به نام خدا

مطالب گردآوری شده برای فصل پنجم کتاب دفاع مقدس با موضوع عوامل و مکانیسم های ترومای جنگی

علیرضا سراداری کاردرمانی 97

**مقدمه**

در جنگ های معاصر عوامل آسیب زای متنوعی برای نابودی یا ناتوانی نیروهای متخاصم استفاده می شود. محصول اصابت این عوامل به بدن و محیط فیزیولوژیک انسان، طیف وسیعی از آسیب های متنوع است. در شرایط جنگی علاوه بر همه آسیب هایی که در شرایط عادی و حوادث غیرمترقبه طبیعی تهدیدکننده هستند، صدمات ویژه پرتابه های جنگی و انفجاری، بیشترین آسیب های مهم و تهدیدکننده حیات را ایجاد می کنند. آثار مستقیم، غیر مستقیم و ثانویه این پرتابه ها موضوع این مبحث است. آسیب ها و صدمات وارده به اعضاء، نواحی و یا سیستم های مختلف بدن (اختلالات فیزیکی، فیزیولوژیک، روانی)، توسط گلوله های مورد استفاده در شرایط جنگی، بسیار شدید و خطرناک هستند. مدیریت این نوع تروما به سطح بالای مراقبت های هماهنگ بالینی و حمایت های بعدی نیاز دارد. طیف آسیب ها وسیع و شامل این موارد است: ضربه های مغزی، آسیب به احشای داخلی، قطع اعضاء، آسیب های نخاعی، اختلالات بینایی و شنوایی، سوختگی ها، آسیب های عضلانی استخوانی و نظایر آنها. بالستیک زخم های جنگی شامل مکانیسم های نافذ و غیرنافذ آسیب رسانی ناشی از گلوله های پرشتاب و سریع السیر هستند. اغلب گلوله های جنگی از نوع پرشتاب هستند و میزان تخریب آنها در بدن انسان بسیار زیاد است. سرعت گلوله های جنگی بعد از شلیک و خروج از اسلحه، بیشتر از 600 تا 700 متر در ثانیه است. در مکانیسم آسیب زایی، سرعت گلوله نسبت به وزن آن، در انتقال و آزاد سازی انرژی جنبشی در بدن نقشی به مراتب مهمتر دارد. در مناقشات جنگی، صدمات ویژه نافذ، غیرنافذ و سوختگی های مختلف، توسط سلاح های مورد استفاده به وجود می آید. زخم های حاصله عمیق و وسیع و آلوده هستند و اداره صحیح مجروحین مستلزم رعایت اصول ویژه و اکید و متناسب با این نوع آسیب ها است. در این گفتار ویژگی های پرتابه های فیزیکی و سلاح های انفجاری که رایج ترین شکل کاربرد سلاح در جنگ می باشند، زخم های حاصله و نحوه مراقبت از آنها، با تأکید بر تجاربی از جنگ تحمیلی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

**ادبیات نظری**

**پرتابه**

پرتابه جسمی است که با وارد کردن نیرو، به فضا (تهی یا پر) پرتاب می شود. هر چند که یک توپ فوتبال نیز در اصل یک پرتابه است، اما این عبارت بیشتر به جنگ افزار اشاره دارد. بسیاری از پرتابه ها (مثل خمپاره)، می توانند مواد منفجره یا دیگر مواد شیمیایی یا زیستی را حمل کنند. صرف نظر از بار انفجار، پرتابه ها را می توان به شکلی طراحی کرد که باعث آسیب های ویژه نیز بشوند، مثل آتشزایی یا مسمومیت.

.

**پرتاب شناسی**

در فیزیک به علم بررسی حرکت و پرتاب اشیاء در هوا بالستیک میگویند. بالستیک یا پرتاب شناسی، دانشی است که به بررسی رفتار و کارکرد دینامیکی پرتابه های مختلف هنگام حرکت، می پردازد. در حقیقت علم بالستیک مقدمه ای برای طراحی جنگ افزارهای دقیق تر و با کارایی بهتر است. این دانش، بخش های مختلفی را شامل می شود که عبارتند از بالستیک داخلی، بالستیک میانی، بالستیک خارجی، بالستیک نهایی و بالستیک جراحت. بالستیک داخلی در حقیقت مطالعه علمی این فرایند در لحظه ای است که احتراق پیشرانه آغاز میشود.

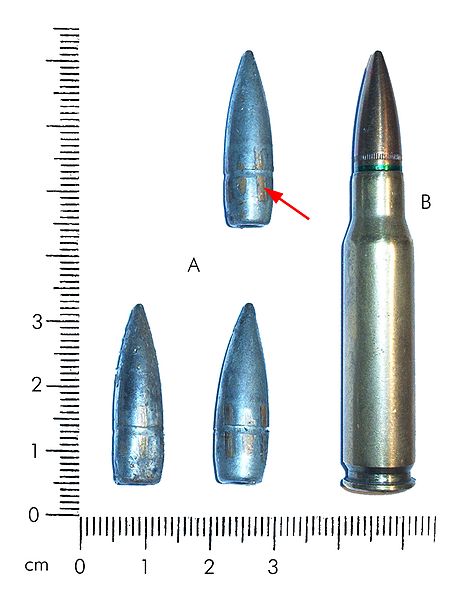
**جنگ افزار**

جنگ افزار را می توان به عنوان ابزاری مکانیکی تعریف کرد که گرمای آزاد شده در اثر احتراق پیشرانه را به صورت انرژی جنبشی درآورده و نتیجه این فرآیند، پرتاب گلوله به سمت هدفی مشخص است.

