

Principy léčby končetinového poranění v soudobých válečných konfliktech

Management of War Orthopaedic Injuries in Recent Armed Conflicts

M. FRANK^{1,2}, L. MATHIEU³

¹ Chirurgická klinika Lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Hradec Králové

² 6. polní nemocnice Armády České republiky

³ Department of Orthopaedic and Trauma Surgery, Desgenettes Military Hospital, Lyon, France

SUMMARY

The extremities continue to be the most frequent sites of wounding during armed conflicts despite the change of combat tactics, soldier armour and battlefield medical support. Due to the advances in prehospital care and timely transport to the hospital, orthopaedic surgeons deal with severe and challenging injuries of the limbs. In contrast to civilian extremity trauma, the most combat-related injuries are open wounds that often have infection-related complications. Data from two recent large armed conflicts (Iraq, Afghanistan) show that extremity injuries are associated with a high complication rate, morbidity and healthcare utilization. A systematic approach that consists of sequential surgical care and good transport capabilities can reduce the complication rate of these injuries. New medical technologies have been implemented in the treatment strategy during the last decade. This article reviews the published scientific data and current opinions on combat-related extremity injuries.

Key words: extremity, combat, trauma, medical support system.

ÚVOD

Končetiny jsou regionem, který je nejčastěji poraněn při bojové činnosti (8, 21, 25, 26). V soudobých ozbrojených konfliktech (Irák, Afghánistán) zahrnuje končetinové trauma 54–70 % poranění (8, 25, 29). Tato poranění jsou charakteristická vysokým výskytem především infekčních komplikací a vysokými náklady na léčbu (22, 26). Osteomyelitida se vyvine přibližně v 15 % případů bojových zranění končetiny (26). Vysoký počet komplikací (ranné komplikace, kompartment syndrom, nonunion aj.) je spjatý s mechanismem úrazu, protože vojenský personál je mladého věku a bez komorbidit (24). Frekvence a závažnost končetinového traumatu u přeživších pacientů je v současných konfliktech ovlivněna kvalitnější balistickou ochranou trupu, standardizací přednemocniční péče, rychlou evakuací a rozmístěním předsunutých chirurgických týmů (5, 24). Při nošení balistické ochrany trupu jsou končetiny relativně nechráněnou částí těla proti projektilovému i střepinovému poranění. Od roku 1996 jsou do bojové činnosti zaváděny standardizované postupy první pomoci a lékařské pomoci v poli, tzv. **Tactical Combat Casualty Care** (TCCC) (6, 17, 26). Asi největším

přínosem TCCC je rozšíření časné aplikace turniketů při končetinovém traumatu a zavedení turniketů do výbavy jednotlivce. Toto rozšíření se obešlo bez nárůstu komplikací z jejich aplikace (19). Pokles času evakuace raněných z 11 na 4 hodiny mezi druhou světovou a korejskou válkou byl dán zavedením vrtulníkového transportu (24, 26). Dosažitelnost chirurgické péče v soudobých konfliktech je v rozmezí jedné až tří hodin od úrazu (26). To je umožněno kvalitním transportem a taktikou rozmístění předsunutých chirurgických týmů (Role 2). V současnosti probíhající operaci v Afghánistánu – International Security Assistance Force (ISAF) je stanovena na 60 minut (osobní zkušenost autorů). Některé práce poukazují na obdobné časy přednemocniční péče jako v civilních podmínkách (5). Stejně jako v civilních podmínkách vede časný a agresivní management ke snížení morbidity a letality válečných poranění (21, 25, 26).

Cílem práce je shrnout současný pohled na taktiku léčby válečného končetinového traumatu, včetně popisu technik chirurgického ošetření s implementací nových medicínských technologií.

