

Yüksek Kinetik Enerjili Ateşli Silah Yaralanmalarında Yara Balistiği ve Cerrahi Tedaviye Yansımaları

Mustafa Tahir Özer

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Tıp Fakültesi Genel Cerrahi Ana Bilim Dalı, Ankara

ÖZ

Ateşli silah yaralanmalarında yüksek kinetik enerjili ve düşük kinetik enerjili silahlar arasında doku tahribatı oluşturma gücü çok farklı olduğu için bu iki tip yaralanma arasında tedavi prensiplerinde de farklılıklar vardır. Yüksek kinetik enerjili silahlarda yaralanma sırasında oluşan geçici yara boşluğu (temporary cavitation) bu tip yaralanmaların çok daha tahripkâr olmasının temel nedenidir. Geçici yara boşluğu içinde kalan organlar ilk eksplorasyonda fark edilemeyen ve saatler içinde ortaya çıkan geç etkiler nedeniyle hasarlanır ve buna bağlı pek çok komplikasyon ortaya çıkar. Bu derlemede, bu tip hasarlanmanın oluş mekanizmaları ortaya konarak dikkat edilmesi gereken hususlar tartışılacaktır.

Anahtar kelimeler: ateşli silah, yaralanma, yara balistiği, kavite

ABSTRACT

Wound Ballistic of Gunshot Injuries with High Kinetic Energy and Reflections to the Surgical Treatment

There are differences on the treatment principals of gunshot injuries between high kinetic energy and low kinetic energy because tissue destruction power is different. Temporary cavitation is created by guns with high kinetic energy and is cause of destructive of this kind of injuries. Organs which are in the temporary cavitation are injured because of late effects unnoticeable and occurred in hours during first exploration. And occurred lots of complications. Mechanisms of this kind of injuries and some issues which are important will be discussed.

Keywords: gunshot, Injuries, wund ballistics, cavitation

GİRİŞ

Ben cerrahım, diyen ilk meslektaşımızın çalışmaya başladığı o eski zamanlardan beri cerrahların en önemli uğraş alanlarından birisi travma olmuştur. Bu travmalar bezen kaza ile gerçekleşirken, bazen de anlaşmazlığa düşen iki taraf arasındaki fiziksel çatışmalar sonucu oluşmaktadır.

Yaşamımızda pek çok şeyi kolaylaştıran teknolojik gelişmeler sürerken, ne yazık ki buna paralel olarak silah üretiminde de gelişmeler olmuş ve daha uzaktan daha fazla insanı aynı anda etkileyen güçlü silahlar geliştirilmiştir. Barutun keşfinden çok uzun zaman önce Antik Yunan'da geliştirilen ve Makedonyalı II. Philip ve Büyük İskender tarafından mükemmelleştirilen Ballistra olarak adlandırılan kuşatma silahı bir tür mancınıktır ve zamanının en kusursuz kuşatma silahıdır. Uzaktan etkili ve zamanı için oldukça güçlüdür. Bu tip silahların gelişimi ile birlikte yeni bir bilim doğmuş ve bu silaha ithafen balistik bilimi adını

almıştır. İlerleyen süreçte barutun keşfi ve ateşli silahların gelişimi ile birlikte balistik bilimi iç balistik, ara balistik, dış balistik ve hedef balistiği olarak alt disiplinlere ayrılmıştır. İç balistik merminin namlu içindeki hareketlerini, ara balistik namludan hemen çıktığı andan 1-2 metre sonrasına kadar olan davranışlarını, dış balistik hedefe giden merminin uçuş yolu üzerindeki hareketlerini ve mermiye etki eden kuvvetleri, hedef balistiği ise merminin hedef üzerindeki tahribatını inceler. Mermi çekirdeği canlı bir hedefe isabet ederse hedef balistiğinin adı "yara balistiği" olur ki biz cerrahlar için balistikte asıl ilgi alanı budur⁽¹⁻⁴⁾.

Günümüzde ateşli silah yaralanmaları sivil yaşamda genellikle düşük kinetik enerjili silahlarla olmaktadır, askeri yaralanmalar yüksek kinetik enerjili silahlarla olmaktadır. Ayrıca cerrahlar askeri veya sivil yaşamda olsun blast tip yaralanmalarla da sık karşılaşmaktadır. Düşük ve yüksek kinetik enerjili silah ve blast silah adı altında ayrı ayrı isimlendirilen kavramlardan söz edilince bu yaralanma tipleri arasında

Alındığı Tarih: 28.07.2017

Kabul Tarihi: 20.12.2017

Yazışma adresi: Doç. Dr. Mustafa Tahir Özer, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Tıp Fakültesi Genel Cerrahi Ana Bilim Dalı, 06018 - Ankara - Türkiye

e-posta: mtahirozer@gmail.com

farklar olduğu ayrı isimlendirilmiş olmalarından bile anlaşılabilir. Ancak bu farkların tam olarak anlaşılabilmesi ve tedavi modalitelerini ne şekilde değiştirdiklerinin kavranabilmesi için önce silahların etki mekanizmalarının ve yaralama potansiyellerinin iyi ortaya konması gerekir^(2,3). Temelde şu sorunun yanıtını aramak ve doğru yanıtı bulmak yararlı olabilir. “Dokuz milimetre çapında bir şişle şişlenmek ile aynı çapta bir tabanca ile vurulmak aynı etkiyi mi gösterir ve bunlara yakın çaplı bir piyade tüfeği ile yaralanmak bunlardan farklı mıdır?” Evet, hepsi farklı etkiler gösterir. Bu bölümü kaleme almamdaki temel amaç bu farkları ortaya koymak ve tedavi yöntemlerindeki farklılıkların ve tedavide ortaya çıkabilecek tuzakların anlaşılmasını bu temeller üzerinden kolaylaştırmaktır.

