

Considerations of Dealing with Lumbar and Spinal Trauma Injuries in High-speed Combat Bullets

Hamidreza Javadzade¹, Mohammad Javad Behzadnia^{1,2*}

¹ Department of Emergency Medicine, Faculty of Medicine, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

² Trauma Research Center, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 13 November 2021 Accepted: 27 December 2021

Abstract

Background and Aim: The great experiences of martial medicine in the axis of resistance and in the field are not hidden to anyone. Management of the victims, each of which shows a treasure of therapeutic measures in critical and combat situations, the importance of the issue is that the war injuries have a great difference with urban damages. Therefore, it is necessary to pay special attention to this aspect. This case report study has been performed on a 24-year-old casualty at a field hospital.

Case Report: A 24-year-old casualty, who enters the emergency room of the field hospital on his foot, as he walks, he expressed a low back discomfort according to a gunshot wound. After a quick triage and surgical consultation, he was immediately transferred to the field operation room. Under a sterile condition, the wound was completely exposed and examined. There was a big hole in his back, which was thoroughly washed and temporarily stitched and closed. As a possibility of spinal injury, he was referred to the hospital with a backboard. Fortunately, further evaluation revealed no damage.

Conclusion: The destructive effects of the war bullets are due to the release of high energy tissue damages, and their effects do not only lead to direct damages, but also can cause much greater damage than the initial path of the bullet on the vital tissues around its passage. The location of the bullet's entry and exit is an important determinant of injuries and deaths in war wound victims, as the injuries can cause damages to the central nervous system (brain or spinal cord) or severe impairment to visceral organs and life-threatening bleeding.

Keywords: Ballistic, Combat Medicine, War Trauma, Gunshot Wounds, High Velocity Injury.

* **Corresponding Author:** Mohammad Javad Behzadnia

Address: Trauma Research Center, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

E-mail: behzadnia@bmsu.ac.ir

ملاحظات برخورد با مصدوم ترومای کمر و ستون فقرات در گلوله جنگی با سرعت بالا

حمیدرضا جوادزاده^۱، محمد جواد بهزادنیا^{۱،۲*}

^۱ گروه طب اورژانس، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران
^۲ مرکز تحقیقات تروما، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۲۲ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۶

چکیده

زمینه و هدف: تجارب عظیم بهداری رزمی در محور مقاومت و در حوزه طب رزمی بر کسی پوشیده نیست. مدیریت مصدومینی که هر کدام در جای خود نمونه‌ای ارزشمند از اقدامات درمانی در شرایط بحرانی و جنگی را نشان می‌دهد. اهمیت موضوع در آن است که آسیب‌های جنگی تفاوت زیادی با آسیب‌های شهری داشته و لازم است این جنبه مورد توجه ویژه قرار گیرد. این مطالعه از نوع گزارش موردی بالینی بر روی بیمار مصدومی صورت گرفته که به واحد اورژانس بیمارستان صحرایی مراجعه کرده است.

معرفی بیمار: مصدوم ۲۴ ساله که با پای خودش وارد اورژانس بیمارستان صحرایی می‌شود؛ درحالی که راه می‌رود، از زخم گلوله ناحیه کمر اظهار ناراحتی می‌کند. پس از تریاژ سریع و مشورت با متخصص جراح حاضر، بلافاصله مصدوم به اتاق عمل اورژانس منتقل می‌شود. تحت شرایط استریل زخم کاملاً باز و معاینه گردید. در معاینه حفرة بزرگی وجود داشت که کاملاً شستشو داده شد و سپس به شکل موقت با بخیه‌های بزرگ بسته و درن گذاشته شد. با توجه به احتمال آسیب ستون فقرات، مصدوم با بک‌بورد جهت ارزیابی‌های تکمیلی منتقل گردید. با ارجاع مصدوم و پیگیری‌های بعدی رادیولوژیک و سی‌تی‌اسکن شکم و ستون فقرات، خوشبختانه آسیبی مشاهده نگردید.

نتیجه‌گیری: اثرات آسیب‌رسان گلوله‌های جنگی عموماً ناشی از آزاد شدن انرژی زیاد و تخریب بافت‌ها است. این اثرات صرفاً به آسیب مستقیم ختم نمی‌شود بلکه می‌تواند آسیبی به مراتب بزرگتر از مسیر اولیه گلوله بر بافت‌های حیاتی اطراف محل عبور آن ایجاد کند. مکان ورود و خروج گلوله در مسیر عبور آن مهمترین عامل تعیین‌کننده آسیب‌ها و مرگ‌ومیر در مصدومین آسیب ناشی از گلوله می‌باشد، چرا که آسیب‌ها می‌تواند سبب صدمه به سیستم اعصاب مرکزی (مغز یا نخاع) و یا آسیب شدید ارگان‌های احشایی و خون‌ریزی‌های تهدیدکننده حیات گردد.

