



Features of physical rehabilitation after a skiing injury - literature review

Rugilė Rėkutė¹, Goda Monstavičiūtė¹, Gintarė Repečkaitė²

¹Lithuanian University of Health Sciences, Academy of Medicine, Faculty of Medicine, Kaunas, Lithuania

²Lithuanian University of Health Sciences Kaunas Clinics, Department of Physical Rehabilitation Medicine, Kaunas, Lithuania

Abstract

Background. One of the most significant injuries in alpine skiing is anterior cruciate ligament (ACL) rupture. It is one of the most common injuries to the knee stabilising ligaments. It is caused by high-speed, rotational, and centrifugal forces, as well as by ski equipment. This injury requires a phased, individualised, and sport-specific rehabilitation that includes joint stabilisation and restoration of muscle strength, sense of position and movement, balance, and neuromuscular control.

Aim: to assess the characteristics of physical rehabilitation in patients after skiing injuries, based on scientific research data.

Materials and methods. A literature review was conducted by searching the PubMed database for research publications. The review included articles in English published between 2016 and 2026.

Results. ACL injuries in alpine skiing are associated with knee *valgus*, external rotation, “*slip-catch*” mechanism and equipment factors. Rehabilitation should be based on functional criteria: resolved pain and swelling, full knee extension, muscle strength symmetry, proprioception and neuromuscular control. Closed kinetic chain, eccentric core control and skiing-specific exercises are important for skiers. Returning to sports and active leisure should be gradual, with assessment of movement quality and risk of reinjury using functional tests.

Conclusion. Skiing ACL injuries are associated with specific biomechanical loads; their rehabilitation must be individualised, phased, and sport-specific. Safe return to sport should be based on functional, physical assessments, and not solely on time after injury or surgery.

Keywords: rehabilitation, skiing injury, anterior cruciate ligament injury, proprioception.

Fizinės reabilitacijos ypatumai po priekinio kryžminio raiščio slidinėjimo traumos-literatūros apžvalga

Rugilė Rėkutė¹, Goda Monstavičiūtė¹, Gintarė Repečkaitė²

¹Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, Medicinos akademija, Medicinos fakultetas, Kaunas, Lietuva

²Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Kauno klinikos, Fizinės medicinos ir reabilitacijos klinika, Kaunas, Lietuva

Santrauka

Įvadas. Kalnų slidinėjime viena iš dažniausių traumų yra priekinio kryžminio raiščio (PKR) plyšimas. Tai yra viena iš pagrindinių kelį stabilizuojančių raiščių traumų. Ją lemia didelis greitis, rotacinės ir išcentrinės jėgos bei slidinėjimo įrangos aspektai. Ši trauma reikalauja individualizuotos ir sportui specifinės reabilitacijos, kuri apima sąnarių stabilizavimą ir raumenų jėgos, kūno padėties bei judesių jutimo, pusiausvyros, neuroraumeninės kontrolės atkūrimą.

Tikslas: įvertinti reabilitacijos ypatumus pacientams po slidinėjimo traumų, remiantis mokslinių tyrimų duomenimis.

Metodai ir medžiaga. Literatūros apžvalga buvo atlikta vykdant mokslinių tyrimų publikacijų paiešką PubMed duomenų bazėje. Į apžvalgą buvo įtraukti anglų kalba rašyti straipsniai, publikuoti 2016 – 2026 metais.

Rezultatai. PKR traumos kalnų slidinėjime siejamos su kelio *valgus* padėtimi, išorine rotacija, „*slip-catch*“ mechanizmu ir įrangos veiksniais. Reabilitacija turi būti grindžiama funkciniais kriterijais: pašalintu skausmu ir tinimu, pilnu kelio tiesimu, raumenų jėgos simetrija, propriocepcija ir neuroraumenine kontrole. Slidininkams svarbūs uždaros kinetinės grandinės, ekscentiniai liemens kontrolės ir slidinėjimui specifiniai pratimai. Grįžimas į sportą ir aktyvų laisvalaikį turi būti laipsniškas, įvertinant funkcinius testus, judesių kokybę ir pakartotinės traumos riziką.