İşe temel yaralayıcı faktör olan merminin ateşlenmesi ile başlamak sanırım en doğru ve kolay yaklaşım olacaktır. Merminin ateşlenmesi ile birlikte kovan içinde bulunan barut hızlı bir kimyasal tepkime ile yanar ve açığa çıkan patlama gazlarının oluşturduğu basınç mermi çekirdeğini namlu içinde hedefe doğru iter. Mermi namlu içinde ilerlerken namlu içinde bulunan yiv ve setin kazandırdığı rotasyonel hareketi de alır ve namluyu rotasyonel bir hareket kazanmış olarak ve o mermi için olabilecek en yüksek hıza ulaşmış olarak terk eder. Bu kısım içinde gerçekleşen olaylar iç balistiğin konularını oluşturur. Mermi ile namlu arasından sızan gaz biraz önde giderek namluyu mermiden önce terk eder ve namlu ağzında türbülanslı bir hava oluşturur. Daha sonra namludan çıkan mermi bu türbülanslı hava ile karşılaşarak hafifce dengesizleşir ve yalpa yapar. Ancak namlu içinde yiv ve setin kazandırdığı dönme momenti ve jiroskopik güç ilk 1-2 metre içinde merminin dengesini kazanıp düz uçuşa geçmesini sağlar. Bu ana kadar olan olaylar ara balistik biliminin konusudur⁽¹⁻⁴⁾. Daha sonra mermi dış balistiğin sınırlarına girer ve hedefe çarpma kadar dış balistik biliminin ilgi konusu olur. Burada artık mermi daima sivri ucu önde giden, kendi eksenine etrafında hızla dönen, yerçekimi, sürtünme kuvvetleri ve meteorolojik olaylardan etkilenen hızlı bir cisim olarak ilerler. Hepimizin çocukluğundan anımsadığı topacı düşünürsek topacın o sivri ucu üzerinde ayakta kalmayı başarabilmesinin altında bizim ona kazandırdığımız dönme momentinin olduğunu görürüz. Topaçtaki dönme hareketinin durduğu ana kadar ayakta kalır sonra yalpalar ve yavaşça bir yana yatar. İşte bu

dönme hareketi mermiye de daima sivri ucu önde gitme özelliğini kazandırır. Neden merminin sivri ucu önde gitmesi arzulanır ve bunu sağlamak için namlu içine yiv ve set açmak gibi zor ve komplike işlemler uygulanır?⁽¹⁻⁴⁾ Sivri ucu önde giden mermi aerodinamik olarak en uygun hâdedir ve havanın sürtünme kuvveti o mermi tipi için en düşük seviyededir. Bu sayede merminin ulaşılacak en uzak menzile ulaşması sağlanır ve hedefe de olabilecek en yüksek süratle çarpar. Ayrıca sivri ucu önde gitmeyip havada taklalar atan bir mermi düz bir uçuş hattını izleyemez ve atılan hedefe isabet ettirilemez. Bu aşamadan sonra cerrahların asıl konusu olan yara balistiği başlar çünkü mermi bir canlıya çarpmış ve onu yaralamıştır. Yaralanma nasıl oluşmaktadır? Aslında yaralanma bir enerji transferidir ve merminin üzerinde taşıdığı enerjiyi hedefe transfer etmesi ile oluşur. Bu cümleden doğal olarak şu sonuçlar çıkmaktadır:

- Merminin enerjisi ne kadar fazla ise o kadar fazla hasar oluşturur.
- Mermi sahip olduğu enerjinin ne kadar çoğunu hedefe aktarırsa o kadar çok hasar oluşur.

Bu durum itibarıyla mermiler yüksek ve düşük kinetik enerjili mermiler olarak iki ana başlık altında değerlendirilebilir. Genellikle bu sınıflama merminin hızının ses hızı ile karşılaştırılması ile yapılır ve ses hızından yavaş mermiler (subsonic) düşük kinetik enerjili, ses hızından yüksek hızlı mermiler (supersonic) yüksek kinetik enerjili mermiler olarak değerlendirilir. Hepimizin bildiği evrensel kinetik enerji formülü merminin sahip olduğu enerjiyi hesap etmek için kullanılmaktadır⁽¹⁻⁴⁾.

$$E = \frac{1}{2} mv^2$$

Burada m merminin kütlesi ve v merminin hızını temsil ettiği için enerji merminin kütlesi ve hızının karesi ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Hızın karesi ile orantılı olan enerji miktarı, hızın artışıyla beraber çok artar. Somutlaştırmak için Tablo 1’i inceleyelim. Burada çapı ve mermi ağırlığı tamamen aynı olan 38 Special ile .357 Magnum mermileri arasındaki tek fark sahip oldukları barut miktarıdır. .357 Magnum sahip olduğu fazla barut nedeniyle daha yüksek bir namlu çıkış hızına sahip olduğu için sahip olduğu enerjinin 38 Special’den çok daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durumda her iki mermi çekirdeği sahip olduğu enerjiyi eşit oranda hedefe aktarırsa doğaldır ki .357

Magnum daha fazla hasar oluşturacaktır. Ancak hasar yalnızca taşıdığı enerjiye değil, enerjiyi hedefe transfer edebilme yeteneğine de bağlıdır. Bu nedenle değişik şekil ve uç özelliklerinde mermi türleri yapılmıştır. Ucu yumuşak, künt, kesik, çentilmiş ve çukurlaştırılmış mermiler hedefe çarptığında hızla deforme olup, sürtünme ve kesit yüzeyini artıracak için enerji transfer yeteneği çok artar ve neredeyse taşıdığı enerjinin tamamını hedefe aktarabilir. Bu durumda tahribat çok artacaktır^(2,3). Bu özelliği bilimsel olarak ilk doküman eden ve gösteren aslında hepimizin tiroid cerrahisinin babası olarak tanıdığı Theodor Kocher'dir.