کلیدواژه‌ها: جنگ، تروما، میدان نبرد، ستون فقرات، گلوله، انرژی بالا.

* نویسنده مسئول: محمد جواد بهزادنیا

آدرس: مرکز تحقیقات تروما، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران.

ایمیل: behzadnia@bmsu.ac.ir

مقدمه

بهداری رزمی در جنگ‌های محور مقاومت، حاوی تجارب بسیار گران‌بهایی است که تا سالیان متمادی می‌تواند راهگشایی ارزشمند برای نیروهای درمانی شاغل و علاقه‌مندان به حوزه طب رزمی باشد. مدیریت مصدومینی که هر کدام در جای خود گنجینه‌ای از اقدامات درمانی در شرایط بحرانی و جنگی را نشان می‌دهد. در میدان نبرد، آسیب‌های جنگی تفاوت زیادی با آسیب‌های شهری دارند. از یک سو، مکانیسم آسیب ناشی از اصابت گلوله و ترکش و انفجار است، از سوی دیگر، شدت آسیب‌های جنگی عموماً بیش از آسیب‌های شهری است (۱). گلوله‌ها در محیط جنگی با سرعت و قدرت بالا هستند و نسبت به کلت کمری و سلاح‌های شهری صدمات بیشتری به بافت می‌زنند (۲). در این مقاله به بیان یکی از آسیب‌های نادر ناشی از ترومای ستون فقرات کمری در اثر گلوله جنگی و چگونگی مدیریت و درمان وی پرداخته‌ایم. در منطقه بوکمال سوریه در فاصله ۲

کیلومتری از پست امداد و ۴ کیلومتری از خط مقدم جبهه یک بیمارستان صحرائی برپا شده بود. تیم مستقر در این بیمارستان شامل ۳ پرستار، یک نفر تکنسین اتاق عمل، یک نفر تکنسین بیهوشی، یک نفر متخصص بیهوشی، یک نفر جراح عمومی و یک نفر متخصص طب اورژانس بود.

معرفی بیمار

رزمنده ۲۴ ساله با پای خودش وارد اورژانس بیمارستان صحرائی می‌شود؛ درحالی که خودش راه می‌رود، از زخم گلوله ناحیه کمر اظهار ناراحتی می‌کند. متخصص طب اورژانس بعد از تریاژ سریع و مشورت با جراح حاضر، بلافاصله مصدوم را به اتاق عمل اورژانس منتقل می‌کند. علائم حیاتی بدو مراجعه مصدوم شامل BP: 100/ 67, PR: 90, RR: 20, O2 Sat: 98% و در حد طبیعی بود (شکل ۱).



شکل-۱. مصدوم ترومایی با آسیب نافذ ناحیه کمری

در معاینه زخم، خونریزی فعالی وجود نداشت. البته در صحنه حادثه مقدار زیادی گاز و باند استریل داخل حفره بزرگ آسیب‌دیده در مجاورت ستون فقرات قرار داده شده بود. خوشبختانه با پاک کردن کامل محل زخم، خون‌ریزی قطع شده بود (شکل ۲). تحت شرایط استریل زخم کاملاً باز (اکسپلور) و معاینه شد. در معاینه، حفره بزرگی وجود داشت که کاملاً شستشو و به شکل موقت بخیه‌های بزرگ زده شد و درن گذاشته شد (شکل ۳). با توجه به احتمال آسیب ستون فقرات، مصدوم با بک‌بورد جهت ارزیابی‌های تکمیلی منتقل گردید. با ارجاع مصدوم به بیمارستان شهری، پیگیری‌های بعدی انجام شد. گرافی ستون فقرات، سونوگرافی و سی‌تی‌اسکن شکم و ستون فقرات انجام شد که همگی نرمال بود. این بیمار یک مورد بسیار نادر از مصدومین جبهه مقاومت است که بعد از اصابت گلوله توپ ضد هوایی با کالیبر ۲۳، بدون هیچ ضایعه‌ای و پس از سه روز ارزیابی و بررسی تشخیصی و درمانی در بیمارستان شهری با پای خودش از بیمارستان مرخص شد.