**ضریب بالستیک**

ضریب بالستیک گلوله به میزان آیرودینامیکی و توانایی حفظ انرژی مرمی در برابر نیروی مقاومت جریان هوا است. هر قدرضریب بالستیک بیشتر باشد، گلوله مقاومت کمتری با هوا دارد، پس بیشتر سرعت می گیرد و دیرتر انرژی را از دست میدهد.ضریب بالستیک می تواند اعداد بین 6 تا 1 را دربرگیرد. ضریب بالستیک ساچمه های تفنگ بادی بسیار بدتر و پایین تر است به همین دلیل ساچمه ی تفنگ های بادی قوس بالستیک بسیار زیاد و نیز افت زیادی دارند اما در گلوله ها مقدار ضریب بالستیک خیلی بالاتر از ساچمه است. بیشترین ضریب بالستیک مربوط به فشنگ های VLDاست که حتی به هزار (به عبارتی نهایت میزان آیرودینامیکی ممکن) می رسد.

**گلوله**

گلوله، مرمی یا پرّانه، جسمی است که از سلاح گرم یا سلاح بادی شلیک می شود. گلوله معمولاً از فلز (بیشتر سرب) ساخته می شود و معمولاً فاقد مواد منفجره است. آسیبی که گلوله به هدف وارد می کند صرفاً ناشی از ضربه جسم جامد آن است. گلوله در سلاح کمری یا تفنگ بخشی از فشنگ است. کلمه فارسی گلوله به صورت "غلوله" و "گولوله" نیز به کار رفته است. واژه گلوله یادگار دوره ای است که گلوله در سلاح های گرم به صورت کروی ساخته می شد. از قرن نوزدهم شکل گلوله ها تغییر کرد و به صورت کشیده و نوک تیز یا اسپیتزر درآمد. در برخی از متن های مربوط به شکار و تیراندازی واژه "مَرمی" نیز که واژه ای عربی است، به جای گلوله به کار می رود.

**پرتابه پرشتاب (پرتابه پرسرعت)**

به پرتابه های با سرعت بیشتر از 600 تا 700 متر در ثانیه گفته می شود. در سرعت های بالاتر از این آستانه آثار انفجاری مشاهده خواهد شد.

**پرتابه کم سرعت**

پرتابه های با سرعت کمتر از سرعت صوت (350 متر در ثانیه) هستند.

**پرتابه های با سرعت متوسط یا بینابینی**

این پرتابه ها سرعتی معادل 350 تا 600 متر دارند.

**ترکش**

قطعات کوچک فلزی که در اثر انفجار بمب یا سلاح مشابه ایجاد، با سرعت در هوا حرکت کرده و برای آسیب رساندن به افراد طراحی شده است.

**انفجار**

انفجار عبارت است از آزاد شدن انرژی با سرعت بسیار زیاد که نتیجه اکسیداسیون سریع است. انفجار به افزایش شدید در حجم و آزاد شدن ناگهانی انرژی می گویند که معمولا با افزایش دما و آزاد شدن گاز همراه است. پارامترهای انفجار عبارتند از: آزاد شدن سریع انرژی همراه با صدا، نور، حرارت و موج شوک. انفجارها به 7 دسته اصلی "طبیعی" ، "شیمیایی"، "هسته ای"، "الکتریکی"، "بخار"، "نجومی" و "مکانیکی" تقسیم بندی می شوند.

**موج انفجار**

در اثر انفجار یک ماده گازی متراکم گرم (دمای بین 3000 تا 4000 درجه سانتی گراد) در فشار بالا ایجاد می شود. تحت این دما و فشار گاز انبساط یافته، به سمت بیرون هجوم می برد. در نتیجه این فعل و انفعال یک لایه هوای فشرده (موج انفجار) در جلوی این حجم گاز (که شامل اکثریت انرژی آزاد شده انفجار است) تشکیل می گردد. موج انفجار به سرعت به فشاری بیش از فشار محیط می رسد. این موج با سرعتی فراتر از صوت از منبع انفجار به صورت شعاعی به سمت بیرون حرکت می کند. فشار با سرعت کاهش می یابد و در زمان برخورد با سطحی که در مسیر عبور انفجار قرار دارد، انعکاس یافته و شاید تا حدود 13 برابر تقویت گردد. انفجار با گذر زمان کاهش می یابد و دارای عمر کوتاه است و با مینیموم ثانیه اندازه گیری می شود. با گذشت زمان موج منفی شده و ایجاد کشش می نماید. پشت موج، جایی که خلاء ایجاد شده، هوا هجوم آورده، جریان باد پرقدرت روی سطح مسیر انفجار ایجاد می کند.