Išvada. Slidinėjimo PKR traumos yra siejamos su specifinėmis biomechaninėmis apkrovomis, todėl jų reabilitacija turi būti individualizuota ir sportui specifinė. Saugus grįžimas į sportą turėtų būti grindžiamas funkciniais, fiziniais vertinimais, o ne vien laiku po traumos ar operacijos.

Raktažodžiai: reabilitacija, kalnų slidinėjimo trauma, priekinio kryžminio raiščio trauma, propriocepcija.

1. Įvadas

Kalnų slidinėjimas nuo 1960 metų yra tapęs populiaria aktyvaus laisvalaikio ir profesinio žiemos sporto šaka. Nors ir keitėsi įranga, švietimas apie fizinio pasiruošimo svarbą bei saugumo galimybės, šioje srityje vis tiek susiduriama su daugybe atramos-judėjimo sistemos traumų [1]. Kanadoje atliktame tyrime, vertinant 2008-2018 metais įvykusias slidinėjimo traumas, buvo nustatyta 2,24 traumos 1000 slidinėjimo dienų. Taip pastebėta, kad daugiausiai traumų patyrė asmenys, kurie turėjo vienos dienos bilietus ir slidinėjo lengviausiose trasose [2]. Mažiau patyrę slidininkai dažniau patiria lengvesnes traumas, tokias kaip raiščių patempimai. Sužalojimai dažniau nustatomi tarp labiau patyrusių sportininkų [3]. Pagrindinės slidinėjimo sporto traumos yra susijusios su dideliu biomechaniniu krūviu, kuris didina traumų riziką, ypač kelio sąnariui. Apie trečdalį visų su kalnų slidinėjimu susijusių traumų sudaro kelio traumos. Tokios kaip PKR (vieno iš kelių stabilizuojančių raiščių plyšimas). Nepaisant bendro slidinėjimo traumų dažnio mažėjimo, kelio traumų kiekis išlieka stabilus [4]. Šios traumos dažniausiai įvyksta atliekant rotacinius staigius judesius, kol dar nėra persiskirstęs jėgos krūvis. Kadangi šios traumos yra daugiaveiksnės, jų supratimas ir įvertinimas yra svarbus norint sukurti įrodymais pagrįstą reabilitacijos planą, kurio tikslas yra atgauti pradinę funkciją. Chirurginė intervencija dažniausiai yra būtina esant didelėms traumoms, ypač raiščių plyšimams. Po operacijos ilgalaikiai rezultatai priklauso nuo taikomos reabilitacijos kokybės. Tokios priemonės kaip neuroraumeninės, propriocepcijos (kūno padėties ir atliekamų judesių jutimo) treniruotės bei laipsniškas krūvio didinimas gerina sąnario stabilumą ir padeda išvengti traumų ateityje [5,6]. Reabilitacijos po slidinėjimo traumos tikslas – atkurti funkciją, sumažinti skausmą slopinančių vaistų poreikį, atgauti raumenų

jėgą ir neuroraumeninę kontrolę bei sudaryti sąlygas tolesniam aktyviam gyvenimo būdai. Šioje literatūros apžvalgoje apibendrinami reabilitacijos galimybių po slidinėjimo traumų dabartiniai įrodymai. Didesnis dėmesys skiriamas apatinių galūnių traumoms, kurios sudaro didžiąją dalį šios veiklos traumų.

