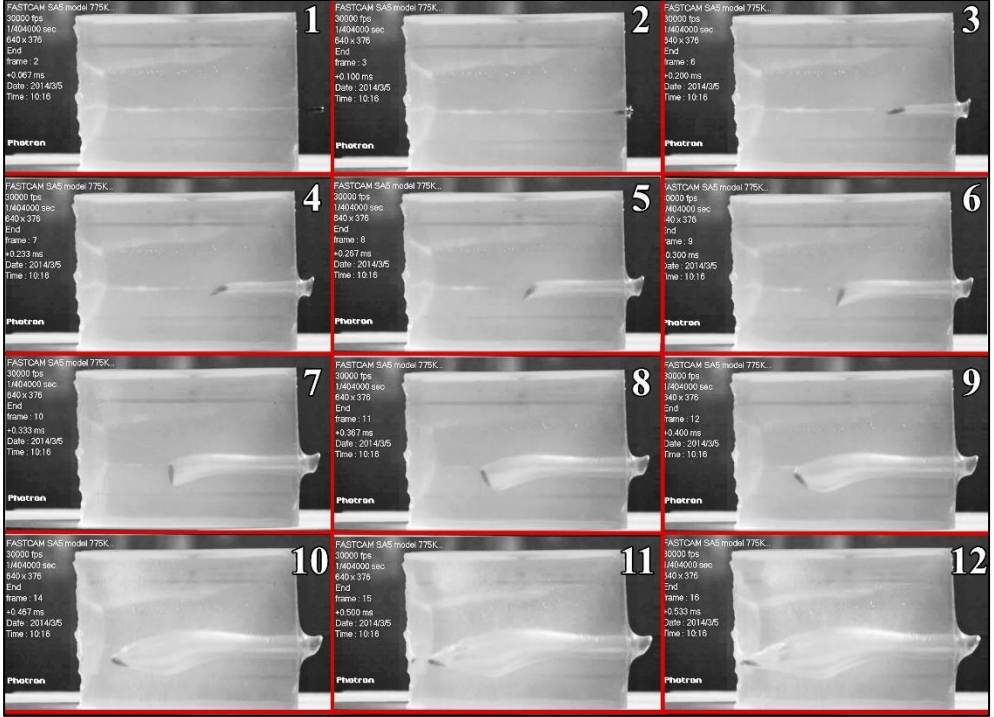
Havada statik denge konumunda hareket eden mermi çekirdeği, hedef dokuya isabet ettiğinde heterojen yoğunluk değerlerine ve elastikiyet sınırlarına sahip dokular ile karşılaşır. Düşük yoğunluktaki havadan (1,18 kg/m<sup>3</sup>) yaklaşık 800 kat daha yüksek yoğunluklu (ortalama yoğunluk 1.060 kg/m<sup>3</sup>) dokuya isabet ettiğinde mermi çekirdeği ani şekilde doğrusal hızını ve kinetik enerjisini kaybedecektir. Mermi çekirdeğinin doğrusal hızının birden bire azalması durumunda yüksek açısal hızından dolayı “Aşırı Denge” konumuna geçer.

Havada belirli bir denge içinde uçan mermi, vücut dokularına girdiği anda düzensiz olaylarla karşılaşır. Merminin uçuşu sırasında karşılaştığı direnç kuvveti, ortamın yoğunluğu ile doğru orantılı olarak artış gösterir. Düşük yoğunluklu hava (1.18 kg/m<sup>3</sup>) içinde mermiyi dengede tutan Jiroskopik etki baskındır. Havadan 800 kat daha yoğun vücut dokularında (1060 kg/m<sup>3</sup>) merminin karşılaştığı direnç kuvveti de aynı oranda artar (Uzar, Dakak ve ark. 2003-b). Bu ani frenlemenin sonucu olarak mermi çekirdeği ekseninde 2° – 4° derecelik bir sapma gerçekleştirir. Bu sapma değeri ilk

