

## POTRAUMINIS ILGUJŲ KAULŲ NESUAUGIMAS: RIZIKOS VEIKSNIAI IR TAKTIKA

Jonas Daktaras

*Vilniaus universiteto Medicinos fakultetas*

**Raktažodžiai:** ilgasis kaulas, lūžis, nesuaugimas, gydymas, rizikos veiksniai.

### Santrauka

Kaulų nesuaugimas yra rimta ilgųjų kaulų lūžių komplikacija, atsirandanti lūžiui tinkamai nesugijus. Pacientai gali skųstis lėtinio skausmu, sumažėjusiu mobilumu ir smarkiai nukentėjusia gyvenimo kokybe. Nepaisant reikšmingos ortopedinės chirurgijos pažangos, kaulų nesuaugimas išlieka didelė problema, ypač sudėtingų lūžių arba reikšmingų gretutinių ligų atvejais. Lūžių nesuaugimo paplitimas siekia 5–10 proc. visų ilgųjų kaulų lūžių atvejų, gali siekti net 20 proc., lūžus žastikauliui. Nesuaugimą gali paskatinti įvairūs veiksniai, pavyzdžiui, netinkama imobilizacija, infekcija ar rūkymas. Nesuaugimo gydymas yra kompleksiškas ir dažnai reikalauja tarpdisciplininio požiūrio, bendradarbiaujant chirurgui, kineziterapeutui ir farmakologui. Šios literatūros apžvalgos tikslas yra pateikti išsamią naujausių klinikinių tyrimų, susijusių su lūžusių ilgųjų kaulų nesuaugimo rizikos veiksniais ir chirurginiu gydymu, apžvalgą. Suprasdami pagrindinius nesuaugimo mechanizmus ir ištyrę galimas galimybes, galime pagerinti pacientų baigtį ir sumažinti šios komplikacijos našą sveikatos priežiūros sistemoms.

### Įvadas

Skaičiuojama, kad bendras kaulų nesuaugimo dažnis gali siekti 2 proc., tačiau diafizės lūžių atvejais nesuaugimo dažnis gali siekti net 20 procentų [1]. Ilgojo kaulo nesuaugimo pasekmės yra varginančios – dažnai prarandama galūnės funkcija, patiriamas skausmas ir psichologinė našta [2]. Klinikinėje praktikoje ilgųjų kaulų nesuaugimas dažniausiai siejamas su dilbio, žastikaulio, blauzdikaulio, raktikaulio ir šlaunikaulio kaulų lūžiais. Dėl didelės kaulų lūžių įvairovės sunku tiksliai apibrėžti nesuaugimo kriterijus. JAV maisto ir vaistų administracijos apibrėžimu, tai yra lūžis, kuris nesugijo per 9 mėnesius po sužalojimo [3]. Konkreti gijimo trukmė priklauso nuo lūžio vietos ir jo sunkumo.

Mažesnės energijos uždari lūžiai suaugęs per trumpesnę laiką nei didelės energijos atviri ilgųjų kaulų lūžiai, todėl buvo pasiūlytas praktiškesnis lūžio, kuris negali sugyti be tolesnio įsikišimo, terminas.

Tradicinis kaulo nesuaugimo modelių klasifikavimas ir gydymas anksčiau buvo grindžiamas atsižvelgiant į rentgenogramų rezultatus. Hipertrofiniam nesuaugimui būdingas gausus kaliuso susidarymas, lūžio vieta paslanki, bet turi gerą savaiminio gijimo potencialą [4]. Oligotrofinio nesuaugimo atveju susiformuoja nedaug kaliuso, lūžio vieta paslanki, tačiau savaiminio sugijimo tikimybė lūžio vietoje mažesnė. Atrofinio nesuaugimo atveju kaliusas nesusidaro ir neturi potencialo sugyti be tam tikro kaulo transplantato [4]. Ši klasifikacija nenaudojama, nes daugelis lūžių, kurie praeityje buvo gydomi konservatyviai, dabar gydomi vidinės fiksacijos būdu, todėl klasikiniai hipertrofinių ir atrofinių nesuaugimų radiografiniai vaizdai pastebimi rečiau. Be to, histologiniai atrofinių ir hipertrofinių nesuaugimų tyrimai rodo, kad lūžio vietos vaskuliarizacija tarp abiejų tipų nesiskiria [5].