2. Metodika

Šioje apžvalgoje apibendrinami anglų kalba pateikti straipsniai naudojant elektroninę duomenų bazę „PubMed“, susiję su fizine terapija ir reabilitacija po slidinėjimo traumų. Daugiausiai dėmesio skiriant apatinės galūnės, ypač kelio sąnario, pažeidimams. Atrinkta literatūra buvo išskiriama į pagrindines kryptis: traumos mechanizmus, bendruosius reabilitacijos etapus, PKR traumų reabilitaciją, slidinėjimui būdingus biomechaninius aspektus ir grįžimą į sportą. Duomenų paieškos strategija: įrašius raktinius žodžius „slidinėjimo traumos“ (angl. *skiing injuries*), „kalnų slidinėjimo traumos“ (angl. *alpine skiing injuries*), fizinė terapija po slidinėjimo traumų“ (angl. *physiotherapy after skiing injuries*), „reabilitacija po slidinėjimo traumų“ (angl. *rehabilitation after skiing injuries*), „priekinio kryžminio raiščio trauma slidinėjime“ (angl. *ACL injury in skiing*), „grįžimas į slidinėjimą po ACL rekonstrukcijos“ (angl. *return to skiing after ACL reconstruction*) buvo rasti 18 428 bibliografijos įrašai, kurie buvo atrenkami remiantis įtraukimo ir atmetimo kriterijais.

Įtraukimo kriterijai:

- Mokslinės publikacijos, parašytos anglų kalba.
- Straipsniai, publikuoti 2016–2026 metais.
- Klinikiniai tyrimai, sisteminės literatūros apžvalgos, metaanalizės.

Atmetimo kriterijai:

- Publikacijos, kurių pilnas tekstas neprieinamas.

Pritaikius šiuos kriterijus buvo atrinktos 35 publikacijos, iš kurių 25 buvo įtrauktos į šią literatūros apžvalgą.

3. Rezultatai

3.1 Traumos mechanizmas

Mechanizmas lemiantis slidinėjimo traumas yra daugiaveiksnis, įtraukiantis dinامينius rizikos veiksnus, įrangą, slidinėjimo trasos sąlygas. Šių traumų prevencija ir rehabilitacija turi apimti išorinius ir vidinius rizikos veiksnus [7–9]. Vieni pagrindinių vidinių veiksnių yra lytis, amžius, fizinis pasirengimas, ankstesnės traumos, slidinėjimo patirtis [10]. 2024 metais Jungtinėse Amerikos Valstijose atliktame tyrime buvo nustatyta, kad 2000-2019 metų laikotarpiu 65,9 proc. slidinėjimo traumų patyrė 18-24 metų vyrai [11]. Išoriniai rizikos veiksniai: slidinėjimo greitis, trasos sąlygos, matomumas, slidės ir batai, kiti slidininkai. Toks veiksnys kaip kokybiški slidžių apkaustai sumažina blauzdos ir čiurnos traumų dažnį, tačiau jų įtaka kelio raiščių pažeidimui išlieka ribota [12]. Būtent priekinio kryžminio raiščio pažeidimas slidinėjant yra siejamas su biomechaninių apkrovų deriniu. Tai apima didelę keturgalvio šlaunies raumens aktyvaciją, priekinį blauzdikaulio poslinkį šlaunikaulio atžvilgiu, dinaminę kelio *valgus* poziciją bei blauzdikaulio vidinę rotaciją. Šie mechanizmai ypač reikšmingi nusileidžiant po šuolio ir atliekant posūkį, kai slidė užkabina sniego paviršių [13].

3.2 Rehabilitacijos principai po PKR traumos

PKR trauma išskiriama kaip viena kliniškai reikšmingiausių kelio sąnario traumų žiemos sporte, ypač kalnų slidinėjime. Jos reikšmingumas siejamas su ilgu funkcijos atkūrimo laikotarpiu, sumažėjusiu fizinių pajėgumu ir padidėjusia pakartotinės traumos rizika [14–16]. Literatūroje pabrėžiama, kad po PKR traumos rehabilitacija neturėtų atsižvelgti tik į laiką.

