ISSN 1392-1401 (Print)
ISSN 2424-3949 (Online)
https://doi.org/10.15823/sm.2026.110

SPORTO MOKSLAS

SPORT SCIENCE

2/2026

LEIDŽIAMAS nuo 1995 m. ISSN 1392-1401 (Print) / ISSN 2424-3949 (Online), https://doi.org/10.15823/sm.2026.110

SPORTO MOKSLAS

2026
2(110)
KAUNAS
VILNIUS

SPORT SCIENCE

VYTAUTO DIDŽIOJO UNIVERSITETO ŠVIETIMO AKADEMIJOS
LIETUVOS OLIMPINĖS AKADEMIJOS

Ž U R N A L A S

J O U R N A L O F
VYTAUTAS MAGNUS UNIVERSITY EDUCATION ACADEMY
LITHUANIAN OLYMPIC ACADEMY

Žurnalas įtrauktas į
INDEX COPERNICUS duomenų bazę
ICV 2024-67,36

Indexed in INDEX COPERNICUS
ICV 2024-67,36

Žurnale „Sporto mokslas“ spausdinami originalūs ir apžvalginiai šių mokslo sričių ir krypčių (šakų) straipsniai:

- *Socialiniai mokslai – fizinis ugdymas, treniravimo sistemos, sporto pedagogika, sporto psichologija, sporto sociologija, sporto mokslo metodologija, sporto vadyba, turizmas, olimpinis ugdymas, olimpinis švietimas.*
- *Visuomenės sveikata, reabilitacija ir taikomasis fizinis aktyvumas – kineziterapija ir ergoterapija, fizinis aktyvumas ir sveikata.*
- *Gamtos mokslai – sporto fiziologija, judesių valdymas ir mokymasis, sporto biochemija, sporto medicina, sporto biomechanika, taikomoji fizinė veikla.*
- *Humanitariniai mokslai – sporto istorija, sporto filosofija, sporto teisė, sporto terminologija.*

Žurnalas „Sporto mokslas“ išleidžiamas du kartus per metus.

Žurnalas internete:
https://www.loa.lt/zurnalas-sporto-mokslas/|| https://hdl.handle.net/20.500.12259/261829

VYTAUTO DIDŽIOJO UNIVERSITETO ŠVIETIMO AKADEMIJA

LIETUVOS OLIMPINĖ AKADEMIJA

Leidėjų taryba // Executive Board
Prof. dr. Lina KAMINSKIENĖ, Vytauto Didžiojo universiteto Švietimo akademija // Vytautas Magnus University Education Academy, Lithuania
Prof. dr. Asta ŠARKAUSKIENĖ, Lietuvos olimpinė akademija // Lithuanian Olympic Academy

Redaktorių taryba // Executive Editorial Board
Prof. habil. dr. Kazys MILAŠIUS – **vyriausiasis redaktorius** Vytauto Didžiojo universitetas //
Editor-in-Chief Vytautas Magnus University, Lithuania

Skyrių atsakingieji redaktoriai // Section Editors
Socialinių mokslų // Social Sciences
Prof. dr. Sniegina POTELIŪNIENĖ, Vytauto Didžiojo universitetas // Vytautas Magnus University, Lithuania

Sveikatos, reabilitacijos ir taikomojo fizinio aktyvumo // Health, Rehabilitation and Adapted Physical Activity
Doc. dr. Jūratė ČESNAVIČIENĖ, Vytauto Didžiojo universitetas // Vytautas Magnus University, Lithuania

Gamtos ir medicinos mokslų // Nature and Medical Sciences
Prof. dr. Rūtenis PAULAUSKAS, Vytauto Didžiojo universitetas // Vytautas Magnus University, Lithuania

Humanitarinių mokslų // Humanities Sciences
Doc. dr. Aušra LISINSKIENĖ, Vytauto Didžiojo universitetas // Vytautas Magnus University, Lithuania

