

FLAP OPTIONS IN SOFT TISSUE COVERAGE OF THE LOWER LEG¹²

Nikolay Angelov MD

Department of Orthopedics and Traumatology,

UMBAL KANEFF AD

Tel.: +359 82 887446

E-mail: nikangelov95@gmail.com

Assoc. Prof. Yordan Andonov MD, PhD

Faculty of Public Health and Health Care,

University of Ruse "Angel Kanchev"

Phone: +359888677772

E-mail: jandonov@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Stefka Mindova, PhD

Department of Public Health,

University of Ruse, Bulgaria

E-mail: smindova@uni-ruse.bg

Abstract: *The paper reviews existing methods of local antibiotic delivery systems, as well as our clinical experience in the treatment of complex open lower limb fractures. We present our current treatment algorithm. The indications and limitations of polymethyl methacrylate (PMMA) loaded beads application are discussed in the context of current literature review.*

Keywords: *Local Antibiotic, Open Lower Limb Fracture, Infection.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Откритите фрактури на долен крайник, най-често са резултат от високо-енергийна травма. Те комбинират значителна костна увреда с мекотъканно размачкване и деваскуларизация. Това определя и приоритетите в тяхното лечение: възстановяване на виталните показатели на пострадалия, запазване на крайника и борба за функционално възстановяване. Процентът и тежестта на усложненията е пропорционален на степента на нарушаване на мекотъканната обвивка, (Papakostidis C, Kanakaris NK, Pretel J, et al., 2011). По настоящем лечебната последователност следва логиката на т.нар. "damage control". Ранното провизорно стабилизиране на крайника скъсява инфламаторната фаза на травматичната болест. Радикалният първоначален дебридман цели да намали раневата контаминация и да отсрани всички деваскуларизирани тъкани. Не изпълнението на някоя от горепозочените цели увеличава значително вероятността от ранева инфекция. Това е едно от най-сериозните и предизвикателни усложнения. Лечението му води до значителна социо-икономическа цена и продължително възстановяване на пациента. Вероятността за възникване на дълбока инфекция надхвърля 30% при откритите фрактури на подбедрицата, (Metsemakers WJ, Kuehl R, Moriarty TF, et al. 2018). Наличието на деваскуларизирани костни фрагменти създава предпоставки за бактериална адхезия и формиране на устойчив биофилм, (Morgenstern M, Post V, Erichsen C, et al., 2016). Навременната системна антибиотична профилактика намалява този риск, често обаче локалното кръвоснабдяване е нарушено. Това намалява тъканната антибиотична концентрация, (Craig J, Fuchs T, Jenks M, et al., 2014). Логично решение е локалната антибиотична апликация. Това осигурява тъканни концентрации многократно превишаващи системните и вероятно препятства формирането на бактериален

¹² The research paper was presented on October 27, 2023, at the Health Promotion Section of the 2023 Online Scientific Conference co-organized by University of Ruse and Union of Scientists - Ruse. Its title in Bulgarian is: „МЕКОТЪКАННО ПОКРИТИЕ С ЛОКАЛНИ ЛАМБА ПРИ НАРАНЯВАНИЯ НА ДОЛЕН КРАЙНИК“.

биофилм, (Zalavras CG., 2017; Gosselin RA, Roberts I, Gillespie WJ., 2004).

ИЗЛОЖЕНИЕ

Известни са два метода за локална антибиотична апликация- свободно насищане на тъканите и използване на инертен носител, (Henry SL, Ostermann PA, Seligson D., 1990; Ostermann PA, Henry SL, Seligson D., 1993). Предимство на първият метод е приложението при затваряне на раната, широката наличност, ниската себестойност и липсата на необходимост от втора хирургична намеса, (Singh K, Bauer JM, et al., 2015; Lawing CR, Lin FC, Dahners LE., 2015). Основния недостатък е липсата на контрол върху освобождаването и бързия спад на тъканната концентрация, (ter Boo GJA, Grijpma DW, et al., 2015). Исторически най-често използвания носител е полиметил метакрилатният цимент (ПММК), (Henry SL, Ostermann PA, Seligson D., 1990). Той не е биоразградим, което налага допълнителна хирургична интервенция за отстраняването му. Освобождаването на антибиотик обаче е продължително и зависи от повърхността на носителя и първоначалната концентрация. Поради екзотермичната реакция при втвърдяване се развива значителна температура, което налага използваният антибиотик да е термоустойчив. За адекватно смесване е необходимо и да е в прахообразна, а не в течна форма. Това ограничава избора на лекарствено вещество. Редица клинични проучвания показват, че най-честата бактериална флора изолирана след открити наранявания е грам-положителна, в определени случаи обаче, например при аграрно замърсяване е възможна контаминация с грам-отрицателни и анаеробни микроорганизми, (Gosselin RA, Roberts I, Gillespie WJ., 2004; Chang Y, Kennedy SA, Bhandari M, et al., 2015). По тези причини идеалната антибиотична профилактика трябва да е широкоспектърна и адекватно дозирана, (Bryson DJ, Morris DL, Shivji FS, et al., 2016).