Tablo 1. 38 Special ve .357 magnum fişeklerinin balistik özellikleri.

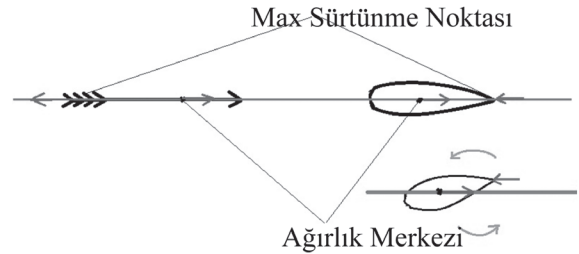
Tabanca	38 Special	.357 Magnum
Çap	9.65 mm	9.65 mm
Ağırlık	9.10 g	9.10 g
Barut	0.43 g	0.76 g
Hız	249 m/sn	369m/sn
Enerji	282 joule	619 joule

Yaptığı çalışmalar sonucunda 11 Aralık 1868 tarihli Petersburg Savaş Silahları Beyannamesi'ne bu tip özel mermilerin savaş silahı olarak kullanılmasını yasaklayan maddeyi koydurmuştur⁽¹⁻⁴⁾.

Sonuç olarak, silahın tipi ve merminin şekli yaralanmanın şiddetini belirlemede anahtar rol oynar. Zaman zaman duyduğumuz, "Silahı mı tedavi ediyoruz yarayı mı? Silah tipinin ne önemi var." sözü eski deyimle, "galatı meşhur" dur. Yani meşhur bir yanlış sözdür. Bu söz kullanıldıkça galatı meşru olacak yani meşruleşen bir yanlış ocaktır. Bu yazının amaçlarından biri bu sözün galatı meşru olmasını engellemektir.

Uçuş hattında sivri ucu önde düz bir şekilde giden mermi hedefe girdikten sonra bu özelliğini yitirip hedef içinde taklalar atmaya başlar. Havada süzülürken son derece düşük yoğunlukta ve homojen bir ortamda bulunan mermi vücuda girdiğinde çok daha yoğun ve daha önemlisi nonhomojen bir ortama girer. Bu durum merminin dengesinde bozukluk yapar ve piyade tüfeği mermileri cinslerine göre vücut içinde 4-12 cm arası bir yol kat ettikten sonra takla atmaya başlar. Takla attığı zaman merminin enerji transfer etme yeteneğinde çok önemli artışlar olur. Tabanca mermisinde mermi boyu çapının yaklaşık 1,5 katı iken, piyade tüfeği mermisinde boy çapın 2,5-3 katı kadar fazladır. Takla atıp 90 derece dönen merminin sürtün-

me yüzeyi tabancada yaklaşık 1,5 kat piyade tüfeğinde ise 2,5-3 kat artar ve bu durum enerji transfer etme yeteneğini çok artırır^(1,2,5,6). Mermiyi taklaya zorlayan kuvvetleri anlamak için Resim 1'i incelemek yeterli olacaktır. Sol tarafta havada süzülen bir ok görülmektedir ve resimde görüldüğü gibi okun ağırlık merkezi maksimum sürtünme noktasının önündedir. Ok ağırlık merkezinden ileri itilirken maksimum sürtünme noktasından arkaya çekilir ve hiçbir şekilde ve hiçbir ortamda takla atmaz. Ama mermiyi incelediğimizde ağırlık merkezinin, maksimum sürtünme noktasının arkasında olduğunu görürüz. Mermi ağırlık merkezinden öne itilirken maksimum sürtünme noktasından arkaya itilir. Bu kuvvetler aynı doğru üzerinde olursa zaten sorun yoktur. Beş dereceye kadar olan sapmalar merminin kendi eksenini etrafında dönmesiyle oluşan jiroskopik kuvvetle dengelenebilir. Ancak bu sınır aşılsa artık jiroskopik kuvvet bunu dengeleyemez ve mermi resimde mavi renkli gösterilen zıt yönlü kuvvetlerin etkisi ile yeşil renkte gösterilen rotasyon hareketine başlar. Bu takla hareketi hedefin boyu müsaitsen bir defadan fazla tekrarlanabilir ve mermi hedeften çıktıktan sonra da devam eder.



Resim 1. Mermiyi takla atmaya zorlayan kuvvetler.

Tabanca ve piyade tüfeği mermilerinin özellikleri:

TABANCA MERMİSİ

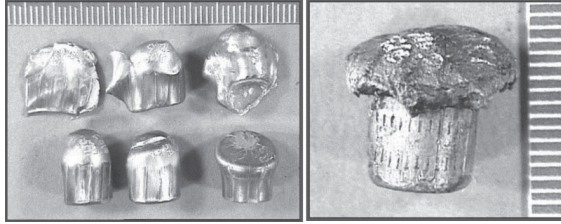
- Hız subsonik
- Hız az olunca taklaya meyil daha az
- Mermi boyu çaptan biraz fazla
- Hız az olunca deformasyon ve fragmantasyon az

PİYADE TÜFEĞİ MERMİSİ

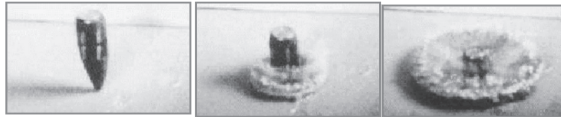
- Hız süpersonik
- Hız çok olunca taklaya meyil daha çok
- Mermi boyu çaptan çok fazla
- Hız çok olunca deformasyon ve fragmantasyon fazla

Burada deformasyon ve fragmantasyon deyimlerini açıklamakta fayda olacak kanaatindeyim. Deformasyon merminin sert bir yüzeye çarpınca şekil ve konturlarını değiştirmesini, fragmantasyon ise merminin sert yüzeye çarpınca parçalanmasını ifade etmektedir. Resim 2-3'de tabanca ve piyade tüfeğinin deformasyonları görülmektedir.