در معاینه بیمار، سر و گردن و قفسه سینه مورد خاصی مشهود نبود، شکم نرم بود و علائم تحریک پریتون را نداشت. ادرار بیمار شفاف (Clear) و غیرخونی بود. اندام‌های فوقانی و تحتانی بیمار فاقد هر گونه آسیب و تروما بود. حرکات اندام‌ها طبیعی بود و اختلال سطح حسی و یا حرکتی وجود نداشت.

پس از انجام معاینات اولیه و حصول اطمینان از طبیعی بودن سایر معاینات، بلافاصله دسترسی وریدی با آنژیوکت شماره ۱۶ انجام شد. ضمن شروع سرم نرمال سالین، آنتی‌بیوتیک وریدی (سفازولین ۲ گرم)، تزریق واکسیناسیون کزاز و تتابولین هم صورت گرفت. به منظور معاینه و با توجه به درد شدید، سدیشن (Sedation) بیمار با داروهای میدازولام (۵ میلی‌گرم) و کتامین (۱۰۰ میلی‌گرم)، به صورت تیره و با مونیتورینگ قلبی و پالس اکسیمتری انجام شد. ابتدا پانسمان ناحیه کمر باز می‌شود. در معاینه ورودی گلوله، زخم بزرگی در حدود ۱۰ تا ۱۲ سانتی‌متر ناشی از اصابت گلوله مشهود بود.



شکل-۲. تعداد زیادی گاز و باند استریل داخل حفره آسیب دیده در مجاورت ستون فقرات قرار داده شده بود



شکل-۳. ترمیم موقت زخم و ارجاع مصدوم جهت ارزیابی بیشتر

آسیب‌های ناشی از گلوله نیز برای پزشکان و مدیران طب نظامی چالش برانگیزتر شده است چرا که این سلاح‌ها با قابلیت آسیب‌رسانی به بافت‌ها و امکان باقی ماندن بقایای گلوله یا ترکش در بدن مصدومان همراه خواهند بود (۴).

در آسیب‌های ناشی از گلوله مسیر اصلی عبور گلوله عموماً با یک ناحیه بافت آسیب‌دیده ناشی از حفره‌سازی موقت احاطه می‌شود که این ناحیه به واسطه بی‌ثبات شدن و حرکات انحرافی گلوله در بافت رخ می‌دهد (۲). ضایعات ناشی از گلوله به شکم و لگن قبل از آسیب رساندن به لگن و مهره‌ها ممکن است سبب آسیب احشای شکمی از جمله روده‌ها و مثانه گردد که این آسیب‌ها می‌تواند توسط محتویات روده‌ای آلوده شود. در این میان برخی از آسیب‌ها ممکن است نیاز به مداخلات جراحی اورژانس داشته باشند و در عین اینکه برخی دیگر از ضایعات را می‌توان به صورت علامتی (Conservative) مدیریت نمود (۳).

در این ضایعات قبل از هر اقدامی بایستی بیمار را از نظر همودینامیک پایدار کرد و سپس به رویکردهای جراحی و اقدامات ترمیمی پرداخت. شروع هم‌زمان آنتی بیوتیک (Empiric) در

بحث

آسیب‌های ناشی از گلوله‌های جنگی موضوعی بس چالش برانگیز می‌باشد؛ چرا که رفتار بسیاری از گلوله‌ها غیر قابل پیش‌بینی است. با توجه به اینکه اثرات اختصاصی ناشی از سرعت بالای این گلوله‌ها بیشتر مورد چالش و بحث است، به همین دلیل ممکن است این تصور اشتباه پیش آید که تمامی زخم‌های ناشی از گلوله‌های با سرعت بالا نیازمند دبریدمان وسیع می‌باشد (۱). البته آسیب‌های گلوله با توجه به سرعت بالا، کالیبر، وزن گلوله و انرژی بالایی که دارند، صدمات بیشتری به بافت‌های بدن می‌زنند (۳).

مرور مقالات جدید نشان می‌دهد که آسیب‌های ناشی از گلوله‌های با سرعت بالا الزماً ایجادکننده زخم‌های وسیع نمی‌باشد و دبریدمان زخم مبتنی بر قضاوت بالینی و اکسپلوراسیون مرحله‌ای زخم و محل آسیب، بهترین روش درمان در این مصدومان است (۱). پیشرفت‌های فناوریانه در حوزه تولید سلاح‌های انفرادی و امکان دسترسی به سلاح در جمعیت‌های شهرنشین به همین میزان خطر استفاده از آن را در شهرها، جدای از محیط‌های نظامی و جنگی افزایش داده است. به همین نسبت تصمیم‌گیری در مورد

در نهایت این جراحان اعصاب هستند که بر اساس هر مصدوم و بسته به قابلیت‌ها و تجارب خود و منابع در دسترس در زمان جراحی تصمیم نهایی را اتخاذ می‌کنند (۶).