**آسیب بلانت یا غیر نافذ**

صدمه تروماتیک در اثر نیروی مکانیکی وارده بر بدن توسط فشار، شیء، یا وسیله غیر نوک تیز مثل چوب بیس بال، یا صدمه ای که بدن با سطحی نظیر دیوار یا زمین برخورد و تصادم نموده، اما نفوذی یا زخمی در سطح پوست ایجاد نمی شود. این صدمات در حوادث، تهاجمات، تجاوزات، اقدامات احیاء یا نظیر آنها عارض می شوند. آسیب های بلانت در جنگ رایج و موجب صدمات شدیدی می شوند که تشخیص آنها نسبت به آسیب های نافذ دشوارتر است و علاوه بر معاینات دقیق فیزیکی به کاربرد به هنگام و وسیع اشعه مجهول (ایکس) و سایر فن آوری های پیچیده نیاز میباشد.

**بالستیک داخلی**

حرکت گلوله داخل اسلحه تا قبل از خروج از آن تابع سه شاخص اصلی اندازه و وزن گلوله، مقدار چاشنی انفجار در پوکه و طول لوله تفنگ یا جنگ افزار میباشد.

**بالستیک خارجی**

مسیر حرکت گلوله از خروجی تفنگ به سوی هدف در آتمسفر در حالتی از شتاب منفی به علت اصطکاک آتمسفریک انجام می شود. هرچه فاصله شلیک تا هدف بیشتر باشد، سرعت و شتاب کمتر می شود. در این مسیر حرکات پیچیده متعددی گلوله را تحت تأثیر قرار می دهند.

**بالستیک نهایی**

عبور گلوله جنگی در بدن انسان به عوامل زیادی از جمله پتانسیل آسیب زایی اسلحه گرم مورد استفاده، طراحی آن، شکل فیزیکی گلوله، و مشخصات بافتی اعضای مورد اصابت، بستگی دارد. وقتی گلوله به بدن انسان اصابت می کند، اگر سرعت گلوله در زمان اصابت به بدن کم و موج فشاری همراه آن ناچیز باشد، حفره دائمی در مسیر عبور گلوله ایجاد می شود و نسوج در همان محدوده عبور گلوله تا نقطه توقف یا خروج از بدن به شدت آسیب می بینند. در اغلب موارد امواج فشارنده انفجاری اطراف گلوله را احاطه نموده و با ایجاد اثرحفره ای ناشی از موج انفجاری، که بعضاً فشاری معادل 200 آتمسفر بر دیواره حفره وارد می آورند، تخریب بسیار وسیع بافتی در مسیر عبور گلوله از بدن را موجب می شوند.

**مکانیسم های آسیب زایی توسط گلوله های پرشتاب:**

چهار پارامتر اصلی در ایجاد زخم و آسیب به علت اصابت گلوله جنگی پرشتاب به بدن، دخالت دارند:

1. شرایط محیط نفوذ گلوله:

مشخصات فیزیکی و بیولوژیکی بافت محل اصابت و ورود گلوله به بدن که ممکن است موجب تغییر مسیر یا تغییر شکل آن گردد.

1. حفره دائمی:

حجم و فضای اشغال شده توسط بافت های تخریب شده در مسیر عبور گلوله در بدن. این حجم به محیط نفوذ (پارامتر قبلی) و مرفولوژی گلوله بستگی دارد. در واقع حفره دائمی شکاف یا گسست بافتی است که توسط گلوله در زمان عبور از بافت های بدن ایجاد می شود.

1. حفره موقت:

انبساط حفره دائمی است که توسط انرژی جنبشی منتقله توسط گلوله به داخل بدن، ایجاد می شود.

1. خردشدگی یا قطعه قطعه شدن:

این فرایند ناشی از قطعات گلوله یا خرده های استخوان است که وارد بدن شده و با عبور از حفره دائمی موجب آسیب بیشتر بافت های مجاور و عروق خونی یا اعضای حیاتی می شوند. این پارامتر در همه زخم های گلوله دیده نمی شود.

**وجوه مشترک و متفاوت ترومای جنگی و ترومای غیرجنگی**

یک اصل مهم که به توسعه سیستم های ترومای غیرنظامی منطقه ای کمک کرده، این نکته است که زنده ماندن از آسیب های مهم بعد از تروما، به رساندن مصدومین در اولین فرصت ممکن به مراکز مراقبت های قطعی بستگی دارد(بیمارستانی که بتواند مراقبت بهینه ارائه نماید). این اصل از عبارت معروف "انتقال بیمار مناسب، به محل مناسب، در زمان مناسب" برگرفته شده است.