Rehabilitacijos eiga turi priklausyti nuo paciento klinikinės būklės, audinių gijimo galimybių ir sportinės veiklos pobūdžio [17–19]. Ankstyvuojų rehabilitacijos laikotarpiu pagrindinis dėmesys skiriamas skausmo, sąnario tinimo ir uždegiminės reakcijos kontrolei. Skysčio kaupimasis sąnario ertmėje ir skausmas gali riboti judesių amplitudę, sutrikdyti eiseną ir slopinti keturgalvio šlaunies raumens aktyvaciją, todėl svarbu atkurti sąnario funkciją ir sudaryti sąlygas tolesniam krūvio didinimui [18,19]. Ypatinga reikšmė teikiama visiškam kelio tiesimo atkūrimui, nes tiesimo deficitas neigiamai veikia apatinių galūnių biomechaniką ir funkcinį atsistatymą. Tai pasireiškia netaisyklinga eiseną, padidėjusia apkrova kitiems sąnariams (klubo, čiurnos), sutrikusia keturgalvio šlaunies raumens funkcija, prastesne pusiausvyra ir judesių kontrole [18]. Kontroliuojami izometriniai pratimai, aktyvūs kelio tiesimo kontrolės pratimai, tiesios kojos kėlimas ir palaipsniui progresuojantys uždarnos kinetinės grandinės pratimai taikomi palaipsniui atkurti kelio lenkimą ir tiesimą, siekiant išvengti sąnario sustingimo [17,18]. Vėlesniuose etapuose strippinami ne tik kelio sąnarį tiesiogiai veikiantys raumenys, bet ir visa apatinės galūnės kinetinė grandinė: keturgalvis šlaunies, užpakaliniai šlaunies, sėdmenų, blauzdos raumenys ir liemenį stabilizuojantys raumenys. Tai turi būti individualizuota pagal paciento būklę ir toleruojamą krūvį [17]. Vertinti progresui yra naudojamos įvairios priemonės: raumenų jėgos testai, šlaunies bei blauzdos apimties matavimai, šuolių testai, judesio kokybės vertinimas, nusileidimo vertinimas ir kiti [20]. Taip pat pastebėta, kad neuroraumeninės kontrolės ir propriocepcijos lavinimas yra būtina gydymo dalis, nes PKR trauma sutrikdo ne tik mechaninį kelio stabilumą, bet ir sensorinę sąnario kontrolę. Dėl to gali blogėti padėties jautrumas, reakcijos greitis, judesio kokybė ir dinaminis stabilumas erdvėje. Atliekant rehabilitaciją yra

taikomi pusiausvyros, koordinacijos, vienos kojos atramos, dinaminio stabilumo ir judesio kontrolės pratimai, kuriais siekiama sumažinti rizikingų judesių (kelio *valgus* padėtis, „*slip-catch*“ mechanizmas, rotacinė apkrova, netaisyklingas nusileidimas po šuolio) tikimybę [21]. Funkcinių judesių lavinimas pradedamas, kai judesių amplitudė, raumenų jėga ir sąnario kontrolė yra pakankamai atkurta. Šiame etape jau galima atlikti įtūpstus, žingsniavimą, kontroliuojamus šuolius, krypties keitimo ir kitus dinامينius pratimus. Vertinamas ne tik gebėjimas atlikti judesį, bet ir jo kokybė: galūnių simetrija, kelio padėties kontrolė, liemens stabilumas ir apkrovos paskirstymas, gebėjimas išlaikyti taisyklingą padėtį didėjant nuovargiui. Tai ypač svarbu slidininkams, nes kalnų slidinėjime kelio sąnarį veikia didelės lenkimo, rotacinės ir išorinės jėgos. Sportui būdingi PKR pažeidimo mechanizmai dažnai susiję su kompleksiniais veiksniais, įranga ir specifine kūno padėtimi slystant [14,15,21].

3.3 Grįžimas į sportą

Grįžimas į sportą turėtų vykti etapais: nuo lengvesnių techninių užduočių ir mažesnio greičio iki sudėtingesnių trasos sąlygų, didesnio intensyvumo treniruočių ir galiausiai varžybinio krūvio [22,23]. Pakartotinės traumos išlieka reikšminga sportinių traumų dalis ir jos rizika skiriasi pagal lytį, sporto šaką ir varžybinį lygį, todėl grįžimo į sportą kriterijai turi būti individualizuojami pagal asmens rizikos profilį. Moterų PKR traumų rizika dažnai siejama su anatominiais, hormoniniais, neuromuskuliniiais ir biomechaniniais veiksniais. 2023 metais atliktame tyrime buvo nustatyta, kad stiprių PKR traumų moterims dažnis buvo 7.6 atvejai 100 profesionalių slidinėtojų per sezoną [24]. Grįžimo į sportą bei aktyvų laisvalaikį kriterijai turėtų būti individualizuojami, atsižvelgiant į lytį, funkcinę būklę, pakartotinių traumų tikimybę ir