TYPY PORANĚNÍ

Bojové končetinové trauma je charakterizováno vysokou energií vzniku, vysokou enviromentální kontaminací a postižením více systémů končetiny (cévy, nervy, kosti) (25). Postižení horních a dolních končetin je rovnoměrné, ale infekční komplikace se častěji vyskytují při postižení dolních končetin (26). Díky aplikaci turniketu v přednemocniční péči a časné evakuaci je v soudobých konfliktech frekvence tepenného poranění u chirurgicky ošetřovaných pacientů pětikrát vyšší než v minulosti (26, 37). Četnost amputačních výkonů (bez traumatických amputací) je ale srovnatelná s předchozími konflikty a pohybuje se kolem 8 % případů (26, 34). Lin a spol. uvedli výskyt tepenného poranění v Afghánistánu ve 12 % a četnost traumatických amputací velkých segmentů v 19 % případů poranění končetin (21). Všechny traumatické amputace byly způsobeny výbuchem miny nebo improvizovaného nástražného výbušného systému (improvised explosion device – IED) (21). V soudobých konfliktech střepinové poranění jasně převažuje nad poraněním projektilovým, protože exploze je příčinou vzniku končetinového traumatu v 65–81 % (3, 21, 26). Nejčastější příčinou je právě výbuch IED (3). Poranění způsobené výbuchem IED má často obdobné charakteristiky jako poranění minové, které je specifické rozsáhlou lacerací měkkých tkání (tzv. umbrella effect) a vysokou kontaminací (obr. 1). Poranění ruky zahrnuje přibližně 20 % válečného končetinového traumatu (21, 24). Jedná se o vysokoenergetická devastační poranění (obr. 2), která se často vyskytují v kombinaci s poraněním jiných segmentů končetin.

LÉČEBNĚ ODSUNOVÝ SYSTÉM

Zdravotnická podpora bojové činnosti je zabezpečena tzv. **léčebně odsunovým systémem**, který se skládá z jednotlivých zdravotnických etap (**Role 1–4**) a systému evakuace raněných (1, 17). Tento systém je charakteristický stupňovitým poskytováním zdravotní (chirurgické) péče. Jednotlivé Role jsou specifikovány podle úrovně klinické péče, nikoliv podle kapacity nebo rychlosti případného přesunu (1). Primární chirurgická péče je přítomna na **Roli 2**, kde se provádějí život a končetiny zachraňující výkony v rámci damage control surgery. Na Roli 2 je možná limitovaná pooperační péče (do 72 hodin). Většinou jsou pacienti pooperačně časně transportováni na vyšší etapu – Roli 3, kde je již poskytována vysoce specializovaná péče. Na **Roli 3** je již jednotka intenzivní péče, kvalitně vybavené operační sály a široký komplement včetně výpočetní tomografie (CT). Taktéž jsou zde erudovaní specialisté, včetně traumatologa/ortopeda zabývajícího se končetinovým traumatem (1). Vybavení operačních sálů na Roli 3 lze přirovnat ke kvalitně vybavené nemocnici okresního typu v ČR, bez určitých modalit jako je artroskopie nebo laparoskopie. Jako **Role 4** je definována nemocnice, většinou na území domovského státu, která zabezpečuje následnou péči, včetně péče chirurgicko-ortopedické a rehabilitace (1).

Nedílnou součástí léčebně odsunového systému je zdravotnická evakuace raněných, která zabezpečuje tok pacientů a poskytování zdravotnické péče během převozu. Z místa poranění jsou pacienti transportováni většinou vzestupně na jednotlivé Role. To ale není fixním pravidlem (1). Z Role 3 jsou organizovány zdravotnické strategické transporty (STRATEVAC) pacientů zpět do vlasti. Protože je STRATEVAC prováděn především prostředky vzdušného odsunu, bývají Role 3 umístěny v blízkosti letišť.

PRINCIPY LÉČBY

Péče o válečné končetinové poranění je typická svým stupňovitým uspořádáním (17, 25). Časné chirurgické ošetření vede ke snížení počtu infekčních komplikací (21, 25, 26). Právě včasnost chirurgického ošetření (a nikoliv antibiotická terapie) vede k zamezení výskytu obávané plynaté gangrény u válečného končetinového traumatu (26). V armádách Severoatlantické aliance (NATO) je její výskyt v soudobých konfliktech nulový (26). Zkušenosti z jomkipurské války (1973) ukazují, že nadměrné spoléhání na antibiotickou terapii může vést ke zhoršení kvality chirurgického ošetření (18).