وجوه مشترک نظام های ترومای نظامی و غیرنظامی

* رهبری سیستم و مرجعیت قانونی، با بودجه کافی برای حفظ زیرساخت های یک سیستم پایدار و مقاوم؛
* برنامه ریزی و روز آمد نمودن سیستم تروما توسط یک گروه چند رشته ای از ذینفعان، بر اساس نیازهای جامعه تحت پوشش نظام تروما؛
* فراهم نمودن، اعتباربخشی و اطمینان از مشارکت نیروی کار پایدار مراقبت از تروما، در سراسر زنجیره مراقبت؛
* اقدامات هماهنگ پیشگیری از آسیب
* مراقبت های قبل از بیمارستان که شامل سیستم های ارتباطی مؤثر، مراقبت از مصدومین در محل حادثه و حین انتقال، تریاژ به موقع و انتقال مجروحان به سطح مناسب مراقبت های بیمارستان می باشد؛
* طبقه بندی منطقه ای امکانات بیمارستانی و تعیین و اعتباربخشی مراکز تروما، با معیارهای تعیین شده برای انتقال بین بیمارستانی، تا اطمینان حاصل شود که بیماران از سطح درمانی مناسب برخوردار می شوند
* انتقال مطمئن بیماران به خدمات توانبخشی، با توجه به نیازهای جسمی و روانی اجتماعی آنها؛
* سیستم های اطلاعاتی و ثبت تروما در سراسر نظام تروما، برای حمایت از فعالیت های مستمر بهبود کیفیت؛
* تحقیق برای تولید شواهد علمی، تدوین دستورالعمل های درمانی برای مراقبت و دستیابی به نتایج بهینه
* ادغام با برنامه های آمادگی در برابر بلایا

تفاوت های نظام های ترومای نظامی و غیرنظامی

ترومای جنگی تفاوت های صوری و ماهوی فراوانی با ترومای غیرجنگی (شهری) دارد. رئوس این تفاوت ها به شرح زیر است:

* مکانیسم متفاوت تروما؛
* محیط متفاوت مراقبت های پزشکی؛
* عواملی مخدوش کننده از قبیل سن، شرایط اجتماعی و عوامل زمینه ای؛
* امدادرسانی تحت آتشباری دشمن باید انجام شود.
* ابهام، تیرگی و مخوف بودن شرایط؛
* شرایط محیطی کاملاً متفاوت؛
* اپیدمیولوژی متفاوت جراحات؛
* محدودیت تجهیزات؛
* تعدد مجروحین؛
* لزوم به کارگیری مانورها و تاکتیک های نظامی؛
* تأخیر طولانی تا رسیدن به مراقبت های تخصصی بیمارستانی؛
* تفاوت آموزش و تجربه ارائه کنندگان خدمات؛

**مکانیسم آسیب زایی گلوله های پرشتاب در بدن انسان**

سرعت و اندازه (حجم و وزن و شکل فیزیکی) گلوله های پرشتاب جنگی بالاترین حد آسیب و تخریب بافتی را در بدن ایجاد می کنند. پتانسیل ایجاد زخم توسط گلوله های جنگی به عوامل مختلف بستگی دارد که ساختار فیزیکی گلوله و ویژگی های فیزیکی بافت های مورد اصابت از مهمترین عوامل تعیین کننده در شدت و وخامت زخم های حاصله به شمار می روند. سرنوشت نهایی زخم به سرعت و جرم گلوله پرتاب شده برای رسیدن به عمق بدن و همچنین ساختارهای حیاتی محل اصابت بستگی دارد. گلوله در حین عبور از بدن موجب تخریب و له شدگی بافت ها در مسیر عبور و یک حاشیه قابل توجه از نسوج مجاور، از هم گسستگی و کشیدگی بافتی با جابجایی (کاویتاسیون موقت) می شود. پدیده کاویتاسیون موقت بسته به دیامتر و سرعت گلوله و نیز نوع و محل بافت، ممکن است موجب آسیب بیشتر بشود و یا برعکس آسیب کمتری ایجاد نماید. کشش بافتی در بافت های مختلف بسیار متفاوت تحمل خواهد شد. گلوله های سنگین تر و با سرعت کمتر موجب تخریب بیشتر بافتی و ایجاد کاویتاسیون موقت کمتر می شوند. اغلب پتانسیل ایجاد زخم توسط یک گلوله سبک و پرسرعت صرف ایجاد کاویتاسیون موقت بزرگتر می شود، اما چنین گلوله ای حفره دائمی کوچک تری برجای میگذارد و بافت کمتری را تخریب میکند. سایر مؤلفه های اولیه زخم ناشی از گلوله های جنگی پرشتاب عبارتند از: ویژگی های فیزیکی بافتی که گلوله از آن عبور می کند نظیر الاستیسیته بافت، دانسیته بافت، انسجام بافتی، ساختار درونی بافت، قطر، شکل، اندازه و سرعت پرتابه، قابلیت تغییر شکل دادن و انحناءپذیری پرتابه و یا تبدیل شدن آن به چند قطعه و ساختار داخلی آن، طول مسیر عبور پرتابه و اینکه امکان تغییر شکل دادن و انحناءیافتن به پرتابه می دهد.

**مدل های تجربی بررسی زخم های ناشی از گلوله های جنگی**

این مطالعات عمدتاً به صورت تجربی با بررسی زخم های بافت نرم عضلات ران، روی مدل های حیوانی مورد بررسی قرار گرفته اند. میزان آسیب، از طریق تعیین میزان عضلات برید شده در جراحی، اندازه گیری می شد. واژه "ترومای پرتابه پرانرژی" برای خاطر نشان ساختن شدت آسیب و تخریب در اطراف کانال نهائی عبور گلوله از نسوج به صورت منطقه ای از بافت های له شده، کم خون و یا مرده استفاده گردیده است.