bakışta küçük ve tolere edilebilir nitelikte olduğu değerlendirilirken, söz konusu sapma mermi çekirdeğinin doku içerisinde takla atmaya başlaması için yeterlidir. Takla hareketi ile mermi çekirdeğinin doku içerisinde karşılaştığı direncin şiddeti ile bu direnci yenmek için harcadığı kinetik enerji miktarı da değişmektedir. Mermi çekirdeği en düşük kesit alanının olduğu uç kısmı ile dokuya isabet ettiğinde birim alana uyguladığı kinetik enerji miktarı yoğunluğu yüksektir; bu sayede daha az dokuya daha az enerji aktararak hedef derinliklerine ulaşabilecektir. Takla ile birlikte ( $0^\circ - 90^\circ$ ) (Şekil-2 ve Şekil-3) mermi çekirdeğinin dokuya temas eden yüzey alanı genişler ve kinetik enerji yoğunluğu azalır. Bu durumda dokuyu delebilmek için mermi çekirdeğinin daha fazla kinetik enerjisi dokuya aktarması gerekmektedir. Bir başka ifade ile ağırlık ve hız değişkenlerini sabit bırakmak kaydıyla, dokuyu uç kısmı ile delen bir mermi çekirdeği ile takla atan bir mermi çekirdeğine dokunun uygulayacağı direnç 8 – 10 kat arasında artacaktır; buna bağlı olarak mermi çekirdeğinin doku içerisinde harcayacağı kinetik enerji miktarı da aynı oranda artacaktır (Peters ve Sebourm, 1996), (Fackler, 1986), (Öğünç, 2013).



**Şekil-2.** Mermi Çekirdeğinin Doku İçerisinde Statik Dengeyi Kaybetmesi ve Geçici Kavitenin Oluşumu (Öğünç, 2013).



**Şekil-3.** 7,62×51mm Mermi Çekirdeğinin Balistik Mum Yumuşak Doku Simülantı İçerisinde Statik Dengesini Kaybetmesi ve Takla ile Geçici Kavitenin Oluşumuna Ait Yüksek Hızlı Kamera Görüntüsü (Uzar Aİ. Özer T. ve Ögünç G. Yara Balistiği Deneylelerine Ait Görüntü, 2015)

Mermi çekirdeğinin doku içerisindeki hareketi sırasında sahip olduğu kinetik enerji miktarının ancak %1'i ısı enerjisi olarak harcanır. Ayrıca, havadaki hareketi sırasında yüzey sıcaklığı  $110^{\circ}$  –  $150^{\circ}$  olan mermi çekirdeğinin dokular içerisinde 1/500 saniye içinde oluşturduğu termal etki önemsiz derecede azdır (DiMaio, 2015). Bu nedenle bitişik atışlardaki barut gazı yanıkları hariç, bir mermi çekirdeği dokuları yırtarken, yanık etkisi göstermez (Fackler, 1988), (Uzar, Güleç ve ark. 1998-a), (DeMUTH, 1974).

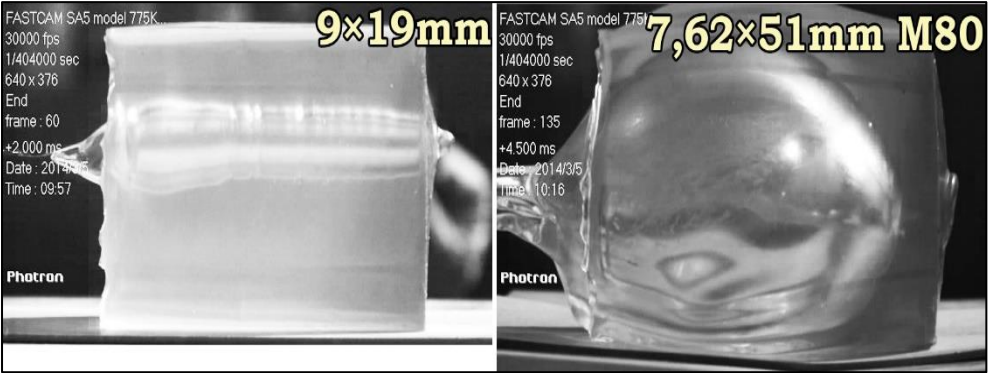
Mermi çekirdeği tarafından dokuya aktarılan kinetik enerjinin %99'u basınç dalgaları oluşturur. Dokuya aktarılan kinetik enerji miktarı arttıkça,