Tabanca mermisinde hız çok daha yavaş olduğu için deformasyon çok azken piyade tüfeğinde merminin çok hızlı çarpması sonucu âdeta paraşüt gibi açıldığı görülmektedir. Bu durumda sürtünme yüzeyi çok genişleyen mermi enerjisinin çoğunu hedefe transfer etmektedir.



Resim 2. Tabanca mermisinde deformasyon.



Resim 3. Piyade tüfeği mermisinde deformasyon.

Merminin yaralanmayı oluşturan temel etkileri:

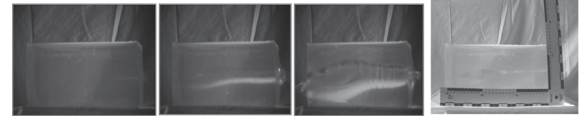
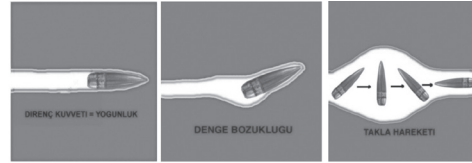
- 1-Penetrasyon (delme) etkisi
- 2-Kalıcı yara boşluğu (kalıcı kavite) etkisi
- 3-Geçici yara boşluğu (geçici kavite) etkisi
- 4-Fragmantasyon etkisi
- 5-Şok dalgaları oluşturma

Bu maddelerden ilk ikisi genellikle gözle görülebilir daha sonra yapılan otopsi çalışmaları veya görüntüleme yöntemleriyle gösterilebildiği için buz dağınının görünen yüzü olarak değerlendirilebilir. Ancak, asıl büyük tahribatı oluşturan diğer etkilerin özellikle de geçici kavitenin gösterilmesi zor olduğu için fazla bilinmez ve bunlar buz dağınının görünmeyen kısmını oluşturur.

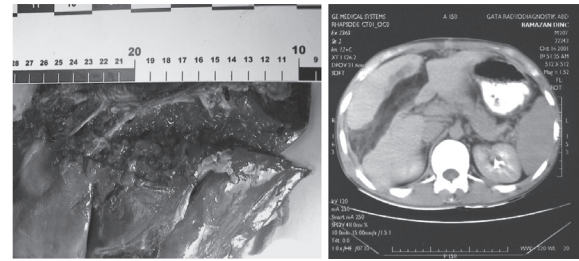
Penetrasyon doğrudan merminin kinetik enerjisi ve şekliyle ilgilidir. Ucu sivrileşip sertleştiğinde ve kinetik enerjisi arttıkça penetrasyon gücü artar. Kalıcı yara boşluğu merminin çapı ile ilgili bir kavramdır. Mermi dokuya girdiğinde kendi küsesi ile orantılı olarak kalıcı bir yara yolu oluşturur ve bu yol daha sonra otopsi, ameliyat ve radyolojik yöntemlerle gösterilebilir (1,2).

Merminin doku içinde oluşturduğu yara yolu (kalıcı kavite) ve takla sırasında bu yolun genişlediği Resim 4'teki çizimlerde görülmektedir. Yine aynı resimde

alttaki sıranın ilk üç resmi 18 litre hacmindeki balistik jelatine yapılan 9x19 mm' lik tabanca atışı sırasında saniyede 12.000 kare görüntü alan bir kamera ile çekilmiş filmde kareleri sunmaktadır. Burada merminin kalıcı kaviteyi oluşturması verilmiş ve son karede kavitenin daha sonra çekilen resmi sunulmuştur. Resim 5'te ise kalıcı kavitenin otopsideki görünümü ve tomografideki görüntüleri verilmiştir.



Resim 4. Kalıcı kavite.



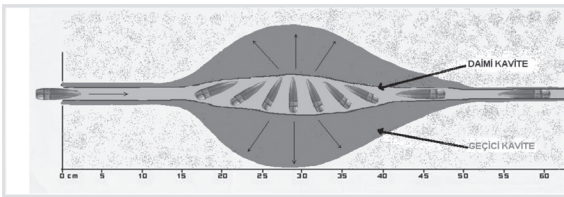
Resim 5. Kalıcı kavitenin otopsi ve tomografi görüntüsü.

Yüksek kinetik enerjili yaralanmalarda geçici kavite merminin sebep olduğu büyük tahribatın asıl nedenidir. Bu kavite statik çalışmalarla gösterilemez ve ancak dinamik çalışmalarla yani oluştuğu anda görüntülenerek izlenebilir (1,2,5,6). Çünkü esnek olan vücut dokuları daha sonra doğal anatomik yerlerine dönme eğilimleri nedeniyle bu kaviteyi kapatmaktadırlar. Bu kavitenin açılması ve yine kapanması milisaniyeler içinde cereyan etmekte ve çıplak gözle izlenememektedir. Görüntüleme yarısaydam hedeflere yapılan atışların yüksek hızlı kamera çekimleri sıklıkla kullanılmakta, ender olarak da flash X-ray sistemi kullanılmaktadır. Biz kendi çalışmalarımızda yüksek hızlı kamera sistemlerini kullanmayı yeğledik (5,6).