Redaktorių tarybos nariai // Members of Editorial Board
Dr. Cesar AGOSTINIS-SOBRINHO, Porto universitetas, Portugalija // University of Porto, Portugal
Prof. dr. Henning BUDDE, Medicinos mokykla, Hamburgas, Vokietija // Medical School, Hamburg, Germany
Prof. habil. dr. Pavel CIESZCZYK, Ščecino universitetas, Lenkija // University of Szczecin, Poland
Prof. dr. Rūta DADELIENĖ, Vilniaus universitetas // Vilnius University, Lithuania
Prof. dr. Juris GRANTS, Rygos Stradinio universitetas, Latvija // Riga Stradinis University, Latvia
Prof. dr. Larisa GUNINA, Nacionalinis antidopingo centras, Ukraina // National Anti-Doping Centre, Ukraine
Prof. habil. dr. Wladyslaw JAGIELLO, Kūno kultūros ir sporto akademija, Lenkija // Academy of Physical Education and Sport, Poland
Prof. dr. Jaak JÜRIMÄE, Tartu universitetas, Estija // University of Tartu, Estonia
Prof. dr. Marc LOCHBAUM, Teksaso technikos universitetas, JAV // Texas Tech Univesity, USA
Prof. dr. Jarek MAESTU, Tartu universitetas, Estija // University of Tartu, Estonia
Prof. dr. Romualdas MALINAUSKAS, Lietuvos sporto universitetas // Lithuanian Sports University, Lithuania
Prof. habil. dr. Edward MLECZKO, Krokuvos sporto pedagogikos akademija, Lenkija // Krakow Academy of Sport Education, Poland
Prof. dr. Brendon NOBLE, Londono Vestminsterio universitetas, JK // University of Westminster, London, UK
Prof. dr. Vahur ÖÖPIK, Tartu universitetas, Estija // University of Tartu, Estonia
Prof. dr. Mati PÄÄSUKE, Tartu universitetas, Estija // University of Tartu, Estonia
Prof. dr. Laura PURDY, Edžio Hilo universitetas, Liverpulis, JK // Edge Hill University, Liverpool, UK
Prof. dr. Aivaras RATKEVIČIUS, Lietuvos sporto universitetas // Lithuanian Sports University, Lithuania
Prof. habil. dr. Jerzy SADOWSKI, Varšuvos J. Pilsudskio kūno kultūros akademija, Palenkės Biala, Lenkija // J. Piłsudski University of Physical education in Warsaw, University College in Biała Podlaska, Poland
Prof. habil. dr. Albertas SKURVYDAS, Vytauto Didžiojo universitetas // Vytautas Magnus University, Lithuania
Prof. habil. dr. Arvydas STASIULIS, Lietuvos sporto universitetas // Lithuanian Sports University, Lithuania
Prof. dr. Manfred WEGNER, Kylio Kristiano Albrechto universitetas, Vokietija // Christian-Albrechts-University of Kiell, Germany
Prof. dr. Janis ZIDENS, Rygos Stradinio universitetas, Latvija // Riga Stradinis University, Latvia

Edgaras Abušovas – atsakingasis sekretorius // Executive Secretary
Danguolė Kopūstienė – redaktorė ir korektorė // Redactor and Corrector
Doc. dr. Ramunė Žilinskienė – anglų kalbos redaktorė // English Editor

© Vytauto Didžiojo universiteto Švietimo akademija / Vytautas Magnus University Education Academy, Lithuania, 2026
© Vytauto Didžiojo universitetas / Vytautas Magnus University, Lithuania, 2026
© Lietuvos olimpinė akademija / Lithuanian Olympic Academy, 2026

INDEX COPERNICUS ICV 2024-67,36

Sporto mokslas / Sport Science
2026, Nr. 2(110), p. 66–71 / No. 2(110), pp. 66–71, 2026

Mioglobino geno varianto sąsaja su traumų rizika didelio meistriškumo sportininkų grupėje

Ugnė Utkutė[1], Gabija Vytė[2, 3], Kamilė Venckutė[2], doc. dr. Valentina Ginevičienė[2, 3, 4]
Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto Klinikinės medicinos institutas, Vilnius, Lietuva[1]
Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto Biomedicinos mokslų institutas, Vilnius, Lietuva[2]
Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto Trasnliacinių sveikatos tyrimų institutas, Vilnius, Lietuva[2]
Vytauto Didžiojo universiteto Švietimo akademija, Vilnius, Lietuva[4]

Santrauka

Sportininkų traumų etiologija yra daugiaveiksnė, ją lemia sporto šaka, treniruočių ir varžybų krūvis, ankstesnės traumos, biomechaninės savybės, regeneracija ir genetiniai veiksniai. Mioglobinas, kurį koduoja MB genas, dalyvauja deguonies kaupime ir pernašoje griaučių raumenyse, azoto oksido homeostazėje ir reaktyviųjų deguonies formų apykaitoje. Vis dėlto MB geno variantų ryšys su sportinių traumų rizika mažai tirtas. Tyrimo tikslas – įvertinti MB geno rs7293 varianto sąsają su Lietuvos didelio meistriškumo sportininkų sportinių traumų rizika. Atvejo ir kontrolės principu atliktame asociacijos tyrime dalyvavo 185 įvairių sporto šakų didelio meistriškumo sportininkai (amžiaus vidurkis 31 ± 6,5 metų, 139 vyrai ir 46 moterys). Remiantis standartizuotos anketos surinktais duomenimis apie patirtas traumas, tiriamieji suskirstyti į dvi grupes: traumas patyrusių sportininkų grupę (n = 62) ir kontrolinę sportininkų, nepatyrusių traumų, grupę (n = 123). Genominė DNR išskirta iš periferinio kraujo leukocitų fenolio ir chloroformo ekstrakcijos metodu. MB rs7293 (c.174G>A, p.Ala58=) genotipas nustatytas polimerazės grandininės reakcijos ir restrikcijos fragmentų ilgio polimorfizmo analizės metodu. Alelių ir genotipų dažnių skirtumai vertinti chi (χ^2) kvadrato kriterijumi, o ryšio stiprumas vertintas nepakoreguotu šansų santykiu (ŠS) ir 95 proc. pasikliautinuoju intervalu (PI). Dažniausiai registruotos apatinių galūnių traumos (75,8 proc. visų traumas patyrusių sportininkų nurodytų traumų); viršutinių galūnių traumos sudarė 16,1 proc., nugaros traumos – 8,1 proc. Priekinio kryžminio raiščio pažeidimus nurodė 12,9 proc. traumas patyrusių sportininkų. Traumas patyrusių sportininkų grupėje MB rs7293 A alelis buvo dažnesnis negu kontrolinėje grupėje (52,0 ir 40,2 proc.; $\chi^2 = 4,32$; $p = 0,038$). Genotipų pasiskirstymas taip pat skyrėsi (GG, GA ir AA atitinkamai 21,0, 54,8 ir 24,2 proc. traumas patyrusių sportininkų grupėje bei 27,6, 64,2 ir 8,1 proc. kontrolinėje grupėje; $\chi^2 = 9,19$; $p = 0,010$). Pagal recesyvinį modelį AA genotipas buvo susijęs su didesniais sportinės traumos šansais, palyginti su GG ir GA genotipais kartu (ŠS = 3,61; 95 proc. PI 1,51–8,60; $p = 0,003$). Traumas patyrusių sportininkų grupėje genotipų dažniai atitiko Hardžio ir Veinbergo pusiausvyrą ($p = 0,441$), tačiau kontrolinėje grupėje nustatytas reikšmingas nuokrypis ($p = 0,0002$). Tyrimo rezultatai rodo galimą MB rs7293 A alelio, ypač AA genotipo, sąsają su sportinių traumų istorija. Vis dėlto ši sąsaja nepatvirtina priežastinio varianto poveikio raumenų pažeidimui ir kol kas negali būti tiesiogiai taikoma individualiai sportininko traumų rizikai prognozuoti ar treniruočių programoms individualizuoti. Gautų rezultatų interpretaciją riboja retrospektyviai vertinta traumų istorija, nevienalytė sporto šakų imtis ir neįvertinta sportinio krūvio ekspozicija bei nedidelė imtis. Atsižvelgiant į tyrimo ribotumus, šią sąsają būtina patvirtinti didesnėse nepriklausomose imtyse, pakartotinai patikrinus genotipavimo kokybę ir pritaikius daugiaveiksnius modelius.