kavite etrafındaki dokular, kavite merkezinden dışarıya doğru uzaklaşır ve geçici kaviteyi (Temporary Cavity) oluşturur. Geçici kavite mermi çekirdeğinin dokunun içerisinden geçmesinin akabinde oluşmaya devam eder ve milisaniyeler (3-4 milisaniye) içerisinde çökerek daimi kavite şeklini alır (Cooper ve Ryan, 1990), (Peters ve Sebourn, 1996). Geçici kavite oluşumunu sağlayan basınç dalgasına Blast Etkisi ismi verilmektedir. Mermi çekirdeğinin çapı ile boyu arasındaki oran arttıkça, takla hareketine bağlı olarak darbe yüzeylerindeki fark ta artar, bu nedenle çapı ile boyu arasındaki fark az olan tabanca mermi çekirdeklerinin geçici kavitesi ile çapı ile boyu arasındaki oran fazla olan tüfek mermi çekirdeklerinin geçici kavitesi arasında çok belirgin fark görülmektedir. Geçici kavitenin çapı, kalıcı kavitenin çapından daha geniştir (Peters ve Sebourn, 1996), (Fackler, 1986), (Uzar, Dakak ve ark. 2003), (Öğünç, 2013).

Geçici kavitenin başlama, maksimum hacme ulaşma ve sona erme mesafesini mermi çekirdeği ve dokuya ait özellikler belirler. Şarapnellerin meydana getirdiği geçici kavite önemsiz derecede küçüktür. Bunun sonucu olarak kaviteye duyarlı karaciğer ve beyin dokuları ve yumuşak kas dokularında şarapneller kendi kütlesi ile delme etkisi gösterirler (Uzar, 2002). Şarapneller, sahip olduğu kinetik enerjii dokuda kısa mesafe içerisinde kaybetmeleri nedeniyle genellikle doku içinde kalırlar ve 5 mm çapında giriş deliğinden başka sıklıkla çıkış delikleri yoktur (Fackler, Malinowski, 1985), (Bratton, Dowd ve ark. 1997), (Hodalic, Svage ve ark. 1999).

Tabanca mermi çekirdeklerinde doku içine girişten hemen sonra başlayan 2-3 cm genişliğindeki geçici kavite, 10-12 cm ilerde çok belirgin olmayan genişleme gösterir (Uzar ve Dakak, 2003-a). Kas dokusunda birkaç milisaniye süren bu genişleme kolaylıkla tolere edilir ve doku, geride belirgin bir tahribat bırakmadan çökerek daimi kavite şeklini alır. Tabanca mermilerinin cilt dokusu üzerindeki giriş delikleri, çaplarından biraz küçük ve düzenli, çıkış delikleri ise girişe göre daha büyük ve düzensiz kenarlıdır (Heard, 2008), (DiMaio, 2015).

Gerek NATO gerekse eski Varşova Paktı üyesi devletlerin ordularında ana piyade silahı çapı 7,62mm'dir. Söz konusu çaptaki mermi çekirdeğinin neden olduğu geçici kavite, giriş deliğinden itibaren 10 – 12 cm mesafeden itibaren oluşmaya başlar, 20 – 22 cm mesafede ise geçici kavitenin çapı maksimum değeri olan 15 – 25 cm'ye ulaşır. Doku içerisinde takla atarak ilerleyen mermi çekirdeği, 45cm genişliğindeki hedefi, giriş açısına göre 180° dönmüş olarak dip tablası önde şekilde terk eder (Şekil-4) (Fackler, 1998), (Uzar, Güleç ve ark. 1998-b) (Knudsen ve Theilade, 1993). Bu nedenle çapı 10 cm'den daha küçük olan kol ve bacak gibi hedeflerde piyade tüfeği mermi çekirdekleri blast etkiyi göstermez (Uzar, Güleç ve ark. 1998-a), (Uzar, Güleç ve ark. 1998-b).