Geçici yara boşluğu nasıl oluşmaktadır? Ses hızını aşan çok yüksek enerjiye sahip mermiler vücut içinde taklaya başlayıp 90 derece döndüğünde enerji transferi maksimum olmakta ve çevreye çok kısa sürede iletilen bu kinetik enerji bir blast etki ile beraber çevre dokularda çok hızlı bir öteleme hareketi oluştur-

makta ve dokular hızla çevreye doğru açılmakta ve yırtılmaktadır. Bu geçici kavite içinde kalan dokular elastikiyet derecelerine ve dirençlerine göre yaralanıp tahrip olmaktadır. Sonra mermi taklasına devam edip yine mermi yolu ile paralel hâle gelince bu transfer azalmakta ve kavite çapı küçülüp bitmektedir. Hedef derinliği yeterli olursa mermi taklaya devam edip, 2. ve 3. taklalarını atar ve buna bağlı 2. ve 3. kavileri oluşturabilir (1,2,5,6). Bu nedenledir ki hedef derinliğinin uzun olduğu torakoabdominal yaralanmalar, iki boşluğun birden etkilenmesinin yanında, birden çok geçici kavite oluşabileceği için daha ölümcüldür. Yine siper tipi yaralanmalarda omuz başından giren mermi gluteal bölgelerden çıktığı için hedef derinliği artmış ve daha öldürücü hâle gelmiştir. Paraşütle atlayanların aşağıdan açılan ateşle vurulması da bu tip yaralanmalar oluşturur (1,2,5,6).

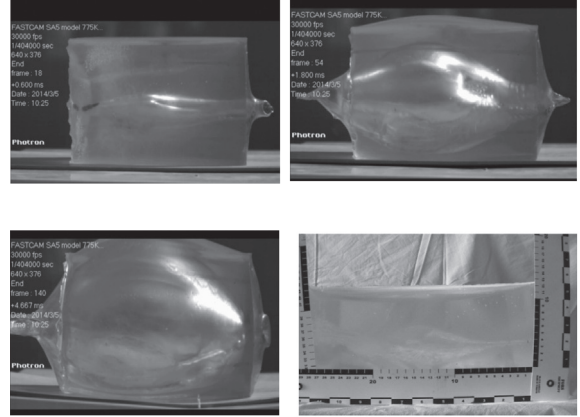
Mermi çıkış deliğinin giriş deliğinden büyük olmasının nedeni de aslında geçici kavitelere. Merminin hedefi terk ettiği yer geçici kavitenin en geniş yerine denk gelirse çıkış deliği en geniş çapta olur (1,2,5,6). Genellikle piyade tüfeği mermileri sert bir doku ve kemiğe çarpmazsa vücuda girdikten 4-12 cm sonra takla hareketine başlar. Yani kol ve bacağın ince kısımlarından ve kemiğe çarpmadan geçen mermi oldukça az hasar bırakabilir ancak hedef derinliği arttıkça tahribat artacaktır. Sert ara hedef ve kemiğe çarpan mermiler ile ilgili tartışma ilerdeki bölümlerde yapılacaktır. Resim 6'da hedef içinde tek takla atmış bir merminin oluşturduğu geçici ve kalıcı kaviterler karşılaştırılarak verilmiştir. Kırmızı ile gösterilen geçici yara boşluğunun mavi ile gösterilen kalıcı boşluğa göre ne kadar büyük olduğuna ve ne kadar geniş bir bölgeyi etkilediğine dikkat ediniz.



Resim 6. Geçici ve kalıcı kavite.

Resim 7'de saniyede 20.000 kare görüntü alınarak çekilmiş görüntüler sunulmuştur. Burada 850 m/sn namı çıkış hızı olan G3 piyade tüfeği ile 18 litre hacmindeki balistik jel kalıplara ateş edilmiştir. Kavitenin 3 milisaniyede maksimum çapa ulaştığı görülmektedir ki bu çap yaklaşık 30 cm civarında olmaktadır. Bu

durum vücut içinde 3 milisaniye içinde yaklaşık bir futbol topu büyüklüğünde boşluk açılması anlamına gelmektedir. Sonradan elastikiyetle ve çevre dokuların itmesi ile bu boşluk kapansa da yapacağı tahribatı yapmış olmaktadır. Yine ilk resimde merminin hedeften çıkmadan hemen önce 180 derece döndüğü ve sivri ucu arkada hedefi terk ettiği gözlenmektedir.



Resim 7. Hızlı kamera çekiminde geçici kavite ve mermi taklası.

Mermi hedef içinde kemiğe çarparsa veya hedefe girmeden sert bir ara hedeften geçerse deformasyon ve fragmantasyon olayı gerçekleşir (7). Deformasyon hem şekil değişikliği ile sürtünme yüzeyini artırırken hem de merminin balistik özelliklerini değiştirerek erken takla atmasına neden olur. Bu durumda merminin enerji transfer etme yeteneği çok artarak beklenenden çok daha fazla tahribat oluşturur (7). Resim 8'de vücut içinde bir kemiğe çarpan merminin oluşturduğu artmış tahribat gösterilmiştir. Hedef 18 litre hacminde margarin bloğudur ve önüne dana tibiası konularak önce kemiğe isabet ettirmeden ve sonra da kemikten geçirerek ateş edilmiştir. Üst sıradaki ilk resimde kemiğe çarpmayan mermilerin giriş delikleri kemiğin hemen solunda iki nokta şeklinde görülmektedir (kırmızı halkanın içinde). Üst sıradaki ikinci resimde kemiğe giren merminin giriş deliğinin ne kadar büyük olduğu ve alt sıradaki resimde ise çıkış deliğinin girişten de çok daha büyük olduğu görülmektedir.



Resim 8. Margarin bloğa doğrudan ve kemikten geçip giren merminin etkileri.