Přednemocniční péče se od civilních podmínek odlišuje použitím turniketů a lokálních hemostatických prostředků druhé generace (Combat Gauze®, WoundStat®, TraumaCure, USA) (6, 26). Další odlišností je časné podání antibiotik (ATB) ještě v přednemocniční péči (6, 26).

Principy ATB léčby vychází často ze studií prováděných v mírových podmínkách (26, 28, 31). U válečného končetinového traumatu je primárně zaměřena proti enviromentální kontaminaci gram pozitivními bakteriemi (*Staphylococcus koaguláza-negativní*, *Staphylococcus aureus*) (26, 27). Enviromentální kontaminace gram negativními bakteriemi (*Pseudomonas spp.*, *Chryseobacterium meningosepticum*, *Escherichia coli*) je minimální (27). Základní roli hrají ATB penicilinové řady a cefalosporiny I. generace (9, 26). ATB terapie je indikována nejen u otevřených zlomenin, ale i při poranění měkkých tkání. V současných konfliktech (Irák, Afghánistán) je nejčastěji používaným ATB cefazolin, podle doporučení pro armádu USA (25, 26). Izraelské ATB schéma obsahuje kombinaci cefalexinu s metronidazolem (13). Dle doporučení Mezinárodního výboru Červeného kříže je základním ATB při otevřených zlomeninách, amputacích a laceracích měkkých tkání nitrožilní podání penicilinu (9). Pokud se jedná o minové poranění (nebo způsobené IED, pozn. autorů) nebo je ošetření prováděno po 72 hodinách od úrazu, je k terapii penicilinem přidán metronidazol pro vysoké riziko rozvoje anaerobní infekce (9). Velice diskutovanou částí ATB terapie je přidání ATB pokrývající gramnegativní flóru, nejčastěji aminoglykosidu nebo fluorochinolonu. Důvodem nejasností je nedostatek validních dat a riziko vývoje infekce způsobené multirezistentními kmeny (*Pseudomonas aeruginosa*, *methicilin-rezistentní Staphylococcus aureus* (MRSA), *Enterobacter spp.*, *Acinetobacter spp.*) (26). Dle současných doporučení pro armádu USA je



Obr. 1. Poranění dolních končetin způsobené výbuchem protipěchotní miny; a – traumatická amputace LDK v bérce s rozsáhlou separací měkkých tkání proximálně (umbrella effect). Typické je vysoce znečištěné poranění v oblasti kolene kontralaterální končetiny (PDK); b – stav po debridementu a stabilizaci otevřených zlomenin proximálního bérce a distálního femuru PDK zevní fixací; c – stav 2 týdny od úrazu. Defekty měkkých tkání řešeny svalovými laloky s dermo-epidermálními štěpy.

přidání ATB pokrývající gramnegativní bakterie indikováno až při rozvoji klinických známek infekce a výsledku mikrobiální kultivace včetně stanovení rezistence (25, 26). To platí i pro otevřené zlomeniny III. stupně dle Gustilo-Andersonovy klasifikace (11, 12). Doporučená délka ATB terapie je při nekomplikovaném průběhu 5 dní (9, 13, 26). Na začátku terapie jsou ATB podávány nitrožilně s možným přechodem na perorální podání v průběhu léčby (9, 13).

CHIRURGICKÉ OŠETŘENÍ

Principy chirurgického ošetření bojových projektilových a střepinových poranění (debridement a výplach, stabilizace zlomenin a odložený uzávěr rány) zůstávají platné i při zavádění nových medicínských technologií. Základními výkony po dosažení hemostázy a event. revaskularizaci jsou z důvodu masivní kontaminace debridement a vysokoobjemová irigace (17, 26).