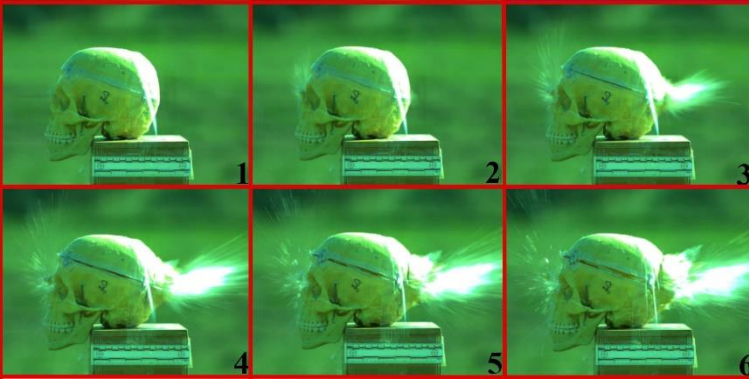
**Şekil-4.** 9×19mm ve 7,62×51mm Mermi Çekirdeklerinin Balistik Mum İçerisinde Oluşturdukları Maksimum Geçici Kavitenin Yüksek Hızlı Kamera Görüntüsü (Uzar Aİ. Özer T. ve Ögünç G. Yara Balistiği Deneylerine Ait Görüntü, 2015)

Kemik dokusuna çarpmamak ve sadece yumuşak dokulardan dik olarak geçmek şartıyla piyade tüfeği mermi çekirdeğine bağlı küçük boyutlu kol ve bacak yaralanmalarında çok büyük deformasyon görülmez (Uzar ve Dakak, 2003-b). Mermi çekirdeği giriş deliğine oranla daha geniş çapta ve düzensiz kenarlı çıkış deliği ve kavite oluşturarak dokuyu terk eder. Ancak bacak yaralanması, diz üzerinden giren ve açılı olarak bacağı uzunlamasına geçerek kalça kaslarına yakın çıkış yarası oluşturan ve bacak boyu kavite oluşturan bir



mermi çekirdeği ile meydana gelmişse, blast etki kalın bacak kasları içinde gerçekleşerek geniş çaplı geçici kavite meydana getirir. (Uzar, Güleç ve ark. 1998-b), (Uzar ve Dakak, 2003-b).

Beyin dokusunun kan damarları açısından zengin, yumuşak ve kırılğan olması ve kafatası tarafından küre şeklinde çevrelenmiş bulunması, blast etki sonucunda geçici kavite etkisinin çok belirgin olarak görülmesine neden olur (Şekil-5) (Uzar, 2002), (DiMaio, 2015).



**Şekil-5.** 7,62x51mm Mermi Çekirdeğinin İçerisinde Beyin Simülantı olarak Balistik Mum Bulunan Kafatası Simülantında Oluşturduğu Geçici Kavitenin Yüksek Hızlı Kamera Görüntüsü (Uzar Aİ. Özer T. ve Ögünç G. Yara Balistiği Deneylerine Ait Görüntü, 2014)

Mermi çekirdeğinin kafatası kemiklerinden geçişi sırasında dengesinin bozulması ve deforme olması sonucu kavite etkisi dokuya giriş sonrası erken dönemde başlar. Piyade tüfeği mermi çekirdeğine bağlı yaralanmalarda kafatasının hacim kapasitesi, geçici kavite ve genişleyen beyin dokusunun çok altında kalır ve oluşan basınç sonucu genellikle kafatası kemikleri parçalanır. Yakın mesafeden gerçekleşen yüksek kinetik enerjili atışlarda kafatasındaki bu parçalanma geniş bir alanı içerir ve beyin dokusu bütünüyle kafatası dışına çıkar (Barach ve Tomlanovich, 1986), (Kneubuehl, 1997), (Uzar, 2002), (Heard, 2008), (DiMaio, 2015).

Ateşli silahlara bağlı göğüs yaralanmalarında en sık ölüm nedeni kalp ve büyük damar yaralanmasıdır. Akciğer, güçlü bağ dokusu ile çevrili hava kesecikleri nedeniyle geçici kavite etkisine en fazla direnç gösteren organların başında gelir (Barach ve Tomlanovich, 1986). Bu nedenle majör damar ve ana bronş yaralanması ve mermi parçalanması olmamak koşuluyla tabanca veya piyade tüfeği mermi çekirdeğine bağlı akciğer yaralanmalarının önemli bir kısmı göğse dren uygulaması ile tedavi edilebilir (Dakak M, Uzar AI, ve ark. 2003-a), (Fasol, Zilla, ve ark, 1988).