Raktažodžiai: *sporto genetika, mioglobinas, MB rs7293, sportinės traumos, didelio meistriškumo sportininkai.*

Įvadas

Šiuolaikiniame sporte viena aktualiausių problemų yra traumų profilaktika ir prevencija. Sportinė trauma apibrėžiama kaip organizmo pažeidimas, kurį dažniausiai sukelia išoriniai veiksniai, tačiau svarbų vaidmenį turi ir vidiniai organizmo ypatumai bei paveldimumas. Traumų pobūdis ir dažnis priklauso nuo sporto šakos, sportininko lyties, treniruotumo, patiriamo krūvio intensyvumo ir kitų individualių savybių. Įgimti ir įgyti molekuliniai organizmo ypatumai – polinkis raumenų skaiduloms spazmuoti, mažas audinių atsparumas pažeidimams, jungiamojo audinio degeneraciniai pokyčiai – sportuojant fenotipiškai greitai pasireiškia, sunkiai atsistato ir gali riboti sportininko progresą. Todėl genetinių žymenų identifikavimas tampa svarbiu sporto praktikos, sporto medicinos ir reabilitacijos tikslu, siekiant individualizuoti treniruočių procesą ir mažinti traumų riziką (Barh ir Ahmetov, 2019; Maciejewska-Skrendo et al., 2020; Ahmetov et al., 2022, Ginevičienė et al., Barh ir Ahmetov, 2022).

Copyright © 2026. Ugnė Utkutė, Gabija Vytė, Kamilė Venckutė, Valentina Ginevičienė. Published by Vytautas Magnus University, Lithuania. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Pastaraisiais metais visame pasaulyje, taip pat ir Lietuvoje, atliekami didelio meistriškumo sportininkų genetiniai ir genominiai tyrimai. Literatūros duomenimis, su traumų rizika siejami struktūrinius baltymus koduojantys genai, tokie kaip *COL1A1, COL3A1, COL5A1, COL11A1* ir *COL12A1*, kurių variantai susiję su jungiamojo audinio tvirtumu, fizinio pajėgumo fenotipu ir traumų rizika (Maffulli et al., 2013; Sherman et al., 2015; John et al., 2016; Kaynak et al., 2017; Collins et al., 2016; Ginevičienė et al., 2018, 2019; Abrahams et al., 2013; Burger et al., 2015; Hay et al., 2013). Taip pat su traumomis siejami genai, atsakingi už griaučių ir raumenų sistemos adaptaciją prie fizinių krūvių, tokie kaip *ACTN3, ACE, AMPD1, MCT1, TNC, KDR, ACAN, BGN, MMP1, MMP3* ir kt. (Barh ir Ahmetov, 2019; Rubio et al., 2005; McCabe et al., 2018; Kim et al., 2014; Massidda et al., 2019). Šie tyrimai rodo, kad genetiniai veiksniai gali turėti reikšmingą įtaką traumų rizikai, ypač sportininkams, patiriantiems didelius ir nuolatinius fizinius krūvius.

Vienas iš potencialiai reikšmingų genetinių veiksnių yra mioglobino geno (*MB*) polimorfizmai. Mioglobinas – citoplazminis hemoproteinas, gausiai randamas skeleto raumenų skaidulose ir kardiomiocituose. Jo pagrindinė funkcija – kaupti deguonį raumenyse ir užtikrinti jo pernašą į mitochondrijas, kur vyksta aerobinės energijos gamyba (Pranckeviciene et al., 2021). Mioglobinas taip pat dalyvauja azoto oksido homeostazėje ir prisideda prie reaktyvių deguonies formų neutralizavimo, apsaugodamas raumenų audinį nuo oksidacinio streso (Ordway ir Garry, 2004; Wu et al., 2005). Intensyvaus fizinio krūvio metu mioglobino koncentracija raumenyse ir kraujyje didėja, o ilgalaikės hipoksijos sąlygomis stebimas padidėjęs *MB* geno raiškos aktyvumas.