Нашият терапевтичен алгоритъм се базира на гореизложените клинични проучвания. Използваме общо приетата класификация на Густилъ-Андерсън, (Gustilo, R B, and J T Anderson, 1976).

При ниско енергийни, открити фрактури, без голяма контаминация и рана до 1 см (тип 1) извършваме спешна хирургична обработка, провизорна стабилизация и максимално ранна парентерална антибиотична профилактика. Тя включва цефалоспорин първа генерация и опционален аминоглюкозид. От решаващо значение е не само антибиотичната профилактика, но и времето на започването ѝ, (Lack, William D et al., 2015). В идеален случай първата апликация е в рамките на 60 минути. Общата продължителност на антибиотичната профилактика се определя от мекотъканното покритие и белезите на локална инфекция.

При ниско енергийни открити фрактури с по-голямо нараняване (между 1 и 10 см), но без размачкване и голямо замърсяване (тип 2), освен горе изброените мерки влиза в съображение и локална антибиотична апликация. Индицирани за това са фрактури с експозиция на сухожилия и ставен хрущял, налагащи незабавно покритие. Високата локална антибиотична концентрация прави ранното затваряне по-безопасно.

При лечение на високо енергийни открити фрактури със значителна контаминация или тъканна конквасация (тип 3) локалната антибиотична апликация намира универсално приложение при всички случаи. Към системната антибиотична профилактика добавяме и метронидазол в случаите на аграрно замърсяване.

Обичайната комбинация от антибиотици включва 4 грама ванкомицин в една доза, фабрично натоварен с гентамицин ПММК цимент. Носителя е предварително приготвен и стерилизиран под формата на перли върху медицинска тел. Локалният антибиотичен носител се отстранява при конверсията на външния фиксатор към дефинитивна стабилизация.

Обсъждане

Полиметил метакрилатният цимент е най-широко използвания антибиотичен носител. Основното предимство на метода се състои в постигането на изключително високи локални антибиотични концентрации, без системна токсичност. Трябва да се отбележи обаче, че тези концентрации стръмно спадат след няколко дни. Следва продължителни излъчване на антибиотика в суб бактерицидни нива, което може да създаде селективен натиск за формиране на резистентни щамове, (ter Boo GJA, Grijpma DW., et al., 2015). Формира се

грануляционна мембрана, която обгражда имплантираните перли в рамките на реакция тип чуждо тяло. ПММК е нерезорбируем. Това налага повторна хирургична намеса за отстраняването му. Алтернатива е прилагането на локален антибиотик, без носител. Owen и съавтори съобщават за значително намаляване на постоперативните инфекции при тазови и ацетабуларни фрактури, третирани с локален Ванкомицин и Тобрамицин при затваряне на оперативните инцизии, (Owen MT, Keener EM, Hyde ZB, et al., 2017). Singh обаче не доказва такава полза при лечение на открити тибиялни фрактури, (Singh K, Bauer JM, LaChaud GY, Bible JE, Mir HR, 2015). Причината за това най-вероятно е свързана с масивната бактериална контаминация и тъканната увреда, както и краткотрайното въздействие на антибиотика.

Приложението на биоабсорбируем носител преодолява този недостатък, без да има ограниченията на ПММК. Такъв е гентамицин натоварения калциев сулфат/хидроксиапатит, (McNally MA, Ferguson JY, Lau AC, et al., 2016). Обещаващи резултати са публикувани и след приложението на антибиотично натоварен хидрогел, (Penn-Barwell JG, Murray CK, Wenke JC., 2014). Недостатък обаче е високата цена и предварително определената антибиотична комбинация, която може да не е подходяща в някои случаи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение можем да твърдим, че локалното антибиотично лечение има безспорно място в лечението на откритите фрактури на долен крайник. В случаите на счупвания тип 1 е възможна локална апликация без носител. При по-тежка меко тъканна деструкция и висока бактериална контаминация е необходимо приложение на носител, за да се осигури продължителна бактерицидна концентрация на избрания антибиотик. Най-достъпно е използването на ПММК, което обаче налага планиране на допълнителни оперативни намеси за отстраняване и/или смяна на носителя.