Piyade tüfeği mermi çekirdeğine bağlı karın yaralanmalarında, mermi çekirdeği giriş yarasından sonra ilk 12-15 cm içinde blast etki görülmez. Karın ön duvarından oluşan yaralanmalarda bu mesafe içinde kalan ince barsaklarda veya ön yan duvar yaralanmalarında kolon üzerindeki perforasyon alanları tabanca mermi çekirdeğine benzerdir ve 1 cm'i geçmemektedir. İçinde blast etki oluşabilecek kalınlıkta kas dokusu karın arka duvarında bulunur ve karın ön duvarından dik olarak giren bir mermi çekirdeği ile oluşan yaralanmalarda, blast etki bu kas tabakası içinde meydana gelir (Kozak ve Uzar, 1997), (Uzar, 2002). Bu bölgede bulunan organlardan böbrekler, mermi çekirdeği ile direk temas olmamasına rağmen birkaç santimetre yakınından geçen mermi çekirdeğinin blast etkisi ile yaralanabilir (Uzar, 2002). Geçici kavitenin etkilediği diğer bir oluşum, omurgayı oluşturan omurlar ve içinden geçen ana sinirsel yapıdır (medulla spinalis). Omurganın yüksek iletkenlik sağlayan kemik dokusu ve basınç dalgalarını sinir dokusunun uzandığı boşluğa odaklayan dairesel yapısı nedeniyle omura çarpmayan ve yakın geçen mermi çekirdeği yaralanmalarında oluşan blast etki neticesinde felç görülebilir (Swan ve Swan 1991).

Karaciğer, dalak ve böbrek gibi organlarda, geçici kavitenin basınç dalgaları, sıvıların iyi bir iletken olması nedeniyle, kanlanması bol bu dokuların içinde kolaylıkla yayılır (Fackler, 1988), (Uzar, Güleç ve ark. 1998-a), (Barach ve Tomlanovich, 1986), (Cooper ve Ryan, 1990). Bu organlarda yumuşak yapıları nedeniyle kavite büyük bir dirençle karşılaşmadan açılır ve kırılğan yapıları nedeniyle açılan kavite kas dokusunun aksine tekrar gerilemez ve küçülmez (Uzar, Yıldız ve ark. 1998), (Özer, 2017). Diğer bir

deyimle geçici kavite, kalıcı kavite şeklini alır (Barach ve Tomlanovich, 1986). Bu tablo kavite oluşumu için yeterli hacme sahip olması nedeniyle özellikle karaciğer yaralanmalarında görülür. Tabanca mermi çekirdeğinin tünel tarzı yaralanmasına karşın piyade tüfeği mermileri dokuda değişik boyutlarda geniş tahribata neden olur (Uzar, Yıldız ve ark. 1998), (Özer, 2017).

Mide, mesane, ince ve kalın barsak gibi içi boş organlarda piyade tüfeği mermi çekirdeğine bağlı oluşan yaralanmaların boyut ve şiddeti, organın hacmine ve içeriğinin özelliğine bağlıdır. Mesane ve mide gibi büyük hacme ulaşabilen organlar boş durumda ise yaralanmanın boyutları tabanca mermi çekirdeğine benzer (Uzar, Güleç ve ark. 1998-b), (Uzar, 2002). Mermi çekirdeği giriş ve çıkış yarası çapları basit perforasyon tarzındadır. Fakat bu her iki organın içerisi dolu iken yaralanma, patlama tarzı oluşur ve giriş – çıkış yarasında geniş yırtıklar meydana gelir (Uzar, Yıldız ve ark. 1998), (Özer, 2017).