Rozsah debridementu závisí na stupni lacerace tkání, která odpovídá energii způsobující poranění (17). Cílem debridementu je odstranění cizích těles, koagul, volných kostních fragmentů a avitálních tkání, které tvoří dobré podmínky pro růst mikroorganismů (26). Kovové střepiny je ale často nemožné zcela odstranit, což platí především u mnohočetného střepinového poranění (26). Odstranění je vždy indikované u penetrujícího poranění (pleura, peritoneum, synovie, dura mater), při cévních poraněních a zlomeninách (při zlomeninách to není vždy možné, pozn. autorů), při

Obr. 2. Vysokoenergetický průstřel ruky způsobený AK-47; a – vstřel v oblasti ulnární hrany ruky, výstřel v oblasti II. metakarpu; b – detail výstřelu s traumatickou amputací II. prstu včetně ztráty celého metakarpu a defektní zlomeninou III. metakarpu; c – stav po primárním chirurgickém ošetření s okamžitou primární suturou a drenáží. Defektní zlomenina III. metakarpu byla řešena zevní fixací, pro dorzální karpometakarpální luxaci III. – V. metakarpu v kombinaci s karpometakarpální transfixací K-dráty.



vstřelu nebo výstřelu větším než 2 cm, při infikovaných fragmentech a pokud se jedná o poranění následkem výbuchu miny (4, 17, 25, 26). V ostatních případech se dá postupovat konzervativně s ponecháním fragmentů ve tkáních současně s ATB terapií a zajištěním profylaxe proti tetanu (4, 25, 26). Při útocih sebevražedných atentátníků je ještě doporučována profylaxe proti hepatitidě B pro riziko přenosu kostními fragmenty (10).

Nezbytnou součástí primárního chirurgického ošetření je výplach (17, 25, 26). Přestože nejsou jasné stanoveny jeho objemy, je doporučována tzv. vysokoobjemová irigace. V experimentu na zvířeti byla prokázána větší redukce bakterií při časném provedení výplachu (do 3 hodin) velkými objemy tekutiny (30, 35). Obecně jsou akceptována pravidla z civilní klinické praxe, doporučující pro otevřené zlomeniny I. stupně (dle Gustilo-An-

dersonovy klasifikace) 3 litry, pro zlomeniny II. stupně 6 litrů a pro III. stupeň 9 litrů tekutiny (32). Benefit výplachu roztokem s přidáním ATB nebyl prokázán (17, 26). V případě nedostatku krystaloidů nebo sterilní vody je možné i provedení výplachu vodou pitnou (26, 36). K provedení výplachů je využívána gravitace nebo systémy nízkotlaké pulsni laváže (do 70 kPa), vysokotlaké irigátory nejsou doporučovány (26).

Základní technikou uzavěru rány u válečného poranění je primárně odložená sutura, která se provádí čtvrtý až sedmý den od úrazu při nepřítomnosti infekce a její technické proveditelnosti (17, 25, 26). V civilní praxi je doporučován primární okamžitý uzavěr ran u otevřených zlomenin při splnění určitých podmínek (33). Válečné poranění ale většinou tyto stanovené indikace nesplňuje (26). Nejčastěji je primární okamžitá sutura s drená-

ží prováděna po důkladném debridementu u válečného poranění obličeje a ruky (obr. 2). Nejvíce využívanou technikou k dočasnému krytí ran je v soudobých konfliktech podtlaková terapie (negative pressure wound therapy – NPWT) (14, 26). Zkušenosti s touto technikou z iráckého konfliktu vedly k všeobecnému rozšíření této metody obdobně jako v civilní praxi (20). Primárně odložený uzávěr rány (sutura nebo laloková plastika) by však použitím NPWT neměl být oddálen pro riziko vzniku nozokomiální infekce (26).