Hedefin üzerinde taşıdığı şarjör telsiz gibi sert cisimler ara hedef olarak adlandırılır ve ara hedeften geçen mermi daha vücuda girmeden deforme olduğu için normal mermi giriş deliği mermi çapından bile küçük olurken, deforme mermi çok daha büyük bir giriş deliği açar. Daha önemlisi vücuda girer girmez geçici kaviteyi oluşturur ve normal mermide futbol topu büyüklüğünde küresel olarak tanımladığımız geçici kavite bunlarda futbol topu çapında ama silindirik olarak hedef boyunca uzanır^(1-4,8). Bu nedenle çok daha fazla hacmi etkiler ve tahribat artar. Resim 9'da vücut üzerinde taşınan şarjör ve şarjörden geçerek vücuda giren merminin yaklaşık 4,5 cm çapındaki giriş deliği gösterilmiştir. Mermi aynı zamanda fragmente olmaktadır. Fragmente olan mermide her bir fragman ayrı bir mermi gibi davranıp vücut içinde ayrı yönler alır ve bir çok organda yaralanma oluşturur. Bu fragmanlar bazen çok küçük olabildiği için ilk ameliyatta o telaş ve kan gölü içinde oluşturdukları çok küçük yaralanmalar görülemeyebilir. Bu durum gözden kaçan yaralanmalara sebep olur ve postoperatif dönemde özellikle intestinal ve üriner kaçaklarla kendini gösterir.



Resim 9. Teçhizatın geçip hedefe giren mermi.

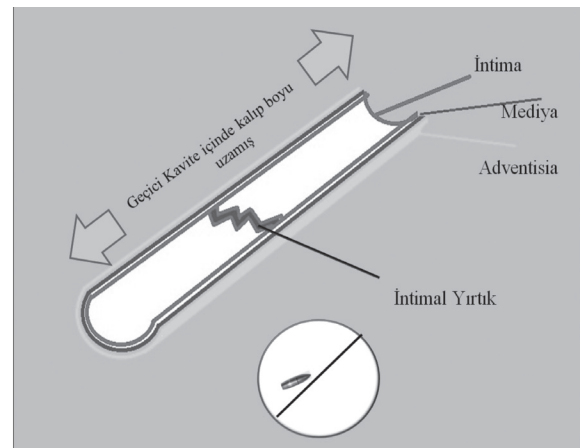
G3 piyade tüfeği mermisi ortalama 3.600 joule enerji ile namluyu terk eder ve hızı 850 m/sn.'dir. Bu mermi bir ara hedef olarak dolu bir şarjörden geçtiğinde yaptığımız hız çalışmaları ve ölçümlerine göre hızında yaklaşık 20 m/sn.lik bir düşüş olmaktadır. Yeni durumda enerjisi yaklaşık 3.300 joule civarındadır. Yani sanıldığı aksine hızında ve enerjisinde çok az bir düşüş olur. Buna mukabil deforme olup, şekli değişen ve sürtünme yüzeyi çok artan bu mermi enerjisinin %90 ve daha fazlasını hedefe bırakır. Normal mermi enerjisinin yaklaşık %10'u kadar olan 360 joule'luk enerjiyi hedefe aktarırken bu mermi enerjisinin %90'dan fazlasını aktarınca enerji transferi miktarı en az 3.000

joule kadar olabilmektedir. Bu yaklaşık 10 kat fazla enerji transferi ve bir o kadar fazla tahribat anlamına gelir⁽¹⁻⁴⁾.

Özetlemek gerekirse yüksek kinetik enerjili mermiler:

- Çok enerji transferi ile büyük tahribat yapar.
- Deforme olarak ve hedef içinde takla atarak daha da çok tahribata neden olurlar.
- Fragmente olur ve her bir fragman ayrı mermi gibi davranıp gözden kaçan yaralanmalar yapabilir.

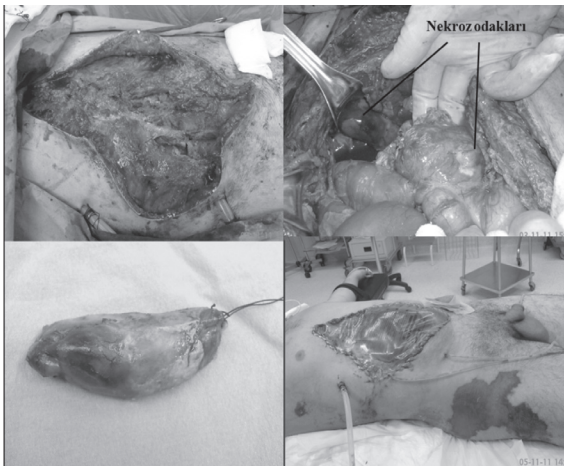
Ancak tüm bunlardan daha tehlikeli ve daha sinsi bir etkileri daha vardır ki o da damar endotelinde hasar oluşturmaktır. Herhangi bir organı besleyen bir damar mermi geçişi sırasında doğrudan isabet almasa da geçici kavitenin içinde kalırsa bu olaydan çok etkilenir. Blast etki damarın beslediği organı çok hızlı şekilde öteleyince veya damarın doğrudan kendisi blast etki ile ötelenince damarın boyunda birkaç milisaniye içinde bir uzama ve sonrasında kısalarak eski boyuna dönme hareketi olur⁽¹⁻⁶⁾. Resim 10'da görülen alttaki yuvarlak şeklin içindeki düz siyah çizgiyi damar olarak kabul edelim. Mermi bu damarın yanından resimdeki gibi damara dokunmadan geçtiğinde damar o an merminin bulunduğu nokta merkez olacak şekilde yarım çembere yakın bir şekil alır (kırmızı çemberin yarısı). Başlangıçta çemberin çapı kadar olan damar boyu ani olarak yarım çember boyuna uzar ve sonra yine kısılır. Damarın medya ve adventisya tabakaları oldukça sağlam ve elastik liflerden oluştuğu için bu ani uzama kılma hareketine adapte olur ve damar büyük olasılıkla bütünlüğünü kaybetmeyebilir. Ancak damarın içini döşeyen intima tabakası tek sıralı bir epitel özelliğinde olduğundan bu ani uzama ve