انرژی زیاد جنبشی (کینتیک) در پرتابه‌ها و گلوله‌های جنگی، تعیین‌کننده میزان آسیب و جابجایی بافت‌ها می‌باشد. عوامل اختصاصی مرتبط با پرتابه‌ها و گلوله‌ها از جمله شکل، ساختار و پایداری گلوله‌ها، تعیین‌کننده شدت و میزان انرژی منتقل شده به بافت در طول عبور گلوله است؛ بدین ترتیب در ناحیه آسیب‌دیده یک حفره دائمی در اثر عبور گلوله و یک بافت بالقوه صدمه دیده اطراف آن به علت ایجاد یک حفره موقت در اثر عبور انرژی بسیار بالا از بافت‌های اطراف خواهیم داشت. به علت ماهیت ترکیبی و پیچیده این آسیب‌ها، ارزیابی زخم‌ها و نوع و وسعت درمان مورد نیاز، بر اساس مکانیزم‌های مختلف آسیب‌رساندن به بافت تعیین می‌شود. چه این که غفلت از این مهم ممکن است به راحتی نیروهای درمان را از آسیب‌های پنهان اسکلتی-عضلانی به خصوص در مصدومین دچار تروماهای متعدد غافل کند (۷).

از سوی دیگر خصوصیات فیزیکی بافت آسیب‌دیده شامل مقاومت به کشش، ابعاد فیزیکی ارگان آسیب‌دیده و وجود یا عدم وجود محدودیت‌های آناتومیک اطراف آن عضو (ثابت و متحرک بودن عضو)، نزدیکی به استخوان و غیره نیز در شدت آسیب مؤثر خواهد بود. این عوامل می‌تواند سبب انحراف بیشتر مسیر گلوله و به تبع آسیب‌های هم‌زمان بافت‌های جانبی در اثر حفره‌سازی موقت گردد (۸).

بر طبق قراردادهای و کنوانسیون‌های بین‌المللی، عموماً گلوله سلاح‌های انفرادی جنگی نباید سبب ایجاد حفره‌های گسترده در بدن و متلاشی کردن بیش از حد بافت‌ها شوند ولی متأسفانه استفاده نادرست از برخی سلاح‌ها مانند به‌کارگیری گلوله‌های ضد هوایی برای هدف قراردادن افراد توسط تروریست‌ها، نقض آشکاری از این قوانین در استفاده از سلاح‌های جنگی بوده است (۹).

در یک مطالعه، الگوریتم درمان‌های علامتی زخم‌های ناشی از اصابت گلوله به ستون فقرات در مصدومین شهری که ۵۰ درصد آن‌ها دچار نقایص موضعی (فوکال) عصبی شده بودند، مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه آسیب کامل نخاع توراسیک به عنوان شایع‌ترین آسیب گزارش شده بود و ۸۰ درصد مصدومین، دارای آسیب‌های هم‌زمان به سایر اندام‌های بدن نیز بودند. جالب است بدانیم اندیکاسیون‌های جراحی در آسیب‌های شدیدتر نورولوژیک بیشتر بود ولی انجام جراحی الزاماً به معنای پیامد نورولوژیک بهبودی بیمار نبوده است (۹).

از سوی دیگر در هیچ‌کدام از بیماران، درمان‌های غیرجراحی منجر به ناپایداری تأخیری ستون فقرات یا بدتر شدن وضعیت نورولوژیک نشده است. ۳۱ درصد مصدومان حداقل افزایش یک واحد در ASIA score داشته‌اند. بنابراین مطالعه بسیاری از مصدومان تروماهای نخاعی ناشی از گلوله بدون توجه به تعداد و سطح

آسیب‌های احشایی همراه با شکستگی‌های استخوان لگن و کمر توصیه می‌شود. شدت و وسعت آسیب بافت نرم، خود یکی از دلایلی است که نیاز به انجام دبریدمان وسیع زخم را تعیین می‌کند. گلوله‌های به جا مانده در مفاصل نیز به علت احتمال آسیب‌های بعدی و بعضاً مسمومیت ناشی از سرب بایستی خارج شوند (۳). این در حالی است که بقایای ترکش‌ها در سایر نواحی بدن، بسته به قضاوت بالینی متخصصان و خطرات و عوارض آن ممکن است نیاز به خارج کردن نداشته باشد (۳).