Genetiniai mioglobino variacijos aspektai taip pat sulaukia mokslinio dėmesio. Identifikuotas vieno nukleotido polimorfizmas antrajame *MB* geno egzone (NCBI ID rs7293, NM_005368.3:c.174G>A, NP_005359.1:p.Ala58=, 22q12.3), kurio A alelis dažniau aptinkamas tibetiečių populiacijoje, gyvenančioje dideliame aukštyje (Moore et al., 2002). Ši populiacija pasižymi išskirtine hipoksijos tolerancija ir geresniu aerobiniu pajėgumu, todėl manoma, kad minėtas polimorfizmas gali būti susijęs su efektyvesne deguonies apykaita ir fiziniu darbingumu. Nors žmonių *MB* genetinė variacija žinoma jau seniai, duomenų apie rs7293 polimorfizmo paplitimą ir galimą funkcinę reikšmę sportininkų pajėgumui ar traumų rizikai vis dar labai mažai (Wu et al., 2005; Pranckeviciene et al., 2021; Ginevičienė et al., 2013; Ginevičienė et al., 2022).

Didelio meistriškumo sportininkai patiria nuolatinius didelio intensyvumo krūvius, kurie didina mikrotraumų, minkštųjų audinių pažeidimų ir pervargimo riziką. Traumų atsiradimą lemia biomechaniniai, treniruočių, regeneracijos, mitybos, psichologiniai ir genetiniai veiksniai. Genetiniai polimorfizmai gali turėti įtakos jungiamojo audinio tvirtumui, raumenų metabolizmui, uždegimo reguliacijai ir oksidaciniam stresui, tačiau mioglobino geno variantų ryšys su traumų rizika iki šiol beveik nenagrinėtas, ypač tarp aukšto meistriškumo sportininkų. Atsižvelgiant į mioglobino biologinį vaidmenį ir preliminarias genetinių tyrimų įžvalgas, *MB* geno variantai gali būti vienas iš veiksnių, lemiančių individualius raumenų atsparumo skirtumus pažeidimui, oksidaciniam stresui ir regeneracijos greičiui.

Todėl kyla mokslinė būtinybė įvertinti, ar mioglobino geno variantai gali būti susiję su didesne ar mažesne traumų rizika. Tokie duomenys galėtų prisidėti prie individualizuotų treniruočių programų kūrimo, geresnio sportininkų sveikatos stebėjimo ir ankstyvo rizikos veiksnių identifikavimo. Šio *darbo tikslas* – **įvertinti** *MB* geno rs7293 varianto sąsają su sportinių traumų rizika Lietuvos didelio meistriškumo sportininkų grupėje.

Tyrimo organizavimas ir metodai

Tyrimas buvo atliktas Vilniaus universiteto (VU) Medicinos fakulteto (MF) Biomedicinos mokslų instituto (BMI) Žmogaus ir medicininės genetikos katedros (ŽMGK) Molekulinės genetikos laboratorijoje, laikantis visų galiojančių bioetikos reikalavimų, dalyvių informuoto sutikimo procedūrų ir patvirtintų genetinių tyrimų protokolų. Visi laboratoriniai procesai (DNR išskyrimas, genotipavimas ir duomenų analizė) vykdyti pagal standartizuotas metodikas, užtikrinant tyrimo patikimumą ir duomenų kokybę.

Tyrimo dalyviai. Tyrime dalyvavo 185 įvairių sporto šakų (futbolo, biatlono, irklavimo, lengvosios atletikos – sprinto ir ilgų distancijų bėgimo) didelio meistriškumo sportininkai – olimpinių ir kitų Lietuvos bei pasaulio čempionatų laimėtojai ir prizininkai (amžius 31 ± 6,5 metų; 139 vyrai ir 46 moterys). Sportininkai buvo suskirstyti į dvi

grupes: (1) traumas patyrę sportininkai (n = 62; 50 vyrų ir 12 moterų) ir (2) traumų nepatyrę sportininkai (n = 123; 89 vyrai ir 34 moterys). Grupės buvo lyginamos pagal genotipų pasiskirstymą, taikant atvejo ir kontrolės asociacijos tyrimo strategiją. Traumų istorija ir papildoma informacija buvo surinkta naudojant standartizuotą apklausos anketą. Anketų duomenys buvo suvesti į „Excel“ duomenų bazę ir paruošti tolesnei statistinei analizei. Tyrimo metu buvo užtikrinta tiriamųjų asmens duomenų apsauga; gauti duomenys naudoti tik moksliniais tikslais.