Resim 10. İntimal yırtık ve endotel hasarı oluşumu.

kısalmaya adapte olamayarak damar içinde pek çok intimal yırtık oluşur. Bu yırtıklarda zamanla platelet agregasyonu gelişir veya kan akımı intimanın altına girip onu dekole eder ve bir valf oluşumuna neden olur. Bu durumda bu damarın beslediği organ artık beslenemez ve nekroza gider. İlk ameliyatta canlı olarak değerlendirilen ve sonra nekroza giden bu dokulara atılan sütürler ve yapılan anastomozlar böylece ciddi risk altına girer. Gecikmiş anastomoz ve tamir kaçaklarının en sık nedenlerinden birisi budur.

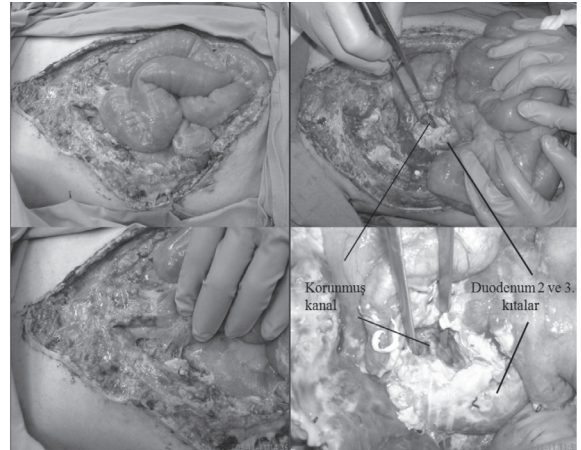
Bu anlatılanları bir örnek üzerinde somutlaştırmak için bir yaralıyı takdim etmek istiyorum. Yüksek kinetik enerjili torakoabdominal Ateşli Silah Yaralanması (ASY) nedeniyle dış merkezde ilk ameliyatı yapılan hasta kliniğimize nakledildi. Hastaya o merkezde toraks tüp drenajı, diafragma ve karaciğer primer tamirleri, sağ hemikolektomi ve uç yan ileotransversostomi ameliyatları yapılmıştı. Geldiğinde nekrotizan fasiiti olduğu belirlenerek ameliyata alındı. Karın ön duvarı cilt ve kasları genişçe debride edilerek batına girildi. Batında safra kesesinin mermi yolu üzerinde olmayıp, isabet almamasına rağmen, nekroza gittiği yine transfers kolonda isabet almamasına ve mermi yoluna uzak olmasına rağmen, yama tarzı nekroz odakları olduğu gözlemlendi. Bu durum endotel hasarına bağlı nekrozlar için tipikti. Transvers kolektomi, uç ileostomi, kolesistektomi ilave edilen hastada batın geniş doku kaybı nedeniyle Bogota Bag ile kapatıldı (Resim 11).



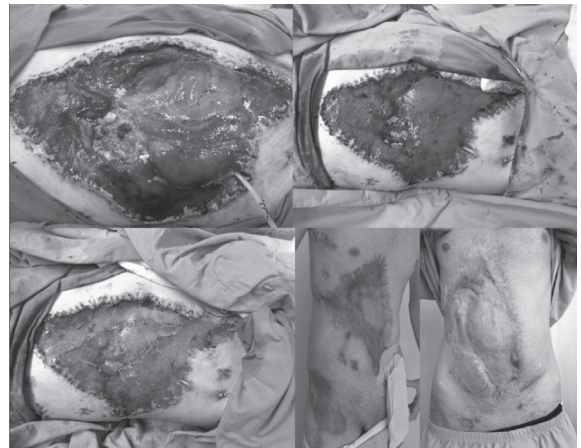
Resim 11. ASY sonrası nekroz odakları ve bogata bag uygulaması.

Karaciğer primer tamir yerinden safra sızması açık batınla takip edilen hastada zaten sıkıntı yaratırken

drenaj sıvılarından amilaz çalışılınca çok yüksek titrede amilaz da olduğu görülünce sorun daha da derinleşti. Hastanın dokularında oto dijesyon başladı. Yara genişliyor interkostal kaslar, diafragma, kostal kartilajlar ve karın ön duvarı bakiyeleri hızla eriyordu. Sağ uyluk dış yüzde de nekroz başladı. Açık batında safra ve pankreas fistülü hiçbir cerrahın görmek istemeyeceği bir kâbustu âdetâ. Hasta yeniden eksplore edildi ve pankreas başının mermi yolu üzerinde olmamasına rağmen, nekroza gittiği buradan pankreas sıvısının batına aktığı ancak duktusun korunduğu gözlemlendi. Resim 12’de nekroza giden interkostal kaslar ve kartilajlar ile nekroza giden pankreas başı ve korunmuş olan pankreas kanalı ile duodenum görülmektedir. Ameliyatta pankreas başının nekrozu ile oluşan boşluğa Jakson Pratt dren yerleştirip üzerine jejunum anslarından yama yaptık ve dreni puar ile negatif basınca aldık. Sütürler ve negatif basınç ile oraya yapışan jejunum pankreas başının nekrozu ile oluşan

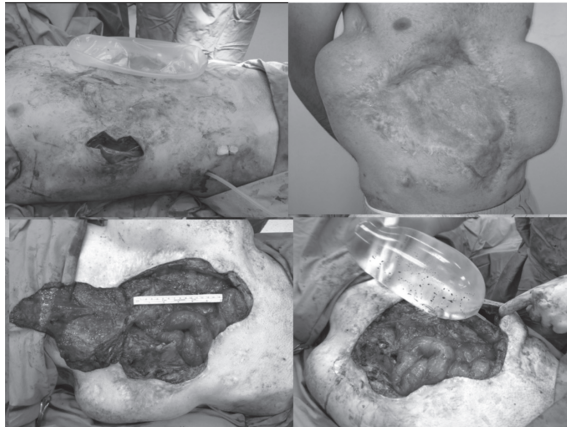


Resim 12. Pankreas başı nekrozu.