Naujausi moksliniai tyrimai patvirtina nuomonę, kad daugelį ilgųjų kaulų nesuaugimų galima pašalinti chirurginiu būdu fiksuojant, kad būtų sumažinta mechaninė įtampa ir skatinamas savaiminis suaugimas be kaulo augmentacijos. Tam tikrais nesuaugimo atvejais reikia apsvarstyti biologinius veiksniai, turinčius įtakos gijimui, bei rizikos veiksniai, kurie gali turėti įtakos lūžių gijimui. Šiame straipsnyje apžvelgiami naujausi klinikiniai tyrimai, susiję su ilgųjų kaulų lūžių nesuaugimo priežastimis ir galimybėmis.

**Tyrimo tikslas** – apžvelgti naujausius duomenis apie lūžusių ilgųjų kaulų nesuaugimo rizikos veiksniai ir chirurginio gydymo taktiką.

### Tyrimo medžiaga ir metodai

Mokslinių straipsnių paieška atlikta naudojantis PubMed, Science Direct duomenų bazių šaltiniais bei informacijos paieškos sistema Google Scholar. Paieškai buvo naudojami raktažodžiai anglų kalba ir jų kombinacijos: long bone, fracture, nonunion, treatment, risk factors (ilgasis kaulas,

lūžis, nesuaugimas, gydymas, rizikos veiksniai). Buvo atrinkti aktualiausi moksliniai straipsniai, parašyti anglų kalba, atitinkantys darbo tikslą, ir jų šaltiniai.

### Tyrimo rezultatai

#### Kaulų nesuaugimo rizikos veiksniai. *Vietiniai veiksniai.*

Vienas iš svarbiausių vietinių veiksnių, turinčių įtakos kaulų gijimui, yra lūžį sukėlusio jėga ir su tuo susijęs minkštųjų audinių pažeidimas. Atvirų sužalojimų, susijusių su minkštųjų audinių pažeidimu, didelė nesuaugimo rizika [6]. Savaiminio gijimo tikimasi imobilizuojant galūnę, jei defektas yra mažesnis nei 2 cm arba apima ne daugiau kaip 50 proc. kaulo apimties [7]. Manoma, kad politraumos taip pat susijusios su prastu kaulų gijimu dėl sisteminio uždegiminio atsako ir didelės traumą sukėlusios jėgos.

Nors lūžį sukėlusios jėgos dydis yra svarbus, tai nėra vienintelis veiksnys. Pavyzdžiui, dauguma raktikaulio lūžių įvyksta dėl mažos energijos traumos, tačiau lūžių su poslinkiu atvejais po konservatyviojo nesuaugimo rizika sudaro maždaug 15 procentų. Manoma, kad šiuo atveju apsunkinta imobilizacija gali apsunkinti lūžio gijimą [8].

Kiekvienu kaulų nesuaugimo atveju po kaulo fiksacijos reikėtų atmesti infekcijos galimybę. Diagnostiką sunkina klinikinių ar biocheminių infekcijos simptomų nebuvimas. Įtarimas turėtų kilti, jei paciento anamnezėje yra anksčiau buvusių žaizdų infekcijų, jei pažeista galūnė patinusi, skausminga [9]. Vidutiniškai 5 proc. nesuaugimų yra susiję su ne diagnozuota infekcija. Atliekant revizinę operaciją, mėginiai turi būti siunčiami tiek mikrobiologiniam, tiek histologiniam tyrimui [9].