Tyrimo eiga. Tiriamųjų genominė DNR buvo išskirta iš periferinio kraujo leukocitų, taikant fenolio ir chloroformo ekstrakcijos metodą pagal ŽMGK laboratorijoje patvirtintą protokolą. Išskirtos DNR koncentracija ir švarumas buvo įvertinti biofotometru. Mioglobino geno *MB* (rs7293) polimorfizmas buvo nustatytas taikant restrikcijos fragmentų ilgio polimorfizmo (RFLP, angl. *restriction fragment length polymorphism*) metodiką. Atitinkama DNR sekos dalis buvo pagausinta polimerazės grandininės reakcijos (PGR) būdu, o gauti PGR produktai skaidyti *FastDigest BsaHI* (Thermo Fisher Scientific, Lietuva) restrikcijos endonukleaze. Skaidymo rezultatai buvo analizuojami 2 proc. agarozės gelyje. Po elektroforezės gelis buvo dažomas etidžio bromidu, o juostų vaizdas vertinamas ir fotografuojamas ultravioletinėje šviesoje.

Tyrimo duomenų analizė. Statistinė analizė atlikta naudojant *Microsoft Excel* ir *R Studio 3.4* programinę įrangą. Alelių ir genotipų dažnių pasiskirstymas tiriamųjų grupėse buvo įvertintas pagal Hardžio ir Veinbergo pusiausvyros (HVP, angl. *Hardy-Weinberg equilibrium*) principus. Genotipų ir alelių dažnių skirtumams tarp grupių nustatyti taikytas Chi kvadrato (χ^2) kriterijus, statistinio reikšmingumo lygmenį nustatant $p < 0,05$.

Tyrimo rezultatai

Remiantis Lietuvos didelio meistriškumo sportininkų apklausos duomenimis, buvo atlikta traumų paplitimo analizė pagal sporto šaką ir traumos pobūdį. Sportinės traumos buvo suskirstytos į tris kategorijas: viršutinių galūnių, apatinių galūnių ir nugaros traumos. Dažniausiai pasitaikė apatinių galūnių traumos – jos sudarė 75,8 proc., viršutinių galūnių traumos – 16,1 proc., o nugaros traumos – 8,1 proc. Tarp apatinių galūnių traumų nustatyta ir viena dažniausių sportinių traumų – priekinio kryžminio raiščio pažeidimas (12,9 proc.). Daugiausia traumų patyrė futbolo sportininkai (29 proc.), sprinto bėgikai (22 proc.) ir ilgų distancijų bėgikai (14 proc.).

1 lentelė

Traumas patyrusių sportininkų ir kontrolinės grupės genotipų ir alelių dažniai pagal MB rs7293

Tiriamųjų grupė	Alelių dažniai %		p reikšmė lyginant su kontrole	Genotipų dažniai (%)			HVP p reikšmė	χ^2	p reikšmė lyginant su kontroline grupe
	G	A		GG	GA	AA			
Traumas patyrę sportininkai (n = 62)	48	52	0,037*	13 (21)	34 (55)	15 (24)	0,441	0,59	0,01*
Kontrolė (traumų nepatyrę sportininkai) (n = 123)	60	40		34 (28)	79 (64)	10 (8)	0,0002	13,84	

Pastaba: HVP – Hardžio ir Veinbergo pusiausvyra; * $p < 0,05$ – reikšmingi alelių ar genotipų dažnių skirtumai tarp tiriamųjų traumas patyrusių sportininkų ir kontrolinės grupių.

Remiantis Hardžio ir Veinbergo pusiausvyros (HVP) dėsniu, buvo įvertinti *MB* (c.174G>A, rs7293) polimorfizmo genotipų dažniai tiriamųjų grupėse. Genotipų pasiskirstymo nukrypimų nuo HVP reikšmių traumas patyrusių sportininkų grupėje nenustatyta ($p > 0,05$). Tačiau kontrolinėje (traumų nepatyrusių sportininkų) grupėje fiksuotas statistiškai reikšmingas nuokrypis nuo HVP ($p < 0,05$), galimai susijęs su dideliu treniruočių ir varžybų krūviu aukšto meistriškumo sportininkų populiacijoje.

Genotipų ir alelių dažniai traumas patyrusių ir nepatyrusių sportininkų grupėse pateikti 1 lentelėje. Atlikus *MB* rs7293 genotipų ir alelių pasiskirstymo analizę, nustatyta, kad traumas patyrusių sportininkų grupėje statistiškai reikšmingai dažniau pasitaikė A alelis (atvejo G/A: 48/52 proc. *vs* kontrolės G/A: 60/40 proc.; $p = 0,037$) ir AA genotipas (atvejo GG/GA/AA: 21/55/24 proc. *vs* kontrolės GG/GA/AA: 28/64/8 proc.; $p < 0,01$). *MB* rs7293 polimorfizmo analizė parodė, kad AA genotipas beveik

keturis kartus padidina tikimybę patirti sportinę traumą (šansų santykis 3,77; 95 proc. PI 1,58–9; p = 0,003).

Tyrimo rezultatų aptarimas

Šio tyrimo rezultatai atskleidė aiškius traumų paplitimo dėsningumus tarp Lietuvos didelio meistriškumo sportininkų ir leido įvertinti mioglobino geno *MB* (rs7293) varianto galimą reikšmę traumų rizikai. Gauti duomenys patvirtina literatūroje aprašytas tendencijas, kad didžiausią traumų dalį sudaro apatinių galūnių pažeidimai, ypač tarp sportininkų, kurių veikla pasižymi dideliu mechaniniu krūviu ir staigiais judesiais. Tai sutampa su kitų autorių pastebėjimais, jog futbolininkai ir sprinto bėgikai yra tarp labiausiai pažeidžiamų sporto šakų atstovų dėl intensyvių apkrovų, greitų krypties keitimų ir didelio raumenų bei raiščių įtempimo (Maffulli et al., 2013; McCabe ir Collins, 2018; Massidda et al., 2019).