بر اساس آخرین مقالات بین‌المللی با توجه به اینکه در دنیا از سلاح‌های جنگی عموماً در تروماهای شهری و به خصوص اقدامات تروریستی به وفور استفاده می‌شود، لازم است توجه ویژه‌ای به این امر در حوزه طب شهری نیز صورت گیرد؛ چه اینکه عوارض و اثرات سلاح‌های مخرب و زخم‌های ناشی از گلوله و بعضاً ترکش‌های انفجاری با سرعت بالا می‌تواند پیامدهای گسترده‌ای بر جوامع شهری داشته باشد که لازم است در بازنگری دستورالعمل‌های این حوزه مدنظر قرار گیرد (۴).

گلوله‌های جنگی بسته به جرم داخلی و سرعت خود می‌تواند زخم‌های با حداکثر آسیب را ایجاد کنند. شدت واقعی آسیب زخم به ساختار و مسیر گلوله و همچنین خصوصیات بافتی که گلوله از آن عبور می‌کند، بستگی دارد. لازم است پزشکان معاینه‌گر به دقت مسیر گلوله و الگوی آسیب منجر به تخریب بافت‌های زنده اطراف را بررسی و بر اساس آن چگونگی مدیریت زخم را برنامه‌ریزی کنند. در این راستا داشتن دانش اولیه از پرتابه‌ها، گلوله‌ها و ترکش‌های جنگی و مکانیسم آسیب‌رسانی هر کدام به پیش‌بینی بهتر احتمال آسیب‌های مترتبه کمک زیادی خواهد کرد (۵).

ضایعات نافذ ناشی از گلوله در آسیب‌های نخاعی و ترومای جنگی امری شایع است. موضوع لامینکتومی دکمپرسیو (Decompressive laminectomy) از جمله اقداماتی است که همچنان در آسیب‌های ستون فقرات ناشی از تروماهای جنگی مورد بحث و چالش می‌باشد (۶). بر اساس یک مطالعه مروری جامع مشخص گردید که شواهد بسیاری در مطالعات، متضمن عدم افزایش عملکرد و بهبودی بیماران با لامینکتومی دکمپرسیو در آسیب‌های جنگی فقرات نخاعی است. شاید محدودیت‌های متدولوژیک مطالعات یکی از دلایل این نتایج باشد؛ به همین دلیل در تروماهای جنگی ستون فقرات، جراحان ارتش و نیروی دریایی آمریکا معتقدند هنوز هم دکمپرسیو یا برداشتن اثر فشاری نخاع با اقدام جراحی در هر مصدوم با آسیب‌های ناکامل نورولوژیک و یا آسیب دائمی کانال نخاعی به خصوص در ۲۴ تا ۴۸ ساعت اول ضروری است. در عین حال لازم است قبل از هرگونه مداخله جراحی ابتدا مصدوم از لحاظ همودینامیک پایدار (Stable) شود (۶).

نویسندگان این مقاله امیدوارند در آینده و بر اساس شواهد جدیدتر و ارزیابی مصدومان ترومای جنگی این تناقضات در مدیریت مصدومان ستون فقرات در آسیب‌های جنگی کمتر شود.

مکان ورود و خروج گلوله در مسیر عبور آن مهمترین عامل تعیین کننده آسیب‌ها و مرگ‌ومیر در مصدومین آسیب ناشی از گلوله می‌باشد. در این میان حساس‌ترین مکان‌های بدن، سر و تنه می‌باشند، چرا که آسیب‌ها می‌تواند سبب صدمه به سیستم اعصاب مرکزی (مغز یا نخاع) شود یا اینکه سبب آسیب شدید ارگان‌های احشایی و خون‌ریزی‌های تهدیدکننده حیات گردد (۹).

آسیب‌های بافت‌ها و ارگان‌ها، ناشی از حفره سازی دائمی و مستقیم گلوله خواهد بود؛ از طرفی این آسیب می‌تواند سبب کشیدگی شعاعی بافت‌های اطراف مسیر عبور گلوله و ایجاد حفره-های موقتی آسیب‌رسان در وسعتی بیشتر شود که به نوع، سرعت و جرم گلوله بستگی دارد (۱۱).