### **3. ATEŞLİ SİLAH YARALARINDA PARÇALANMA MEKANİZMASI**

Ateşli silahlara bağlı penetran travmalarda, yaralanmanın şiddet, derinlik ve boyutlarını değiştiren etkenlerden biri mermi çekirdeğinin parçalanmasıdır (Fackler, Surinchak ve ark., 1984) (Uzar ve Güleç, 2003). Bazı özel mermi çekirdeği türleri ve mono blok mermi çekirdekleri dışında, kullanımda olan tabanca ve piyade tüfeği mermi çekirdekleri benzer yapı gösterirler; tombak adı verilen bakır alaşımı gömlekle kaplanmış ağır metal olan kurşundan oluşurlar. Her iki metalin de ortak özelliği yumuşak ve kolay kırılabilirlerdir. Benzer yapılarına karşın tabanca mermileri, sert bir engelle çarpışmaları durumunda çap / uzunluk oranlarının bir birine yakın olması ve düşük hızları nedeniyle genellikle parçalanmadan çok şekil bozukluğu oluştururlar. Oysa yüksek hızlı ve çap / uzunluk oranları fazla olan piyade tüfeği mermi çekirdekleri sert bir cisimle çarpışmaları durumunda kolaylıkla parçalanırlar (Fackler, Surinchak ve ark., 1984), (Uzar, Dakak ve ark., 2003-c). Vücut dokuları içinde mermi çekirdeği parçalanmasına neden olan en büyük etken kemik dokusudur. Sert kemik dokusuna çarpan mermi çekirdeği kendisi parçalanırken (primer fragmentasyon) kemik dokusunda

parçalanmaya neden olur (sekonder fragmantasyon) (Uzar, Güleç ve ark. 1998). Mermi çekirdeğinin sert bir cisme çarparak ve delerek vücuda girmesi, mermi parçalanmasının diğer bir nedenidir. Özellikle askeri personelin normal donanımında bulunan şarjör, mermi şeritleri (mayon), telsiz ve kemer tokası gibi metallerin neden oldukları yaralanan organ sayısı ve yaralanmanın boyutlarındaki artış, yapılan deneysel çalışmalarla gösterilmiştir (Fasol, Zilla, ve ark, 1988), (Uzar, Dakak ve ark., 2003-c). Mermi çekirdeğinin parçalanması vücut dokuları içinde iki büyük ve tehlikeli etkiye neden olur. Birincisi artmış parça etkisidir. Mermi çekirdeğini oluşturan kurşun, bakır alaşımı metal ve kemik parçalarının her biri dokular içinde şarapnel etkisi göstererek yaralanan organ sayısını artırır. Parçalardan bazılarının küçük olması nedeniyle, özellikle içi boş organlarda oluşturdukları yaralanmalar kolaylıkla gözden kaçabilir. İkinci tehlike ise artmış kavite etkisidir. Bütünlüğü korunmuş bir piyade tüfeği mermi çekirdeği vücut dokuları içinde takla hareketi sonucu kavite etkisi oluştururken enerjisinin bir kısmını harcar. Fakat mermi çekirdeği parçalanmasında kavite oluşumu için takla hareketine gerek yoktur. Dokuları delme ve parçalama sırasında parçalardan her biri ayrı olarak ortama kinetik enerji transfer eder. Transfer edilen kinetik enerji miktarı genellikle mermi çekirdeğinin bütün kinetik enerjisine eşittir. Bu nedenle parçalanmış mermi sıklıkla dokular içinde kalır ve oluşan kavitenin boyutları normal mermiye oranla daha erken ve geniş olur (Uzar, Güleç ve ark. 1998).

## **SONUÇ**

Bu çalışma kapsamında yara balistiği biliminin temelini oluşturan üç ana yaralama mekanizması üzerinde durulmuştur. Bu mekanizmalar hem yaralanmaların mekanizmasının anlaşılması ve tedavi yöntemi geliştirilmesi hem de balistik koruyucu malzemelerin geliştirilmesi ile mühimmat etkinliği çalışmalarında hareket noktasıdır.

Ağırlığı 10 gramdan hafif ve 1 cm'den küçük çaplı bir mermi çekirdeğinin vücut dokuları içinde meydana getirdiği yaralanmanın boyutları şaşırtıcıdır. Ancak 600 yıl süresince çok sayıda teknisyen, mühendis ve bilim adamının dünyanın en gözde ve geliri yüksek mesleklerinden biri olarak silah

sanayiinde çalışması ve özellikle son yüzyıl içinde pozitif bilimin ortaya koyduğu sonuçların kısa süre içinde silah üretimine kaydırılmasının doğal bir sonucu olarak kabul edilebilir.