*Bendrieji veiksniai.* Dauguma ortopedų (82 %) amžių laiko vienu svarbiausių nesuaugimo rizikos veiksnių [10]. Remiantis epidemiologinių duomenų bazių informacija, nesuaugimo dažnis didžiausias 35–44 metų amžiaus grupėje, o vėliau mažėja. Tai siejama su skirtinga traumų epidemiologija: vyresnio amžiaus pacientams dažni mažos jėgos sukelti kaulų lūžiai, o jaunesniems, priešingai, būdingos didelės energijos traumos. Rūkymas neigiamai veikia kaulų gijimą. Remiantis didelių sisteminių apžvalgų ir klinikinių tyrimų išvadomis, rūkymas yra nesuaugimo rizikos veiksnys [11]. Cukrinis diabetas, ypač jei susirgimas blogai kontroliuojamas, taip pat yra sunkesnio kaulų gijimo rizikos veiksnys – maždaug dvigubai padidinantis ilgųjų kaulų lūžių nesuaugimo riziką [12]. Daugelyje atliktų tyrimų, ypač aprašant žastikaulio, šlaunikaulio ir blauzdikaulio traumas, su nesuaugimu buvo susijęs nutukimas. Rizika padidėja ne labai žymiai, tačiau lūžių gijimą sunkina nutukimo keliami medžiagų apykaitos pokyčiai [13].

*Ilgųjų kaulų nesuaugimo taktikos. Raktikaulis.* Naujais tyrimais rodo, kad suaugusiems žmonėms, esant raktikaulio lūžiui su poslinkiu, nesuaugimo dažnis gali siekti 15 procentų [8]. Daugiau nei dešimtyje atsitiktinių imčių tyrimų buvo lyginama kaulo fiksacija plokšte su konservatyviu raktikaulio diafizės lūžio gydymu. Nustatyta, jog geresnė baigtis gaunama fiksuojant kaulą chirurginiu būdu (nesuaugimo rizika 1,4% ir 14%) [14]. M. Lenza ir kt., vertinę raktikaulio diafizės lūžių chirurginį ir konservatyvų gydymą, nustatė, kad po vienerių metų nuo sužalojimo operacinis būdas nebuvo susijęs su funkciniu pagerėjimu [8]. Trimis mėnesiais atidėta kaulo fiksacija po traumos gali būti tinkama alternatyva be reikšmingo komplikacijų padidėjimo [15]. Esant kaulo nesuaugimui po konservatyviojo gydymo, pirmuoju pasirinkimu laikoma vidinė kaulo fiksacija plokšte.

*Žastikaulis.* Konservatyviai gydomų žastikaulio lūžių bendras nesuaugimo dažnis yra maždaug 20 proc., proksimalinio trečdaliao su poslinkiu ir skersinių lūžių rizika yra didesnė [16]. Lyginant konservatyvų žastikaulio lūžių gydymą su fiksacija plokstelėmis, mažesnis nesuaugimo dažnis pastebėtas fiksuojant plokstelėmis [16]. Fiksacija plokšte su kaulo augmentacija arba be jos yra populiariausias žastikaulio nesuaugimo būdas. 36 klinikiniuose tyrimuose, kuriuose dalyvavo 672 pacientai, gydyti fiksacija plokšte ir kaulų augmentacija, nurodomas vidutiniškai 98 proc. suaugimo dažnis [17]. Rezultatai geresni už osteosintezės intramedulinę vinimi su kaulo augmentacija (88 % suaugimas) arba be kaulo augmentacijos (66 % suaugimas) [17].

*Blauzdikaulis.* Nesuaugimas po blauzdikaulio kūno lūžio įvyksta maždaug 9 proc. pacientų, dažniausiai atvirų lūžių ir sunkių sužalojimų atvejais [18]. Osteosintezė įkalamos intramedulinėmis vinimis su skersiniu sutvirtinimu yra populiariausias nestabilių blauzdikaulio kūno lūžių būdas [19]. Kombinuojant šią operaciją su šėivikaulio osteotomija, sutrumpinamas suaugimo laikas [19].