**سرعت و انرژی پرتابه های پرشتاب جنگی**

اگرچه در منابع علمی، واژه "high energy" در شرایط جاری برای نشان دادن مکانیک ایجاد آسیب در زخم های جنگی، ترجیح داده می شود، واژه "high velocity" همچنان برای توصیف "شدت تخریب" ناشی از سلاح های رایج جنگی استفاده می شود. گلوله های شلیک شده از تفنگ های جنگی، در لحظه خروج از دهانه، دارای سرعتی معادل 700 تا 1000 متر برثانیه هستند، بنابراین فراتر از حد پایه برای دامنه سرعت بالای گلوله های پرشتاب( محدوده 600 تا 760 متر بر ثانیه) قرار دارند. در تفنگ های دستی و تپانچه های غیرجنگی (شهری) سرعت پرتابه های خروجی بین 200 تا 500 متر بر ثانیه است. چنانچه سرعت پرتابه های خروجی کمتر از سرعت صوت باشد (334 متر بر ثانیه)، کم شتاب و سرعت های بین 334 تا 600 متر بر ثانیه بینابینی تعریف می شوند. اگرچه پتانسیل تخریبی پرتابه های پرشتاب، بسیار بیش از پرتابه های کم-شتاب است، تنها عامل ایجادکننده آسیب، سرعت آنها نیست.

**مفهوم انتقال انرژی به بافت های مورد اصابت توسط پرتابه های جنگی**

طبق قانون دوم حرکت نیوتن، شتاب (یا کاهش شتاب) یک جسم متحرک توسط یک نیروی کاربردی، منجر به انتقال انرژی می شود. کار انجام شده انتگرال نیرو در طول مسافت حرکت است. میزان انتقال انرژی در طول کانال زخم، به دلیل رفتار گلوله (تغییر شکل، انحناء و ناهمگن شدن) یکنواخت نیست. "خصوصیات انتقال انرژی" می تواند با دقت بیشتری در زمان دبریدمان زخم ارزیابی شود. مقدار بافت دبرید شده با افزایش جذب انرژی در مسیر کانال زخم تناسب دارد و هر دو عامل با عمق نفوذ در بافت کاهش می یابند. رابطه بین میزان آسیب بافت نرم و انتقال انرژی خطی نیست. علی رغم تأثیر متقابل پارامترهای مرتبط با پرتابه و زخم، میزان انتقال انرژی، تعیین کننده تخریب حاصله از اصابت گلوله های جنگی است.

**حفره (کاویته) موقت**

از نقطه نظر بالیستیک، وجه مشخصه آزادشدن انرژی زیاد و ناگهانی در بافت های هدف، ایجاد حفره است که طی آن پرتابه مقداری از انرژی خود را برای اتساع و گسترش کانال نفوذ به اطراف انتقال می دهد. در بافت، پرتابه، انرژی جنبشی خود را به اجزاء بافتی تماس یافته منتقل میکند، این اجزاء به طور شعاعی تشدید و یک کاویته ایجاد می کنند. چنانچه تعادل پرتابه به هم خورد (تغییر مسیر یا جهت دهد)، مقدار بیشتری از انرژی جنبشی خود را آزاد ساخته، کاویته بزرگتری ایجاد خواهد شد. این پدیده روش دیگری برای نشان دادن رابطه بین میزان انتقال انرژی و بزرگی کاویتاسیون است. انبساط دینامیکی کاویته موجب ایجاد خلاء نسبی شده که به نوبه خود، باکتری ها و اجسام خارجی را به درون زخم می مکد. کاویته، در حدود یک هزارم ثانیه بعد از عبور پرتابه، به حداکثر ابعاد خود می رسد. بعد از آن در محیط های الاستیک، انرژی کششی باعث کلاپس کاویته می شود. وجه تسمیه کاویته موقت نیز به همین دلیل است.

**مکانیسم غالب ایجاد آسیب در زخم های ناشی از شلیک گلوله جنگی**

مکانیسم غالب ایجاد تخریب بافتی توسط پرتابه های جنگی، بارگذاری فشاری پرتابه است که موجب له شدگی، شکاف و بریدگی بافت ها می شود، در حالی که کاویتاسیون موقت، اغلب آسیب های غیرمستقیم و کششی ایجاد میکند. پاسخ بدن به فرایند کاویتاسیون، به چگالی و ترکیب بافت مبتلا بستگی دارد. ارگان های متراکم با چگالی بالا مانند کبد و کلیه ها، به علت مقاومت کششی پائین از اثرات کششی کاویتاسیون موقت صدمات بیشتری متحمل می شوند و آسیب بیشتری میبینند. عضلات نیز به علت چگالی بالا، مستعد آسیب های ناشی از کاویتاسیون هستند، اگرچه، انرژی تغییر شکل تا حدی توسط اجزاء الاستیک بافت عضلانی جذب می شود. از سوی دیگر، پارانشیم اسفنجی ریه، نسبت به سایر بافت ها و عضلات جداری قفسه صدری، آسیب به مراتب کمتری میبیند (بهعلت الاستیسیته بالا و چگالی کم) به همین دلیل در شرایط جاری زخم های بدون عارضه ناشی از شلیک گلوله به ریه، کمتر به مداخله جراحی نیاز پیدا میکنند. آناتومی موضعی ممکن است آسیب های ناشی از کاویتاسیون موقت را افزایش دهد. ارگان هایی که به ساختارهای مجاور ثابت شده اند (مانند کلیه ها)، در مقایسه با ارگان های متحرک تر (مانند روده باریک)، آسیب به مراتب بیشتری از نیروهای برشی ناشی از انبساط کاویتاسیون موقت، متحمل می شوند.