Gerek sivil gerekse askeri çatışmalarda ateşli silah yaralanma sayısı her geçen zaman artmaktadır. Özellikle kısa ve uzun namlulu ateşli silah yaralanmalarının birbirinden farklı mekanizmalara sahip olması, kinetik enerji miktarları ile yapısal farklılıklarına dayanmaktadır. Örneğin yüksek kinetik enerjili uzun namlulu ateşli silah mermi çekirdeklerinin neden olduğu “Blast Etki”, kavite üzerinde olmayan dokularda da yaralanmalara neden olmaktadır. Bunun doğal sonucu olarak kısa ve uzun namlulu ateşli silah yaralanmalarına uygulanacak tedavi yöntemlerinde de farklılıklar kaçınılmazdır. Bu noktada Harp Cerrahisi biliminin önemi açıkça görülmektedir.

## KAYNAKÇA

- Barach E., Tomlanovich, M., Nowak, R. (1986). Ballistics: A Pathophysiologic Examination of The Wounding Mechanisms of Firearms. *The Journal of Trauma*, 26(3), 225-235.
- Beat P. Kneubuehl, Robin M. Coupland, Markus A. Rothschild, Michael J. Thali (2011). *Wound Ballistics; Basics and Applications*, Springer-Verlag GmbH, Berlin Heidelberg.
- Bratton SL, Dowd MD, Brogan TV, (1997). Serious and fatal air gun injuries: more than meets the eye. *Pediatrics*, 100(4),609-612.
- Breitenecker, R. (1969), Shotgun Wound Patterns. *The American Journal of Clinical Pathology*, 52(3),258-269.
- Cooper GJ, Ryan JM. (1990). Interaction of penetrating missiles with tissues. *Br. J. Sur.*, 77:606-610.
- Dakak M, Uzar AI, Sağlam M, Ozer T, Gürkök S, Balkanlı K, Oner K, Sen D. (2003, Oct.). Increased Damage from Rifle Wounds of The Chest Caused By Bullets Striking Commonly Carried Military Equipment, *The Journal of Trauma*, 55(4), 622-5. DOI: 10.1097/01.TA.0000052363.33436.8B
- DeMUTH, WE. (1974). Ballistic Characteristics of "MAGNUM" Sidearm Bullets. *The Journal of Trauma*, 14 (3), 227-229.
- Di Maio, V.J.M. (2015). *Gunshot Wounds, Practical Aspects of Firearms, Ballistics, and Forensic Techniques*, CRC Press, Balton.
- Digiulio GA, Kulick RM, Garcia VF. (1985). Penetrating Abdominal Air Gun Injuries. *Annals of Emergency Medicine*, 26(2), 224-228.
- Fackler M, Dougherty P. (1991). Theodor Kocher and the scientific foundation of wound ballistics. *Surgery Gyn&Obst.* 172, 153-160.

- Fackler ML (1986). Ballistic Injury. *Annals of Emergency Medicine*, 29(3), 1451-1455.
- Fackler ML, Malinowski JA. (1985). The Wound Profile. *The Journal of Trauma*. 25(6), 522-529.
- Fackler ML, Surinchak JS, Malinowski JA (1984). Bullet fragmentation. A major cause of tissue disruption. *The Journal of Trauma*. 24, 35-39
- Fasol R, Zilla P, Irvine S, von Oppell U. (1988, Feb.), Thoraco-Abdominal Injuries in Combat Casualties on The Cambodian Border. *Thorac Cardiovasc Surg*. 36(1), 33-6. DOI: 10.1055/s-2007-1020038
- Giannoun C., Baldan, M., (2010). *War Surgery; Working With Limited Resources In Armed Conflict and Other Situations of Violence*, International Committee of the Red Cross, Geneva.
- Greenwood, C., (2001). Legal Aspects of Current Regulations, *Third International Workshop on Wound Ballistics*, Thun, Switzerland, 28-29 March 2001.
- Heard BJ. (2008), *Handbook Of Firearms And Ballistics*. 2<sup>nd</sup> Ed. John Wiley&Sons Ltd; West Sussex, England.
- Hodalic Z, Svagel M, Sebal D. (1999). Surgical Treatment Of 1211 Patients At The Vinkovci General Hospital, During The 1991-1992 Serbian Offensive. *Mil Med* 169(11), 803-808.
- Kneubuehl B.P. (1997). Introduction to the Methodology of Wound Ballistics Tests, *International Workshop on Wound Ballistics, Interlaken, Switzerland*, 7-8 October 1997.
- Knudsen PJT, Theilade P. (1993), Terminal Ballistic of the 7.62 Mm NATO Bullet. *Int.J.Leg. Med*, 106, 61-67.