MB rs7293 polimorfizmo analizė parodė reikšmingus skirtumus tarp traumų patyrusių ir nepatyrusių sportininkų. *MB* A alelio ir AA genotipo dažnesnis pasireiškimas traumas patyrusių sportininkų grupėje leidžia manyti, kad šis genetinis variantas gali būti susijęs su didesne traumų rizika. *MB* AA genotipo nustatytas beveik keturgubai didesnis šansų santykis rodo, kad šis variantas gali turėti biologinę reikšmę raumenų atsparumui pažeidimui, oksidaciniam stresui ar regeneracijos procesams. Tai dera su mioglobino fiziologiniu vaidmeniu – jo funkcija deguonies pernašoje, azoto oksido reguliacijoje ir reaktyvių deguonies formų neutralizavime gali turėti įtakos raumenų pažeidimo ir atsistatymo mechanizmams (Ordway ir Garry, 2004).

Kontrolinėje grupėje nustatytas HVP nuokrypis gali būti aiškinamas sportininkų atrankos specifika: didelio meistriškumo sportininkai nėra atsitiktinė populiacija, o selektyviai atrinkta grupė, kuriai būdingi tam tikri fiziologiniai ir genetiniai ypatumai. Intensyvus treniruočių krūvis, aukštas fizinis pasirengimas ir galimi genetiniai pranašumai gali lemti alelių pasiskirstymo pokyčius, kurie neatitinka bendros populiacijos struktūros. Tokie nuokrypiai sporto genetikoje nėra reti ir dažnai interpretuojami kaip natūralus atrankos efektas.

Šio tyrimo rezultatai papildo ribotą mokslinę informaciją apie *MB* rs7293 polimorfizmo reikšmę sportininkų fenotipui. Ankstesni tyrimai parodė šio varianto ryšį su hipoksijos tolerancija tibetiečių populiacijoje, tačiau duomenų apie jo įtaką traumų rizikai sporte iki šiol beveik nebuvo. Mūsų gauti rezultatai leidžia kelti hipotezę, kad *MB* rs7293 variantas gali būti vienas iš genetinių veiksnių, prisidedančių prie individualių traumų rizikos skirtumų, ypač sportininkams, patiriantiems didelius aerobinius ir anaerobinius krūvius (McCabe ir Collins, 2018; Massidda et al., 2019).

Vis dėlto tyrimo rezultatus būtina vertinti atsargiai. Nors nustatyti statistiškai reikšmingi ryšiai, šis polimorfizmas, tikėtina, nėra vienintelis traumų riziką lemiantis genetinis veiksnys. Traumų atsiradimas yra multifaktorinis procesas, priklausantis nuo biomechaninių, treniruočių, psichologinių ir aplinkos veiksnių. Todėl *MB* rs7293 variantą reikėtų vertinti kaip galimą papildomą rizikos žymenį, o ne vienintelį traumų rizikos prognozės kriterijų.

Ateities tyrimams būtų tikslinga įtraukti didesnes imtis, analizuoti kelių genų sąveiką, vertinti mioglobino raiškos pokyčius fizinio krūvio metu ir atlikti funkcinės biologijos tyrimus, kurie leistų tiksliau nustatyti *MB* rs7293 varianto mechaninį poveikį raumenų audiniui.

Išvados

Didelio meistriškumo Lietuvos sportininkų grupėje dažniausiai nustatytos apatinių galūnių traumos, ypač tarp futbolininkų, sprinto ir ilgų distancijų bėgikų, patvirtinant, kad didelio intensyvumo ir mechaninio krūvio sporto šakos pasižymi didesne traumų rizika. Traumų patyrusių sportininkų grupėje statistiškai reikšmingai dažniau nustatytas *MB* rs7293 polimorfizmo A alelis ir AA genotipas, palyginti su traumų nepatyrusia grupe. Pagal recesyvinį modelį *MB* rs7293 AA genotipas buvo susijęs su didesniais sportinės traumos šansais, palyginti su GG ir GA genotipais kartu. Tyrimo rezultatai rodo galimą *MB* rs7293 varianto sąsają su sportinių traumų istorija. Vis dėlto ši sąsaja nepatvirtina priežastinio varianto poveikio raumenų pažeidimui ir kol kas negali būti tiesiogiai taikoma individualiai sportininko traumų rizikai prognozuoti ar treniruočių programoms individualizuoti. Galimam praktiniam šio genetinio varianto pritaikymui pagrįsti reikalingi didesni nepriklausomi tyrimai.

LITERATŪRA

1. Abrahams, Y., Laguette, M. J., Prince, S. ir Collins, M. (2013). Polymorphisms within the COL5A1 3'-UTR that alter mRNA structure and the MIR608 gene are associated with Achilles tendinopathy. *Annals of Human Genetics*, *77*(3), 204–214.