Resim 13. Yaralının greflenmiş ve ileostomisi kapatılmış hali.

boşluk ile batin arasındaki irtibatı kesti ve pankreas sıvısı kontrollü bir şekilde günde 800 cc olarak dışarı alınmaya başladı. Diafram debride edilip kotlara yeniden sütüre edildi. Sindirim enzimlerinin batına akması kesilince batında granülasyon ve peritonizasyon başladı. Bacaktaki nekroz da debride edildi ve buraya da batinla beraber birkaç seans VACTM uygulandı. Yeterli ve sağlıklı granülasyon dokusu gelişiminden sonra bacadan alınan Split Thickness greft ile batin kapatıldı. Bu arada pankreas fistülünün debisi iyice azalıp kesilince bu dren de çekildi. Hasta ileostomi ile taburcu edildi. 9 Ay sonra da ileostomisi kapatıldı. Resim 13’de hastanın bu dönem görüntüleri sunulmuştur. Altı ay sonra greftle kapatılmış olan çok geniş defekt alanını tamir için önce iki taraflı expander yerleştirilip şişirilerek sağlıklı cilt dokusu elde edildi sonra expanderler ve greft çıkarılarak karın ön duvarı dual mesh ile kapatıldı ve üzeri elde edilen yeni cilt ile örtülerek tedavi sonlandırıldı. Şu an postoperatif 4. yılındaki hastanın problemi yoktur (Resim 14-15). Bu tartıştığımız nedenlerle yüksek kinetik enerjili ateşli silah yaralanmaları diğer tüm yaralanmalardan farklı olarak değerlendirilmeli ve bu tip yaralanmaların prensiplerine uygun olarak tedavi edilmelidir. Bu prensiplerin başında geçici yara boşluğunun



Resim 14. Expander takılması şişirilmesi ve çıkarılması.



Resim 15. Dual Mesh tatbiki ve son durum.

oluşturacağı etkileri bilerek sağlıklı ve iyi kanlanan doku sınırına kadar yeterli debritleme, bol irigasyonla kontaminasyonun azaltılması, gerekli vakalarda ostomi yapmaktan kaçınmamak, hasar kontrol cerrahisi prensiplerini uygulamak, şüphe hâlinde ve gerektiğinde reoperasyonlar ve second-look ameliyatlarını yapmak şeklinde çeşitlendirilebilir.

Özel Teşekkür

Akademik kariyer konusunda önümü açan ve yara balistiği konusunda tüm bilgilerini benimle paylaşarak gelişimime destek veren çok kıymetli ağabeyim Prof. Dr. A.İhsan UZAR’a şükranlarımı sunmayı borç bilirim.

Ayrıca “Gün Sıfır Travmatoloji” kitabının kıymetli editörleri Prof. Dr. Murat Hancı ve Prof. Dr. Mustafa Uzan’a kitaplarındaki bölümümün burada yayınlanmasına izin verdikleri için şükranlarımı sunarım.

KAYNAKLAR

1. Uzar Aİ, Güleç B, Kayahan C, Özer MT, Öner K, Alpaslan F. Yara Balistiği-I Kalcı ve Geçici Yara Boşluğu (Kavite) Etkileri. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 1998;4:225-229.
2. Uzar Aİ, Kayahan C, Güleç B, Özer MT, Kozak O, Alpaslan F. Yara Balistiği-II Ateşli Silah Yaralanmalarında Mermideki Şekil Bozuklukları ve Parçalanma Etkileri. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 1998;4:235-239.
3. Uzar AI, Dakak M, Sağlam M, Ozer T, Ogunc G, Ide T, Oner K, Sen D. The Magazine: A Major cause of bullet fragmentation. *Military Medicine* 2003;168:969-974.
4. Dakak M, Uzar AI, Sağlam M, Ozer T, Gurkok S, Balkanlı K, Oner K, Sen D. Increased Damage from Rifle Wounds of the Chest Caused by Bullets Striking Commonly Carried Military Equipment. *J Trauma* 2003;55:622-625. <https://doi.org/10.1097/01.TA.0000052363.33436.8B>
5. Özer MT, Ögünç G, Eryılmaz M, Yiğit T, Menteş MÖ, Dakak M, Uzar Aİ, Öner K. Organ Models in Wound Ballistics: Experimental Study. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 2007;13:20-27.
6. Uzar Aİ, Dakak M, Özer T, Ögünç G, Yiğit T, Kayahan C, Öner K, Şen D. A New Ballistic Simulant “Transparent Gel Candle” (Experimental Study). *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 2003;9:104-106.
7. Uzar A.İ, Dakak M, Öner K, Ateşalp AS, Yiğit T, Özer T, Ögünç G, Şen D. Tabanca ve Piyade Tüfegi Mermileri İle Oluşturulan Yumuşak Doku ve Kemik Yaralanmalarının Karşılaştırılması: Deneysel Çalışma. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2003;37:261-267.
8. Ozer MT, Coskun K, Ogunc G, Eryılmaz M, Yiğit T, Kozak O, Uzar AI. Patlama Yaralanmalarının Gizli Yüzü: Şok Dalgaları. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 2010;16:395-400.