تشکر و قدردانی: بدین‌وسیله از مرکز تحقیقات بالینی

بیمارستان بقیه الله (عج) تشکر و قدردانی می‌شود.

تضاد منافع: بدین وسیله نویسندگان تصریح می‌نمایند که

هیچ‌گونه تضاد منافی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

نورولوژیک فقرات آسیب‌دیده و درگیر، بایستی به صورت غیر جراحی درمان شوند و موارد جراحی محدود به مواردی چون عفونت ستون فقرات و ترشح و خروج مایع مغزی نخاعی از محل آسیب گردد (۹).

نتیجه‌گیری

شناخت اثرات آسیب‌رسان گلوله‌های جنگی در گرو درک این معناست که این سلاح‌ها دارای انرژی زیادی در تخریب بافت بوده و اثرات آن‌ها صرفاً به آسیب مستقیم ختم نمی‌شود بلکه تحت تأثیر پدیده‌ای به نام حفره‌سازی یا کاپیتاسیون موقت، می‌تواند آسیب به مراتب بزرگتر از مسیر اولیه گلوله بر بافت‌های حیاتی اطراف محل عبور آن ایجاد کند (۵).

این اثر مهم اگر در برخورد با آسیب گلوله‌های با انرژی بالا در نظر گرفته نشود می‌تواند به راحتی برخی از عوارض و مشکلات جانبی آسیب را پنهان کند و در آینده مصدوم را با مشکلات جدی روبرو سازد. این اثرات بایستی در زمان درخواست روش‌های کمک تشخیصی مثل گرافی‌ها و یا اسکن‌های احشایی و یا استخوانی جهت ارزیابی آسیب‌های جانبی احتمالی مدنظر قرار گیرد (۱۰).

منابع

1. Miller AN, Carroll EA, Pilson HT. Transabdominal gunshot wounds of the hip and pelvis. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2013;21(5):286-92. doi:10.5435/JAAOS-21-05-286
2. Baum GR, Baum JT, Hayward D, MacKay BJ. Gunshot wounds: ballistics, pathology, and treatment recommendations, with a focus on retained bullets. *Orthopedic Research and Reviews*. 2022:293-317.
3. Stefanopoulos PK, Mikros G, Piniolidis DE, Oikonomakis IN, Tsiatis NE, Janzon B. Wound ballistics of military rifle bullets: an update on controversial issues and associated misconceptions. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2019; 87(3):690-8. doi:10.1097/TA.0000000000002290
4. Hanna TN, Shuaib W, Han T, Mehta A, Khosa F. Firearms, bullets, and wound ballistics: an imaging primer. *Injury*. 2015;46(7):1186-96. doi:10.1016/j.injury.2015.01.034
5. Maiden N. Ballistics reviews: mechanisms of bullet wound trauma. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*. 2009;5:204-9. doi:10.1007/s12024-009-9096-6
6. Santucci RA, Chang YJ. Ballistics for physicians: myths about wound ballistics and gunshot injuries. *The Journal of Urology*. 2004;171(4):1408-14. doi:10.1097/01.ju.0000103691.68995.04
7. Stefanopoulos PK, Piniolidis DE, Hadjigeorgiou GF, Filippakis KN. Wound ballistics 101: the mechanisms of soft tissue wounding by bullets. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2017;43:579-86. doi:10.1007/s00068-015-0581-1
8. Bonath KH, Vannini R, Koch H, Schnettler R. Gunshot wounds--ballistics, physiopathology,

surgical treatment. *Tierärztliche Praxis*. 1996;24(3): 304-15.

9. Bumpass DB, Buchowski JM, Park A, Gray BL, Agarwal R, Baty J, et al. An update on civilian spinal gunshot wounds: treatment, neurological recovery, and complications. *Spine*. 2015;40(7):450-61. doi:10.1097/BRS.0000000000000797

10. Stefanopoulos PK, Filippakis K, Soupiou OT, Pazarakiotis VC. Wound ballistics of firearm-related injuries—part 1: missile characteristics and mechanisms of soft tissue wounding. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2014; 43(12):1445-58. doi:10.1016/j.ijom.2014.07.013

11. Klimo P, Ragel BT, Rosner M, Gluf W, McCafferty R. Can surgery improve neurological function in penetrating spinal injury? A review of the military and civilian literature and treatment recommendations for military neurosurgeons. *Neurosurgical. Focus*. 2010;28(5):E4. doi:10.3171/2010.2.FOCUS1036