2. Ahmetov, I. I. ir Fedotovskaya, O. N. (2015). Current progress in sports genomics. *Advances in Clinical Chemistry*, *70*, 247–314.
3. Ahmetov, I. I., Hall, E. C. R., Semenova, E. A., Pranckevičienė, E. ir Ginevičienė, V. (2022). Advances in sports genomics. *Advances in Clinical Chemistry*, *107*, 215–263.
4. Barh, D. ir Ahmetov, I. I. (Red.) (2019). *Sports, Exercise, and Nutritional Genomics: Current Status and Future Directions*. London: Academic Press.
5. Burger, M., de Wet, H. ir Collins, M. (2015). The COL5A1 gene is associated with increased risk of carpal tunnel syndrome. *Clinical Rheumatology*, *34*(4), 767–774.
6. Collins, M. (Red.) (2009). *Genetics and Sports. Medicine and Sport Science*, 54. Basel: Karger.
7. Collins, M., O'Connell, K. ir Posthumus, M. (2016). Genetics of musculoskeletal exercise-related phenotypes. *Medicine and Sport Science*, *61*, 92–104.
8. Collins, M., Posthumus, M. ir Schwellnus, M. P. (2010). The COL1A1 gene and acute soft tissue ruptures. *British Journal of Sports Medicine*, *44*(14), 1063–1064.
9. Ginevičienė, V., Ašmenavičiūtė, I. ir Utkus, A. (2018). Profesionalių Lietuvos futbolo *žaidėjų* kolageno genų variantų analizė. *Laboratorinė medicina*, *20*(4(80)), 268–276.
10. Ginevičienė, V., Bortkevič, A. ir Anikevičiūtė, G. (2022). MB (rs7293) ir GPC5 (rs852918) polimorfizmų asociacija Lietuvos didelio meistriškumo sportininkų grupėje. *Sporto mokslas*, *1*(101), 50–56.
11. Ginevičienė, V., Jakaitienė, A., Milašius, K. ir Utkus, A. (2013). Variation of the HIF1A and MB genes in Lithuanian athletes. In *Proceedings of the 18th Annual Congress of the European College of Sport Science*, Barcelona, Spain, 26–29 June 2013 (p. 132–133).
12. Ginevičienė, V., Pranckevičienė, E., Milašius, K. ir Kučinskas, V. (2010). Relating fitness phenotypes to genotypes in Lithuanian elite athletes. *Acta Medica Lituanica*, *17*(1–2), 1–10.
13. Ginevičienė, V., Utkus, A., Pranckevičienė, E., Semenova, E. A., Hall, E. C. R. ir Ahmetov, I. I. (2022). Perspectives in sports genomics. *Biomedicines*, *10*(2), 298.
14. Ginevičienė, V., Venckutė, K., Utkus, A. ir Milašius, K. (2019). Kolageno genų variantų reikšmė Lietuvos didelio meistriškumo sportininkų fiziniam pajėgumui. *Laboratorinė medicina*, *21*(2(82)), 84–92.
15. Hay, M., Patricios, J., Collins, R., Branfield, A., Cook, J. ir Handley, C. J. (2013). Association of type XI collagen genes with chronic Achilles tendinopathy in independent populations from South Africa and Australia. *British Journal of Sports Medicine*, *47*(9), 569–574.
16. John, R., Prabhakar, S., Dhillon, M. S., Anand, A. ir Minhas, G. (2016). Association of ACL tears and single nucleotide polymorphisms in the collagen 12 A1 gene in the Indian population: A preliminary case-control study. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, *6*(2), 253–257.
17. Kaynak, M., Nijman, F., van Meurs, J., Reijman, M. ir Meuffels, D. E. (2017). Genetic variants and anterior cruciate ligament rupture: A systematic review. *Sports Medicine*, *47*(8), 1637–1650.
18. Kim, J. H., Jung, E. S., Kim, C. H., Youn, H. ir Kim, H. R. (2014). Genetic associations of body composition, flexibility and injury risk with ACE, ACTN3 and COL5A1 polymorphisms in Korean ballerinas. *Journal of Exercise Nutrition and Biochemistry*, *18*(2), 205–214.
19. Maciejewska-Skrendo, A., Leźnicka, K. ir Leońska-Duniec, A. (2020). Genetics of muscle stiffness, muscle elasticity and explosive strength. *Journal of Human Kinetics*, *74*, 143–159.
20. Maffulli, N., Margiotti, K., Longo, U. G., Loppini, M., Fazio, V. M. ir Denaro, V. (2013). The genetics of sports injuries and athletic performance. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, *3*(3), 173–189.
21. Massidda, M., Voisin, S., Culigioni, C., Piras, F., Cugia, P., Yan, X., Eynon, N. ir Calò, C. M. (2019). ACTN3 R577X polymorphism is associated with the incidence and severity of injuries in professional football players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *29*(1), 57–61.
22. McCabe, K. ir Collins, C. (2018). Can genetics predict sports injury? The association of the genes GDF5, AMPD1, COL5A1 and IGF2 on soccer player injury occurrence. *Sports*, *6*(1), 21.
23. Moore, L. G., Zamudio, S., Zhuang, J., Sun, S. ir Droma, T. (2002). Analysis of the myoglobin gene in Tibetans living at high altitude. *High Altitude Medicine and Biology*, *3*(1), 39–47.
24. Ordway, G. A. ir Garry, D. J. (2004). Myoglobin: An essential hemoprotein in striated muscle. *Journal of Experimental Biology*, *207*(20), 3441–3446.
25. Ponsuksili, S., Murani, E., Trakooljul, N., Schwerin, M. ir Wimmers, K. (2014). Discovery of candidate genes for muscle traits based on GWAS supported by eQTL analysis. *International Journal of Biological Sciences*, *10*(3), 327–337.
26. Pranckevičienė, E., Ginevičienė, V., Jakaitienė, A., Januška, L. ir Utkus, A. (2021). Total genotype score modelling of polygenic endurance-power profiles in Lithuanian elite athletes. *Genes*, *12*(7), 1067.
27. Rubio, J. C., Martín, M. A., Rabadán, M., Gómez-Gallego, F., San Juan, A. F., Alonso, J. M., Chicharro, J. L., Pérez, M., Arenas, *J.* ir Lucía, A. (2005). Frequency of the C34T mutation of the AMPD1 gene in world-class endurance athletes: Does this mutation impair performance? *Journal of Applied Physiology*, *98*(6), 2108–2112.
28. Sherman, V. R., Yang, W. ir Meyers, M. A. (2015). The materials science of collagen. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, *52*, 22–50.
29. Vlahovich, N., Fricker, P. A., Brown, M. A. ir Hughes, D. (2017). Ethics of genetic testing and research in sport: A position statement from the Australian Institute of Sport. *British Journal of Sports Medicine*, *51*(1), 5–11.
30. Wu, J., Hu, Y., Liu, G. ir Zhou, D. Q. (2005). SNP A79G in the second exon of the myoglobin gene in elite long-distance runners. *British Journal of Sports Medicine*, *39*(10), 781–782.