pačios sporto šakos reikalavimus [25]. Kalnų slidininkų grįžimas į varžybas po PKR rekonstrukcijos vidutiniškai trunka apie 364 ± 143 dienas, t.y. maždaug 12 mėn. [23]. Tai parodo, kad šis procesas yra labai ilgas, turėtų būti vertinamas etapais, kreipiant dėmesį ne tik į laiką po rekonstrukcijos, bet ir į funkcinę būklę.

4. Išvados

PKR trauma yra viena dažniausių kelio sąnario traumų kalnų slidinėjime, susijusi su sportui būdingomis rotacinėmis, šoninėmis, ir išcentrinėmis apkrovomis bei didele pakartotinės traumos rizika, ilgu atsistatymo laikotarpiu. Reabilitacija turi būti individualizuota ir pagrįsta paciento funkcinė būkle, o ne vien laiku po traumos. Nustatyta, jog pagrindiniai reabilitacijos tikslai yra skausmo, tinimo mažinimas, judesių amplitudės atkūrimas, keturgalvio šlaunies raumens aktyvacija, jėgos, propriocepcijos, pusiausvyros ir neuromuskulinės kontrolės lavinimas. Pabrėžiama, kad slidininkams būtina sportui specifinė reabilitacija, apimanti uždaro kinetinės grandinės pratimus, ekscentrinį raumenų darbą, liemens kontrolę bei laipsnišką pasirengimą grįžti ant sniego.

Literatūros šaltiniai

1. Owens BD, Nacca C, Harris AP, Feller RJ. Comprehensive Review of Skiing and Snowboarding Injuries. Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. 2018. doi:10.5435/JAAOS-D-16-00832
2. Dickson TJ, Terwiel FA. Injury trends in alpine skiing and a snowboarding over the decade 2008–09 to 2017–18. J Sci Med Sport. 2021;24(10). doi:10.1016/j.jsams.2020.12.001
3. Festini Capello MP, Valpiana P, Aloisi G, Cristofolini G, Misselwitz SC, Petralia G, et al. Risk Factor Analysis of Ski and Snowboard Injuries During the 2023/2024 Winter Season: A Single,

High-Volume Trauma Center Database Analysis. *Medicina* (Lithuania). 2025;61(1). doi:10.3390/medicina61010117

4. Ruedl G, Posch M, Tecklenburg K, Schranz A, Faulhaber M, Burtcher M. Skill-Specific Differences in Equipment-Related Risk Factors for ACL Injury in Male and Female Recreational Skiers. *Orthop J Sports Med.* 2023;11(3). doi:10.1177/23259671231155841

5. Huang L, You G, Li M, Xia Z, Yang S, Zhou X, et al. Outcomes of Proprioceptive Training on Recovery After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation.* 2025. doi:10.1097/PHM.0000000000002639

6. Zheng QY, Sun JN, Wang RS, Ma YR, Chen P. Does proprioceptive training improve joint function and psychological readiness in patients after anterior cruciate ligament reconstruction? A randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disord.* 2025;26(1). doi:10.1186/s12891-025-08621-z

7. Bhatt AM, Inclan PM, Pearle AD. Mechanisms and Prevention Strategies of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Alpine Skiers. *JBJS Journal of Orthopaedics for Physician Assistants.* 2024;12(4). doi:10.2106/jbjs.jopa.24.00021

8. Radovanović S, Bohanec M, Delibašić B. Extracting decision models for ski injury prediction from data. *International Transactions in Operational Research.* 2023;30(6). doi:10.1111/itor.13246

9. Posch M, Ruedl G, Schranz A, Tecklenburg K, Burtcher M. Is ski boot sole abrasion a potential ACL injury risk factor for male and female recreational skiers? *Scand J Med Sci Sports.* 2019;29(5). doi:10.1111/sms.13391