REFERENCES

Papakostidis C, Kanakaris NK, Pretel J, et al. Prevalence of complications of open tibial shaft fractures stratified as per the Gustilo-Anderson classification. *Injury* 2011;42:1408-1415. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)].

Metsemakers WJ, Kuehl R, Moriarty TF, et al. Infection after fracture fixation: current surgical and microbiological concepts. *Injury* 2018;49:511-522. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)].

Morgenstern M, Post V, Erichsen C, et al. Biofilm formation increases treatment failure in *Staphylococcus epidermidis* device-related osteomyelitis of the lower extremity in human patients. *J Orthop Res* 2016;34:1905-1913. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)].

Craig J, Fuchs T, Jenks M, et al. Systematic review and meta-analysis of the additional benefit of local prophylactic antibiotic therapy for infection rates in open tibia fractures treated with intramedullary nailing. *Int Orthop* 2014;38:1025-1030. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)].

Zalavras CG. Prevention of infection in open fractures. *Infect Dis Clin North Am* 2017;31:339-352. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)].

Gosselin RA, Roberts I, Gillespie WJ. Antibiotics for preventing infection in open limb fractures. *Cochrane Database Syst Rev* 2004;1:CD003764. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)].

Henry SL, Ostermann PA, Seligson D. The prophylactic use of antibiotic impregnated beads in open fractures. *J Trauma* 1990;30:1231-1238. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)].

Ostermann PA, Henry SL, Seligson D. The role of local antibiotic therapy in the management of compound fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1993;295:102-111. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)].

Singh K, Bauer JM, LaChaud GY, Bible JE, Mir HR. Surgical site infection in high-energy peri-articular tibia fractures with intra-wound vancomycin powder: a retrospective pilot study. *J Orthop Traumatol* 2015;16:287-291. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)].

Lawing CR, Lin FC, Dahners LE. Local injection of aminoglycosides for prophylaxis against

infection in open fractures. *J Bone Joint Surg [Am]* 2015;97:1844-1851. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)].

ter Boo GJA, Grijpma DW, Moriarty TF, Richards RG, Eglin D. Antimicrobial delivery systems for local infection prophylaxis in orthopedic- and trauma surgery. *Biomaterials* 2015;52:113-125. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)].

Chang Y, Kennedy SA, Bhandari M, et al. Effects of antibiotic prophylaxis in patients with open fracture of the extremities: a systematic review of randomized controlled trials. *JBJS Rev* 2015;3:3. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)].

Bryson DJ, Morris DL, Shivji FS, et al. Antibiotic prophylaxis in orthopaedic surgery: difficult decisions in an era of evolving antibiotic resistance. *Bone Joint J* 2016;98-B:1014-1019. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)].

Gustilo, R B, and J T Anderson. "Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses." *The Journal of bone and joint surgery. American volume* vol. 58,4 (1976): 453-8.

Lack, William D et al. "Type III open tibia fractures: immediate antibiotic prophylaxis minimizes infection." *Journal of orthopaedic trauma* vol. 29,1 (2015): 1-6. doi:10.1097/BOT.0000000000000262.

Owen MT, Keener EM, Hyde ZB, et al. Intraoperative topical antibiotics for infection prophylaxis in pelvic and acetabular surgery. *J Orthop Trauma* 2017;31:589-594. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)].

Singh K, Bauer JM, LaChaud GY, Bible JE, Mir HR. Surgical site infection in high-energy peri-articular tibia fractures with intra-wound vancomycin powder: a retrospective pilot study. *J Orthop Traumatol* 2015;16:287-291.

McNally MA, Ferguson JY, Lau AC, et al. Single-stage treatment of chronic osteomyelitis with a new absorbable, gentamicin-loaded, calcium sulphate/hydroxyapatite biocomposite: a prospective series of 100 cases. *Bone Joint J* 2016;98-B:1289-1296.

Penn-Barwell JG, Murray CK, Wenke JC. Local antibiotic delivery by a bioabsorbable gel is superior to PMMA bead depot in reducing infection in an open fracture model. *J Orthop Trauma* 2014;28:370-375.