ASSOCIATION OF A MYOGLOBIN GENE VARIANT WITH INJURY RISK IN A GROUP OF ELITE ATHLETES

***Ugnė Utkutė*[1], *Gabija Vytė*[2, 3], *Kamilė Venckutė*[2], *Assoc. Prof. Valentina Ginevičienė*[2, 3, 4]**
Institute of Clinical Medicine, Faculty of Medicine, Vilnius University, Vilnius, Lithuania[1]
Institute of Biomedical Sciences, Faculty of Medicine, Vilnius University, Vilnius, Lithuania[2]
Institute of Translational Health Research, Faculty of Medicine, Vilnius University, Vilnius, Lithuania[3]
Education Academy, Vytautas Magnus University, Vilnius, Lithuania[4]

SUMMARY

The etiology of sports injuries is multifactorial and is influenced by the type of sport, training and competition loads, previous injuries, biomechanical characteristics, recovery, and genetic factors. Myoglobin, encoded by the *MB* gene, is involved in oxygen storage and transport in skeletal muscle, nitric oxide homeostasis, and reactive oxygen species metabolism. However, the association between *MB* gene variants and the risk of sports injuries remains underexplored. The aim of this study was to evaluate the association between the *MB* rs7293 variant and the risk of sports injuries in Lithuanian elite athletes. This case-control association study included 185 elite athletes from various sports (mean age 31 ± 6.5 years), comprising 139 men and 46 women. Based on data on previous injuries collected using a standardized questionnaire, the participants were divided into two groups: athletes with a history of injury (n = 62) and athletes without a history of injury, who comprised the control group (n = 123). Genomic DNA was isolated from peripheral blood leukocytes using the phenol–chloroform extraction method. The *MB* rs7293 (c.174G>A, p.Ala58=) genotype was determined using the polymerase chain reaction–restriction fragment length polymorphism method. Differences in allele and genotype frequencies were assessed using the chi-square test, and the strength of the association was evaluated using unadjusted odds ratios and 95% confidence intervals. Lower-extremity injuries were the most frequently reported, accounting for 75.8% of all injuries reported by athletes in the injured group. Upper-extremity injuries accounted for 16.1%, while back injuries accounted for 8.1%. Anterior cruciate ligament injuries were reported by 12.9% of the athletes in the injured group. The *MB* rs7293 A allele was more frequent in the injured group than in the control group (52.0% vs. 40.2%; $\chi^2 = 4.32$; $p = 0.038$). Genotype distributions also differed between the groups: the frequencies of the GG, GA, and AA genotypes were 21.0%, 54.8%, and 24.2%, respectively, in the injured group and 27.6%, 64.2%, and 8.1%, respectively, in the control group ($\chi^2 = 9.19$; $p = 0.010$). Under the recessive model, the AA genotype was associated with higher odds of sports injury than the GG and GA genotypes combined (OR = 3.61; 95% CI: 1.51–8.60; $p = 0.003$). Genotype frequencies were consistent with Hardy–Weinberg equilibrium in the injured group ($p = 0.441$), whereas a significant deviation was observed in the control group ($p = 0.0002$). The findings suggest a possible association between the *MB* rs7293 A allele, particularly the AA genotype, and a history of sports injuries. However, this association does not establish a causal effect of the variant on muscle injury and cannot yet be directly applied to predict an individual athlete's risk of injury or to individualize training programmes. Interpretation of the findings is limited by the retrospective assessment of injury history, the heterogeneous range of sports, the lack of data on exposure to training loads, and the small sample size. Given these limitations, the association should be confirmed in larger independent samples, with repeated verification of genotyping quality and the application of multivariable models.

Keywords: sports genetics, myoglobin, *MB* rs7293, sports injuries, elite athletes.

Valentina Ginevičienė
Santariškių g. 2, 08661 Vilnius
El. p. valentina.gineviciene@gmail.com

Gauta 2026-09-21
Patvirtinta 2026-10-25