**گلوله های کم شتاب و مکانیسم آسیب زایی آنها در بدن انسان(بالستیك گلوله های کم شتاب)**

سرعت صوت در هوا 1100 فوت در ثانیه است. گلوله ها و پرتابه هایی که با سرعتی کمتر از سرعت صوت حرکت می نمایند، به صورت قراردادی کم شتاب نامیده می شوند. شدت آسیب به میزان انرژی منتقله توسط گلوله به بافت های بدن بستگی دارد. این شاخص به نوبه خود به اندازه و سرعت پرتابه بستگی دارد. در پرتابه های کم شتاب، برش و خرد شدن بافت های مجاور عبور گلوله هم عارض می شود.

**مین های دریایی**

مین های دریایی از جنگ افزارهایی هستند که در جنگ تحمیلی در سطوح آفندی و پدافندی مورد استفاده قرار گرفت. هدف از مین ریزی دریایی کنترل دریا می باشد. مین های دریایی با مکانیسم های مختلف عمل می نمایند:

مکانیسم مغناطیسی: مین مغناطیسی دریایی به گونه ای طراحی شده است که خاصیت آهنربایی کشتی بر آن اثر گذاشته و فرمان انفجار صادر می شود. در این گونه مین ها عقربه مغناطیسی تعبیه شده است. حساسه مین، میدان مغناطیسی ناشی از حضور یک کشتی یا زیردریایی با بدنه فولادی را کشف می کند. با عبور شناورهای دریایی از بالای آن، مین از سطح زیرین دریا به سطح دریا رسیده و سپس منفجر می شود. میدان مغناطیسی یک کشتی را می توان به طور متناوب با عملیات دگازینگ، کنترل کرد.

مکانیسم صوتی: مین صوتی به گونه ای طراحی شده است که صدای ایجاد شده توسط کشتی ها و سایر شناورها روی آن تأثیرگذاشته و فرمان انفجار صادر می شود. مین ممکن است مجهز به سونار برای کشف اثر صوتی شناور باشد. این خصوصیت به مین اجازه می دهد که اهداف مختلف را از هم تشخیص دهد.

مکانیسم فشاری: مین فشاری به گونه ای طراحی شده است که تغییر فشار ناشی از تحرک کشتی ها و شناورها بر آن اثر گذاشته و فرمان انفجار صادر میشود.

عملکرد ترکیبی: عملکرد یک مین ترکیبی به گونه ای است که هر گونه تغییر در وضعیت مغناطیسی، صوتی یا فشاری ناشی از تحرک کشتی ها و شناورها بر آن اثر گذاشته و فرمان انفجار صادر می شود.

**مطالعه موردی**: زخم های نافذ ناشی از مین های ضد نفر

این جنگ افزارهای مخوف تا مدت ها پس از ترک مخاصمه، موجب آسیب رسانی به مردم غیر نظامی شده، بازتاب های انسانی و اقتصادی فراوانی دارند. مین های ضد نفر بر اساس موج انفجار و ترکش های حاصله، 3 نوع ضایعه ایجاد می کنند:

نوع اول: در مواردی که پای فردی روی صفحه فشار مین انفجاری قرار گیرد، انفجار و موج انفجاری حاصله، موجب قطع تروماتیک یا صدمات شدید همان پا و ساق می شود. زخم های ساق پای مقابل، نواحی تناسلی، شکم و لگن نیز محتمل است. شدت زخم ها به مقدار ماده منفجره موجود در مین در مقایسه با توده بدن بستگی دارد .

نوع دوم: تله های انفجاری است که تماس بدن با سیم متصل به چاشنی انفجاری مین موجب انفجار آن می شود. در این گونه انفجارات ترکش های حاصله موجب صدمات مشابه با سایر ترکش ها نظیر نارنجک می شود. شدت ضایعات ایجاد شده از این ترکش ها هم به فاصله مصدوم با کانون اصلی انفجار بستگی دارد.

نوع سوم: انفجار در زمان خنثی سازی یا کاشت مین یا بازی کودکانه با مین است. انفجار صدمات شدیدی به دستها، ساعد، بازوها و اغلب صورت و چشم و قفسه صدری وارد می آورد.