Základní stabilizační technikou válečného končetinového traumatu je zevní fixace (7, 23, 25, 26). Různě udávaný výskyt komplikací zevní fixace u válečného poranění je často zapříčiněn chybnou technikou naložení s nedostatečnou stabilitou (7, 23). Zevní fixaci je možné aplikovat na Roli 2 až Roli 4 a mimo jiné výrazně usnadňuje následný transport pacienta (26). Provedení primární vnitřní fixace, která se používá v civilních podmínkách i u vyšších stupňů otevřených zlomenin nelze přenášet na válečná poranění (2, 15, 17, 25). Stabilizace pomocí sádrové (nebo syntetické) fixace, s provedením vnitřní osteosyntézy po zhojení měkkých tkání, je akceptovatelná (7, 26). Dle současných poznatků je zevní fixace brána jako dočasná při poranění na horní končetině. Po zhojení měkkých tkání je provedena (většinou na Roli 4) konverze zevní fixace na vnitřní osteosyntézu (23, 25). Konverze zevní fixace při poranění dolní končetiny je kontroverzní a často nemožná (23, 25, 26). U většiny střelných poranění femuru je zevní fixace použita jako definitivní, i když u minimálního poranění měkkých tkání je pozdní konverze na Roli 4 přípustná (23, 25, 26). Stejně přísná selekce pacientů indikovaných ke konverzi na vnitřní osteosyntézu platí i u zlomenin tibie, protože míra výskytu infekčních komplikací po nitrodřeňové osteosyntéze u válečného poranění je vysoká (25). Vhodnou technikou stabilizace válečných otevřených zlomenin tibie III. stupně je cirkulární zevní fixace, která má nízký výskyt infekčních komplikací (7,9 %) a vysoké procento zhojení zlomeniny (97 %) (16, 26).

Princip stupňovitěho poskytování chirurgické péče o válečné končetinové poranění je zachován i u technik stabilizace zlomenin. Na Roli 2 je nejčastěji aplikována zevní fixace v rámci damage control surgery, která je poté postupně na vyšších etapách upravována nebo doplňována. Eventuální konverze na vnitřní osteosyntézu jsou vždy prováděny až v nemocnicích na území domovského státu (Role 4) (23, 26).

ZÁVĚR

V soudobých ozbrojených konfliktech jsou končetiny nejčastěji zasaženým regionem při válečném traumatu. Pro strategii léčby válečného poranění je typické stupňovitě poskytování chirurgické péče na jednotlivých zdravotnických etapách (tzv. Rolích), které tvoří léčebně odsunový systém. Základními principy chirurgického ošetření jsou hemostáza, debridement, výplach, stabilizace zlomenin a primárně odložený uzávěr rány. Tyto principy jsou platné i při zavádění nových medicínských technologií, jako je např. NPWT. Pro vysokou

enviromentální kontaminaci je nedílnou součástí léčby ATB terapie. Základní stabilizační technikou je zevní fixace, kterou je možné aplikovat již na Roli 2. Pacienti se zevní fixací jsou transportováni na vyšší zdravotnické etapy. Pro vysoké riziko infekčních komplikací je zevní fixace často definitivní stabilizační technikou. Případné provedení konverze na vnitřní osteosyntézu je prováděno v nemocnicích na území domovského státu (Role 4), tedy v civilních podmínkách.