10. Posch M, Ruedl G, Greier K, Faulhaber M, Tecklenburg K, Schranz A, et al. Impact of Environmental Factors on the ACL Injury Risk in

Recreational Alpine Skiing. *Int J Sports Med.* 2022;44(13). doi:10.1055/a-2134-3908

11. Kelley N, Pierpoint L, Saeedi A, Hellwinkel JE, Khodae M. An Epidemiologic Comparison of Injuries to Skiers and Snowboarders Treated at United States Emergency Departments, 2000–2019. *Int J Sports Med.* 2024;45(05). doi:10.1055/a-2240-7747

12. Posch M, Burtcher M, Schranz A, Tecklenburg K, Helle K, Ruedl G. Impact of lowering ski binding settings on the outcome of the self-release test of ski bindings among female recreational skiers. *Open Access J Sports Med.* 2017;Volume 8. doi:10.2147/oajsm.s151229

13. Spörri J, Müller PO, Fink C, Alhammoud M, Scherr J, Gokeler A, et al. Returning to Performance After ACL Injury in Competitive Alpine Skiing: A Scoping Review and Evidence- and Expert-Informed Practice Recommendations. *Scand J Med Sci Sports.* 2026 Mar 1;36(3). doi:10.1111/sms.70246

14. Tarka MC, Davey A, Lonza GC, O'Brien CM, Delaney JP, Endres NK. Alpine Ski Racing Injuries. *Sports Health.* 2019;11(3). doi:10.1177/1941738119825842

15. Davey A, Endres NK, Johnson RJ, Shealy JE. Alpine Skiing Injuries. *Sports Health.* 2019;11(1). doi:10.1177/1941738118813051

16. Rauch A. Knee injuries in winter sports. *Orthopadie.* 2022. doi:10.1007/s00132-022-04317-7

17. Joreitz R, Fine J, Eshelman T, Mock-Grubbs S, Witherspoon Z. Sport-specific training and return to sport after ACL reconstruction in elite athletes: a narrative review. *Annals of Joint.* 2025. doi:10.21037/aoj-25-27

18. Delvaux F, Kaux JF, Daniel C, Lepièce C, Lewandowski B, Croisier JL. [Best practice recommendations for rehabilitation of anterior

cruciate ligament reconstructions]. *Rev Med Liege*. 2025;80(5–6).

19. Filbay SR, Grindem H. Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology*. 2019. doi:10.1016/j.berh.2019.01.018

20. Van Melick N, Van Cingel REH, Brooijmans F, Neeter C, Van Tienen T, Hullegie W, et al. Evidence-based clinical practice update: Practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *British Journal of Sports Medicine*. 2016. doi:10.1136/bjsports-2015-095898

21. Sundberg A, Högberg J, Tosarelli F, Buckthorpe M, Della Villa F, Hägglund M, et al. Sport-Specific Injury Mechanisms and Situational Patterns of ACL Injuries: A Comprehensive Systematic Review. *Sports Medicine*. 2025. doi:10.1007/s40279-025-02271-w

22. Spörri J, Kröll J, Gilgien M, Müller E. How to Prevent Injuries in Alpine Ski Racing: What Do We Know and Where Do We Go from Here? *Sports Medicine*. 2017. doi:10.1007/s40279-016-0601-2

23. Spörri J, Müller PO, Fink C, Alhammoud M, Scherr J, Gokeler A, et al. Returning to Performance After ACL Injury in Competitive Alpine Skiing: A Scoping Review and Evidence- and Expert-Informed Practice Recommendations. *Scand J Med Sci Sports*. 2026 Mar 1;36(3). doi:10.1111/sms.70246

24. Rotllan C, Viscor G. Winter Sports Injuries in Elite Female Athletes: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023. doi:10.3390/ijerph20105815

25. Norman D, Terrain L, Novosel J, Guzman A, Montalvo AM, Myer GD, et al. Anterior Cruciate Ligament Injury Incidence Across Sex, Sport, and Competition Level: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Athl Train*. 2025. doi:10.4085/1062-6050-0559.24