**مشخصات زخم ها و آسیب های ناشی از مین های ضد نفر**

هرچه فاصله مجروح نسبت به کانون انفجار بیشتر باشد، به علت خاصیت غیرآئرودینامیکی ترکش ها و افت قابل ملاحظه سرعت با دورشدن از کانون انفجار، زخم ها سطحی تر خواهند بود. بالعکس در فواصل بسیار نزدیک به محل کانون انفجار به علت اصابت ترکش های متعدد و پرسرعت و نیز تحت تأثیر موج انفجار، صدمات عمیق، ناتوان کننده و اغلب مرگبار ایجاد می شود. قربانیان مین های زمینی و گلوله های عمل نکرده را می توان به سه گروه تقسیم نمود:

1. سربازان و نیروهای نظامی که در زمان جنگ و درگیری های نظامی روی مین می روند.
2. غیر نظامیانی که بعد از پایان جنگ در مناطق آلوده تردد دارند.
3. نیروهایی که برای پاکسازی مناطق آلوده به مین و گلوله های عمل نکرده باقی مانده از جنگ تلاش می کنند.

**پیشگیری از آسیب ها و تهدیدات ناشی از مین های ضد نفر**

تلاش برای پاکسازی میادین و مناطق آلوده اولین و مؤثرترین اقدام برای از بین بردن تلفات ناشی از مین و سایر مهمات عمل نکرده برجای مانده از دوران جنگ می باشد. با توجه به زمانبر بودن و هزینه های پاکسازی، اقدامات دیگری همچون آموزش و ارائه خدمات پیش بیمارستانی نیز کمک کننده خواهد بود. بررسی ها نشان داده است که آموزش افراد در معرض خطر، یکی از مؤثرترین روشها برای کاهش تلفات و خسارات انسانی ناشی از مین و مهمات عمل نکرده می باشد. به علاوه آموزش و مهیا نمودن ابزار برای ارائه خدمات و کمکهای اولیه به مصدومین و همچنین ارائه خدمات پیش بیمارستانی نقش غیر قابل انکاری در کاهش تلفات و معلولیت ها دارد. همان گونه که مشاهده می شود، عمده گزارش های موجود به غیر نظامیانی مربوط می شود که پس از پایان جنگ و بر اثر انفجار گلوله های عمل نکرده و مین های باقی مانده از زمان جنگ آسیب دیده اند. افرادی که اقدام به پاکسازی میادین مین میکنند، گروه دیگری از قربانیان به شمار می روند. اطلاعات در خصوص این افراد در کشورمان محدود می باشد. در تنها گزارش موجود اشاره شده است که شایع ترین آسیب در میان مصدومینی که برای مداوا به بیمارستان انتقال داده شده اند، ترومای اندام ها بوده است. پس از آن، آسیب های چشم و فک و صورت به ترتیب با 56% و 50% در رتبه های بعدی قرار دارند.

**آسیب های ناشی از پرتابه های انفجاری (گلوله های توپ و خمپاره، تانك، نارنجك، موشك، بمب و مانند آنها)**

زخم های نافذ ناشی از اصابت گلوله و ترکش های حاصل از انفجار مهمات نظامی از اصلی ترین عوامل آسیب در رزمندگان اسلام در جنگ تحمیلی بوده است. در یک مطالعه در 1000 نفر از مجروحین جنگی 3/58 درصد به علت اصابت ترکش مصدوم شده بودند. از 1897 مورد آسیب مهم در این مجروحین اندام تحتانی و لگن استخوانی با 30.5% و اندام فوقانی با 24%، فراوان ترین محل های آناتومیک مورد اصابت بوده اند. سایر نواحی آناتومیک آسیب دیده به ترتیب فراوانی عبارت بودند از سر و گردن شکم و محتویات لگن، نخاع و فقرات ستون، مغز، قفسه سینه.

مهمات انفجاری شامل مین، گلوله های توپ و خمپاره تانک، نارنجک، موشک، بمب و مانند آنها پس از انفجار تعداد فراوانی قطعات فلزی نامنظم، موسوم به ترکش، به اندازه های مختلف ایجاد می کنند. در فواصل نزدیک به کانون انفجار اغلب ترکش ها پرشتاب هستند. مکانیسم آسیب زایی این پرتابه های پرشتاب شبیه گلوله های پرشتاب است. علاوه بر آسیب های ناشی از اصابت ترکش های متعدد، قطعات لباس، سنگ ریزه، ذرات اشیاء و اجسام خارجی، خرده های استخوانی و نظیر آنها نیز به صورت پرتابه های ثانویه بر تعدد و شدت ضایعات و آلودگی های مربوطه می افزایند. حرارت بسیار بالا در مجاورت انفجار و انتقال آن به پرتابه ها نیز در مصدومین آسیب ها و سوختگی های حرارتی به وجود می آورند. سایر عوامل تأثیرگذار بر شدت و وسعت آسیب و مرگ و میر و معلولیت ناشی از این مهمات و پرتابه های مربوطه عبارتند از: نوع سلاح، وزن پرتابه ها و سرعت آنها در زمان اصابت به بدن و مشخصات فیریکی و حیاتی بافت های مورد اصابت.