Literatura

1. AJP-4.10(A) – Allied joint medical support doctrine. NATO, 2006.
2. BELL, M. J., BEAUCHAMP, C. G., KELLAM, J. K., MCMURTRY, R. Y.: The results of plating humeral shaft fractures in patients with multiple injuries. The Sunnybrook experience. *J. Bone Jt Surg.*, 67-B: 293–296, 1985.
3. BELMONT, P. J., THOMAS, D., GOODMAN, G. P., SCHOENFELD, A. J., ZACCHILLI, M., BURKS, R., OWENS, B. D.: Combat musculoskeletal wounds in a US Army Brigade Combat Team during operation Iraqi Freedom. *J. Trauma*, 71: E1–7, 2011.
4. BOWYER, G. W.: Management of small fragment wounds: experience from the Afghan border. *J. Trauma*, 40: S170–172, 1996.
5. BROWN, K. V., GUTHRIE, H. C., RAMASAMY, A., KENDREW, J. M., CLASPER, J.: Modern military surgery: lessons from Iraq and Afghanistan. *J. Bone Jt Surg.*, 94-B: 536–543, 2012.
6. BUTLER, F. K.: Tactical Combat Casualty Care: update 2009. *J. Trauma*, 69: S10–13, 2010.
7. CLASPER, J. C., PHILLIPS, S. L.: Early failure of external fixation in the management of war injuries. *J. R. Army Med. Corps*, 151: 81–86, 2005.
8. COVEY, D. C.: Combat orthopaedics: a view from the trenches. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.*, 14: S10–17, 2006.
9. DUFOUR, D., JENSEN, S., OWEN-SMITH, M., SARMELA, J., STENING, G. F., ZETTERSTRÖM, B.: *Surgery for Victims of War*. Geneva, International Committee of the Red Cross, 1998.
10. ESHKOL, Z., KATZ, K.: Injuries from biologic material of suicide bombers. *Injury*, 36: 271–274, 2005.
11. GUSTILO, R. B., ANDERSON, J. T.: Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J. Bone Jt Surg.*, 58-A: 453–458, 1976.
12. GUSTILO, R. B., MENDOZA, R. M., WILLIAMS, D. N.: Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J. Trauma*, 24: 742–746, 1984.
13. HAMOUDA, H. M., WITSO, E., MOGHANI, N. K., SHAHWAN, A., NYGAARD, O. P.: Soft tissue infection after missile injuries to the extremities – a non-randomized, prospective study in Gaza City. *Prehosp. Disaster Med.*, 22: 106–108, 2007.
14. HINCK, D., FRANKE, A., GATZKA, F.: Use of vacuum-assisted closure negative pressure wound therapy in combat-related injuries—literature review. *Mil. Med.*, 175: 173–181, 2010.
15. JONES, J. A.: Immediate internal fixation of high-energy open forearm fractures. *J. Orthop. Trauma*, 5: 272–279, 1991.
16. KEELING, J. J., GWINN, D. E., TINTLE, S. M., ANDERSEN, R. C., MCGUIGAN, F. X.: Short-term outcomes of severe open wartime tibial fractures treated with ring external fixation. *J. Bone Jt Surg.*, 90-A: 2643–2651, 2008.
17. KLEIN, L., FERKO, A.: *Principy válečné chirurgie*. Grada, Praha, 2005.
18. KLEIN, R. S., BERGER, S. A., YEKUTIEL, P.: Wound infection during the Yom Kippur war: observations concerning antibiotic prophylaxis and therapy. *Ann. Surg.*, 182: 15–21, 1975.
19. KRAGH, J. F., O'NEILL, M. L., WALTERS, T. J., JONES, J. A., BAER, D. G., GERSHMAN, L. K., WADE, C. E., HOLCOMB, J. B.: Minor morbidity with emergency tourniquet use to stop bleeding in severe limb trauma: research, history, and reconciling advocates and abolitionists. *Mil. Med.*, 176: 817–823, 2011.