*Šlaunikaulis.* Chirurginė fiksacija intrameduline vinimi yra labiausiai paplitęs nekomplikuoto šlaunikaulio diafizės nesuaugimo metodas. Sėkmingas suaugimas buvo pasiektas 96,2 proc. atvejų nesant infekcijos pažeidimo vietoje ir 81,8 proc. esant infekcijai [20].

### Išvados

1. Bendras kaulų nesuaugimo dažnis yra vidutiniškai 2 proc, o ilgųjų kaulų lūžių atvejais jis gali siekti net 20 procentų.

2. Ilgojo kaulo nesuaugimo pasekmės yra varginančios – dažnai prarandama galūnės funkcija, patiriamas skausmas ir psichologinė našta.

3. Traumos energija, apsunkinta imobilizacija, infekcija pažeidimo vietoje gali didinti kaulų nesuaugimo riziką.

4. Paciento amžius, rūkymas, cukrinis diabetas, nutukimas taip pat laikomi kaulų nesuaugimo rizikos veiksniais.

5. Naujausi tyrimai patvirtina nuomonę, kad daugeliu atvejų ilgųjų kaulų nesuaugimą galima išspręsti chirurgine fiksacija, mažinant mechaninį įtempimą ir skatinant savaiminį suaugimą be kaulų augmentacijos.