**اصول مراقبت و اداره زخمهای جنگی**

اصول مراقبت از زخم های جنگی شبیه زخم های حاصله از سایر انواع تروما است، اما در بعضی جنبه های ویژه و روش ها متفاوت است. اقدامات و مراقبت های اولیه از زخم ها و دبریدمان، نسبت به اقدامات بعدی نظیر تجویز آنتی بیوتیک از اهمیت بیشتری برخوردار است. در صورتیکه شرایط اجازه میدهد باید بررسی ها و ارزیابی های نوروواسکولار و تصویربرداری قبل از دبریدمان انجام شود. اصول دبریدمان زخم های جنگی به شرح زیر است:

* البسه و اجسام خارجی قابل رویت حذف گردد.
* شستشوی وسیع زخم با مقادیر زیاد محلول های گرم شستشو (ترجیحاً نرمال سالین) برای حذف آلودگی های زخم و پوست و مشخص نمودن دقیق تمام آسیب ها ضروری است.
* در صورتی که مقدور است، قبل از شروع دبریدمان فوتوگرافی از زخم ها انجام شود و در پرونده بیمار نگهداری شود. این عکسها در موارد آمپوتاسیون برای نشان دادن دلیل این تصمیم مهم، بسیار با ارزش هستند.
* هدف از دبریدمان حذف ماکروسکوپیک نسوج مرده و نکروزه و لخته های خون و رسیدن به بافت های سالم است. بافت ها حول محیط زخم، لایه به لایه باید دبریدمان شوند.
* دبریدمان اولیه باید با ابزار برنده نظیر تیغ یا قیچی جراحی انجام شود. استفاده از کوتر برای کنترل خونریزی و ارزیابی انقباض عضلانی توصیه نمی شود، چون موجب باقی ماندن نسوج مرده و سوخته و زمینه ساز عفونت های بعدی است.
* استفاده از تورنیکه پنوماتیک در زمان دبریدمان اندامها، اگرچه به رؤیت بهتر میدان عمل کمک می کند، موجب آسیب و استرس ایسکمیک بیشتر به نسوجی میشود که از قبل آسیب دیده ولی هنوز زنده هستند.
* در موارد آمپوتاسیون اندام ها، در دبریدمان و عمل اولیه نباید از فالپها برای پوشش استامپ استفاده شود، چون این اقدام موجب از بین رفتن ماهیچه هایی می شود که قابل زنده ماندن و برای بازسازی های بعدی ضروری هستند. تمام پوست زنده بدون ایجاد برش اضافی روی آنها باید حفظ شوند.
* دبریدمان اولیه پوست باید به نسوجی که به طور واضح مرده و نکروزه هستند محدود شود. به علت عواملی نظیر هیپوترمی و انقباض موئینه ها، در این مرحله رسیدن به حواشی خونریزی دهنده ضروری نیست. چنانچه برای دسترسی به نسوج عمقی به برش پوستی نیاز گردد، انسیزیون باید در راستای محور طولی اندام انجام شود.
* دبریدمان چربی زیر پوست و فاسیا باید به نسوج آسیب دیده قابل رؤیت با چشم غیر مسلح محدود شود تا حتی المقدور خونرسانی مختل نشود و فلاپهای پوستی-فاسیایی مورد نیاز برای ترمیم های بعدی به خطر نیفتند.
* فاسیوتومی کمپارتمانهای عضلانی در موارد سندرم کمپارتمان یا تهدید به بروز آن در زمان انتقال بعدی مجروح، یا مواردی که بی دردی طولانی مدت پیش بینی می شود، باید انجام گردد. فاسیوتومی باید طول کامل کمپارتمان عضلانی را فرا گیرد.
* در ترومای عضلانی در مجروحین جنگی، چهار شاخص رنگ، قابلیت انقباض، استحکام، و خونریزی موئینه ای ممکن است شاخصه ی معتبری برای ارزیابی آسیب های میکروسکوپیک عضلات نباشند. از هر چهار شاخص برای ارزیابی زنده بودن عضلات باید استفاده شود و در موارد تردید، دبریدمان تا سرحدی انجام و ادامه آن به جلسات بعد موکول شود.
* تاندونها، اعصاب و عروق آسیب دیده باید به وضوح در گزارش عمل و دبریدمان مشخص شوند. در آسیب عروق بزرگ، در بعضی زخم های پروگزیمال اندام ها، پیوند اولیه عروقی لازم می شود. در زمان دبریدمان اولیه زخم های جنگی، پیوند اعصاب و تاندون های آسیب دیده نباید انجام شود ولی انتهای آنها با نخ های بخیه نشاندار شوند.
* در آسیب های استخوانی هر زمان میسر باشد باید پریوست حفظ شود و قطعات نکروزه حذف شود.
* در انتهای دبریدمان و پس از اطمینان از کنترل خونریزی و رعایت اصول بالا، شستشوی زخم باید (ترجیحاً با محلول سالین گرم استریل) انجام شود. در مواردی که سالین در دسترس نیست، آب آشامیدنی گرم جایگزین مناسبی است. اضافه نمودن آنتی بیوتیک یا محلول های ضد عفونی به مایع شستشوی زخم های جنگی اثر معکوس داشته، توصیه نمی شود.
* پانسمان زخم های جنگی باید معمولی باشد و شواهد برای پانسمان های خاص محدود است.