20. LEININGER, B. E., RASMUSSEN, T. E., SMITH, D. L., JENKINS, D. H., COPPOLA, C.: Experience with wound VAC and delayed primary closure of contaminated soft tissue injuries in Iraq. *J. Trauma*, 61: 1207–1211, 2006.
21. LIN, D. L., KIRK, K. L., MURPHY, K. P., MCHALE, K. A., DOUKAS, W. C.: Evaluation of orthopaedic injuries in Operation Enduring Freedom. *J. Orthop. Trauma*, 18: 300–305, 2004.
22. MASINI, B. D., WATERMAN, S. M., WENKE, J. C., OWENS, B. D., HSU, J. R., FICKE, J. R.: Resource utilization and disability outcome assessment of combat casualties from Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. *J. Orthop. Trauma*, 23: 261–266, 2009.
23. MATHIEU, L., BAZILE, F., BARTHELEMY, R., DUHAMEL, P., RIGAL, S.: Damage control orthopaedics in the context of battlefield injuries: the use of temporary external fixation on combat trauma soldiers. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.*, 97: 852–859, 2011.
24. MURRAY, C. K., HINKLE, M. K., YUN, H. C.: History of infections associated with combat-related injuries. *J. Trauma*, 64: S221–S231, 2008.
25. MURRAY, C. K., HSU, J. R., SOLOMKIN, J. S., KEELING, J. J., ANDERSEN, R. C., FICKE, J. R., CALHOUN, J. H.: Prevention and management of infections associated with combat-related extremity injuries. *J. Trauma*, 64: S239–S251, 2008.
26. MURRAY, C. K., OBREMSKEY, W. T., HSU, J. R., ANDERSEN, R. C., CALHOUN, J. H., CLASPER, J. C., WHITMAN, T. J., CURRY, T. K., FLEMING, M. E., WENKE, J. C., FICKE, J. R.: Prevention of infections associated with combat-related extremity injuries. *J. Trauma*, 71: S235–S257, 2011.
27. MURRAY, C. K., ROOP, S. A., HOSPENTHAL, D. R., DOOLEY, D. P., WENNER, K., HAMMOCK, J., TAUFEN, N., GOURDINE, E.: Bacteriology of war wounds at the time of injury. *Mil. Med.*, 171: 826–829, 2006.
28. NEUBAUER, T., BAYER, G. S., WAGNER, M.: Open fractures and infection. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 73: 301–312, 2006.
29. OWENS, B. D., KRAGH, J. F., MACAITIS, J., SVOBODA, S. J., WENKE, J. C.: Characterization of extremity wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. *J. Orthop. Trauma*, 21: 254–257, 2007.
30. OWENS, B. D., WENKE, J. C.: Early wound irrigation improves the ability to remove bacteria. *J. Bone Jt Surg.*, 89-A: 1723–1726, 2007.
31. PATZAKIS, M. J., BAINS, R. S., LEE, J., SHEPHERD, L., SINGER, G., RESSLER, R., HARVEY, F., HOLTOM, P.: Prospective, randomized, double-blind study comparing single-agent antibiotic therapy, ciprofloxacin, to combination antibiotic therapy in open fracture wounds. *J. Orthop. Trauma*, 14: 529–533, 2000.
32. PETRISOR, B., JERAY, K., SCHEMITSCH, E., HANSON, B., SPRAGUE, S., SANDERS, D., BHANDARI, M.: Fluid lavage in patients with open fracture wounds (FLOW): an international survey of 984 surgeons. *BMC Musculoskelet. Disord.*, 9: 7, 2008.
33. RAJASEKARAN, S.: Early versus delayed closure of open fractures. *Injury*, 38: 890–895, 2007.
34. STANSBURY, L. G., LALLISS, S. J., BRANSTETTER, J. G., BAGG, M. R., HOLCOMB, J. B.: Amputations in U. S. military personnel in the current conflicts in Afghanistan and Iraq. *J. Orthop. Trauma*, 22: 43–46, 2008.
35. SVOBODA, S. J., BICE, T. G., GOODEN, H. A., BROOKS, D. E., THOMAS, D. B., WENKE, J. C.: Comparison of bulb syringe and pulsed lavage irrigation with use of a bioluminescent musculoskeletal wound model. *J. Bone Jt Surg.*, 88-A: 2167–2174, 2006.
36. SVOBODA, S. J., OWENS, B. D., GOODEN, H. A., MELVIN, M. L., BAER, D. G., WENKE, J. C.: Irrigation with potable water versus normal saline in a contaminated musculoskeletal wound model. *J. Trauma*, 64: 1357–1359, 2008.
37. WHITE, J. M., STANNARD, A., BURKHARDT, G. E., EASTRIDGE, B. J., BLACKBOURNE, L. H., RASMUSSEN, T. E.: The epidemiology of vascular injury in the wars in Iraq and Afghanistan. *Ann. Surg.*, 253: 1184–1189, 2011.

Korespondující autor:

mjr. MUDr. Martin Frank
Emy Destinové 890
500 09 Hradec Králové
E-mail: frankmd@seznam.cz