#### Literatūra

- Zura R, Xiong Z, Einhorn T, Watson JT, Ostrum RF, Prayson MJ, et al. Epidemiology of Fracture Nonunion in 18 Human Bones. *JAMA Surg* 2016;151(11):e162775. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2016.2775>
- Lerner RK, Esterhai JL, Polomano RC, Cheatle MD, Heppenstall RB. Quality of life assessment of patients with posttraumatic fracture nonunion, chronic refractory osteomyelitis, and lower-extremity amputation. *Clin Orthop* 1993;(295):28-36. <https://doi.org/10.1097/00003086-199310000-00006>
- Guidance Document for Industry and CDRH Staff for the Preparation of Investigational Device Exemptions and Premarket Approval Applications for Bone Growth Stimulator Devices; Draft; Availability. Federal Register 1998;63(81). <https://www.federalregister.gov/documents/1998/04/28/98-11158/guidance-document-for-industry-and-cdrh-staff-for-the-preparation-of-investigational-device>
- Simpson AHRW, Robiati L, Jalal MMK, Tsang STJ. Non-union: Indications for external fixation. *Injury* 2019;50(Suppl 1):S73-8. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.03.053>
- Reed AAC, Joyner CJ, Brownlow HC, Simpson AHRW. Human atrophic fracture non-unions are not avascular. *J Orthop Res* 2002;20(3):593-9. [https://doi.org/10.1016/S0736-0266\(01\)00142-5](https://doi.org/10.1016/S0736-0266(01)00142-5)
- Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury* 2006;37(8):691-7. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2006.04.130>
- Nicholson JA, Makaram N, Simpson A, Keating JF. Fracture nonunion in long bones: A literature review of risk factors and surgical management. *Injury* 2021;52:S3-11. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.11.029>
- Lenza M, Buchbinder R, Johnston RV, Ferrari BA, Faloppa F. Surgical versus conservative interventions for treating fractures of the middle third of the clavicle. *Cochrane Database Syst Rev* 2019;1(1):CD009363. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009363.pub3>
- Mills L, Tsang J, Hopper G, Keenan G, Simpson AHRW. The multifactorial aetiology of fracture nonunion and the importance of searching for latent infection. *Bone Jt Res* 2016;5(10):512-9. <https://doi.org/10.1302/2046-3758.510.BJR-2016-0138>
- Bhandari M, Fong K, Sprague S, Williams D, Petrisor B. Variability in the definition and perceived causes of delayed unions and nonunions: a cross-sectional, multinational survey of orthopaedic surgeons. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94(15):e1091-6. <https://doi.org/10.2106/JBJS.K.01344>
- Scolaro JA, Schenker ML, Yannascoli S, Baldwin K, Mehta S, Ahn J. Cigarette smoking increases complications following fracture: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am* 2014;96(8):674-81. <https://doi.org/10.2106/JBJS.M.00081>
- Hernandez RK, Do TP, Critchlow CW, Dent RE, Jick SS. Patient-related risk factors for fracture-healing complications in the United Kingdom General Practice Research Database. *Acta Orthop* 2012;83(6):653-60. <https://doi.org/10.3109/17453674.2012.747054>
- Savvidis C, Tournis S, Dede AD. Obesity and bone metabolism. *Horm Athens Greece* 2018;17(2):205-17. <https://doi.org/10.1007/s42000-018-0018-4>
- Amer K, Smith B, Thomson JE, Congiusta D, Reilly MC, Sirkin MS, et al. Operative Versus Nonoperative Outcomes of Middle-Third Clavicle Fractures: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Orthop Trauma* 2020;34(1):e6-13. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001602>
- Das A, Rollins KE, Elliott K, Johnston P, van-Rensburg L, Tytherleigh-Strong GM, et al. Early versus delayed operative intervention in displaced clavicle fractures. *J Orthop Trauma* 2014;28(3):119-23. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e3182a2968e>
- Harkin FE, Large RJ. Humeral shaft fractures: union outcomes in a large cohort. *J Shoulder Elbow Surg* 2017;26(11):1881-8. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2017.07.001>
- Peters RM, Claessen FMAP, Doornberg JN, Kolovich GP, Diercks RL, van den Bekerom MPJ. Union rate after operative treatment of humeral shaft nonunion--A systematic review. *Injury* 2015;46(12):2314-24. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.09.041>
- Mills LA, Aitken SA, Simpson AHRW. The risk of non-union per fracture: current myths and revised figures from a population of over 4 million adults. *Acta Orthop* 2017;88(4):434-9. <https://doi.org/10.1080/17453674.2017.1321351>
- Abadie B, Leas D, Cannada L, Malm P, Morwood M, Howes C, et al. Does Screw Configuration or Fibular Osteotomy Decrease Healing Time in Exchange Tibial Nailing? *J Orthop Trauma* 2016;30(11):622-6. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000647>
- Tsang STJ, Mills LA, Baren J, Frantzias J, Keating JF, Simpson AHRW. Exchange nailing for femoral diaphyseal fracture non-unions: Risk factors for failure. *Injury* 2015;46(12):2404-9. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.09.027>

#### POST-TRAUMATIC LONG BONE NONUNION: RISK FACTORS AND TREATMENT STRATEGY J. Daktaras

Keywords: long bone, fracture, nonunion, treatment, risk factors.

#### Summary

Fracture nonunion is a serious complication of long bone fractures that occurs when the fracture fails to heal properly. Patients may experience chronic pain, reduced mobility, and significantly impaired quality of life. Despite the advances in orthope-

dic surgery, nonunion remains a problem, particularly in cases of complex fractures or significant comorbidities. The prevalence of nonunion ranges from 5-10% of all long bone fractures and can reach up to 20% for fractures of the tibia. Various factors can contribute to nonunion, such as improper immobilization, infection, or smoking. Treatment of nonunion is complex and often requires a multidisciplinary approach, involving collaboration between the surgeon, physical therapist, and pharmacologist. The aim of this literature review is to provide a comprehensive overview of the la-

test clinical studies related to the risk factors and surgical treatment of nonunion of long bone fractures. By understanding the underlying mechanisms of nonunion and exploring potential treatment options, we can improve patient outcomes and reduce the burden of this complication on healthcare systems.

Correspondence to: [jondaktaris@gmail.com](mailto:jondaktaris@gmail.com)

Gauta 2023-05-07

---