- Kozak, O., Uzar, Aİ. Güleç, B., Balkan, M., Arslan, İ., Alpaslan, F.(1997), Ateşli Silahlarda Oluşan Karın Yaralanmaları. *Türkiye Klinikleri J Surgery*, 139-147.
- Nennstiel R., (1999). *Exterior Ballistics Version 4, User Manuel*, Wiesbaden, Germany.
- Öğünç GI., Özer, MT., Eryılmaz, M., Uzar, Aİ., (2014). The Wounding Potential and Legal Situations of Air Guns – Experimental Study. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 46(1), 39-53 DOI:10.1080/00450618.2013.789078.
- Öğünç, G. (2013). *Balistik İncelemeler; Temel Eğitim Kitabı*. Emniyet Genel Müdürlüğü Kriminal Daire Başkanlığı Yayınları, Ankara.
- Özer, MT., (2017). Yüksek Kinetik Enerjili Ateşli Silah Yaralanmalarında Yara Balistiği ve Cerrahi Tedaviye Yansımaları. *Okmeydanı Tıp Dergisi 33(Ek sayı)*, 40-47, 2017. Doi:10.5222/otd.2017.040
- Peters CE, Sebourn CL. (1996). Wound Ballistics of Unstable Projectiles. Temporary Cavity Formation and Tissue Damage. *The Journal of Trauma*, 40(3), 16-21.
- Rinker, R., (2005). *Understanding Firearm Ballistics, Basic To Advance Ballistics Simplified, Illustrated & Explained*, 6<sup>th</sup> Edition, Mulberry House Publishing, Indiana.
- Sanow E., Sanow, J. (1992). *Handgun Stopping Power; The Definitive Study*, Paladin Press, Colorado.
- Swan KG, Swan RC. (1991). Principles of Ballistics Applicable to The Treatment of Gunshot Wounds. *Sur Clin of North Am*, 71(2), 22-239.
- Trouwborst A, Weber BK, Dufour D. (1987). *Medical Statistics of Battlefield Casualties*. Injury, 18, 96-99.



- Uzar Aİ, Dakak M., Özer T., Ogunc G., Yiğit T., Öner K. (2003-a). A new ballistic simulant “Transparent Gel Candle” (Experimental Study). *Ulusal Travma Derg*, 9(2),104-106.
- Uzar Aİ, Güleç B, Kayahan C., (1998-a), Yara balistiği I. Kalıcı ve Geçici Kavite Etkileri. *Ulusal Travma Dergisi*, 4(4), 225-229.
- Uzar Aİ, Yıldız M, Balkan M, (1998). Yüksek Hızlı Mermilerle Oluşan Karaciğer Yaralanmaları. *GATA Bülteni*, 40, 16-21
- Uzar Aİ., Dakak M., Özer T., Ögünç G., Yiğit T., Kayahan, C., Öner, K., Şen, D. (2003-c). The Magazine: A Major Cause of Bullet Fragmentation. *Mil. Med.*168(12), 969-974.
- Uzar, Aİ., (2002). Mermi Kinetiği ve Yara Balistiği. *Ulusal Cerrahi Kongre Kitabı 15-19 Mayıs*, içinde (ss.45-50) Antalya.
- Uzar, Aİ., Dakak, M., Öner, K., Ateşalp, AS., Yiğit, T., Özer, T., Ögünç, G., Şen, D., (2003-b). Tabanca ve piyade tüfeği mermileri ile oluşturulan yumuşak doku ve kemik yaralanmalarının karşılaştırılması, *Acta Orthop Traumatol Turc* 37 (3), 261-267
- Uzar, Aİ., Kayahan C., Güleç C, (1998-b). Yara balistiği II. Ateşli Silah Yaralanmalarında Mermideki Şekil Bozuklukları ve Parçalanma Etkileri. *Ulusal Travma Dergisi*. 4(4), 235-239.
- Wasserberger, Ordog GJ., Balasubramaniam, JS. (1988). Shotgun Wound Ballistics. *The Journal of Trauma*, 28(5), 624-631.

