



Darja Ņesteroviča-Petrikova

**Militāro apavu valkāšanas
biomehāniskie aspekti un to saistība
ar apakšējo ekstremitāšu
pārslodzes traumām**

Promocijas darba kopsavilkums zinātnes doktora grāda
“zinātnes doktors (*Ph. D.*)” iegūšanai

Nozaru grupa – medicīnas un veselības zinātnes
Nozare – medicīnas bāzes zinātnes, tai skaitā farmācija
Apakšnozare – medicīniskā biomehānika

Rīga, 2024



RĪGAS STRADIŅA
UNIVERSITĀTE

Darja Ņesteroviča-Petrikova

ORCID 0000-0003-1344-0067

Militāro apavu valkāšanas
biomehāniskie aspekti un to saistība
ar apakšējo ekstremitāšu
pārslodzes traumām

Promocijas darba kopsavilkums zinātnes doktora grāda
“zinātnes doktors (*Ph. D.*)” iegūšanai

Nozaru grupa – medicīnas un veselības zinātnes

Nozare – medicīnas bāzes zinātnes, tai skaitā farmācija

Apakšnozare – medicīniskā biomehānika

Rīga, 2024

Promocijas darbs izstrādāts Rīga Stradiņa universitātē un Nodrošinājuma pavēlniecības Medicīnas nodrošinājuma centrā, Latvijā

Promocijas darba vadītājs:

Dr. med. asociētais profesors **Ainārs Stepens**,
Rīgas Stradiņa universitāte, Latvija

Zinātniskā konsultante:

Dr. med. asociētā profesore **Signe Tomsons**,
Rīgas Stradiņa universitāte, Latvija

Oficiālie recenzenti:

Dr. med. profesors **Jānis Vētra**,
Rīgas Stradiņa universitāte, Latvija

Dr. paed. profesors **Juris Grants**,
Latvijas Sporta pedagoģijas akadēmija

Dr. med. profesors **Damjens van Tigelens**,
Gentas universitāte, Beļģija

Promocijas darbs tiks aizstāvēts Medicīnas bāzes zinātņu, tai skaitā farmācijas, promocijas padomes atklātā sēdē 2024. gada 2. aprīlī plkst. 10.00 attālināti, tiešsaistes platformā *Zoom*.

Ar promocijas darbu var iepazīties RSU bibliotēkā un RSU tīmekļa vietnē:
<https://www.rsu.lv/promocijas-darbi>

Promocijas padomes sekretārs:

Dr. med. asociētā profesore **Dzintra Kažoka**

Satura rādītājs

Darbā izmantotie saīsinājumi.....	4
Ievads.....	6
Darba mērķis.....	9
Darba uzdevumi.....	9
Darba hipotēze.....	9
Darba novitāte.....	10
1. Materiāli un metodes.....	11
1.1. Pētījuma populācija.....	11
1.2. Šķērsriezuma pētījums.....	12
1.3. Gadījumu kontroles pētījums.....	15
1.3.1. Pēdas pozīcija.....	16
1.3.2. Pēdas garums un apavu izmērs.....	17
1.3.3. Plantārās noslodzes mērījums dinamikā.....	18
1.3.4. Gaitas analīze.....	19
1.4. Statistiskā analīze.....	20
1.4.1. Pētījuma izlase.....	20
1.4.2. Datu analīze.....	21
2. Rezultāti.....	23
2.1. Šķērsriezuma pētījuma rezultāti.....	23
2.1.1. Pašziņoto traumu incidence.....	23
2.1.2. Militāro apavu komforta novērtējums.....	24
2.2. Gadījumu kontroles pētījuma rezultāti.....	25
2.2.1. Izmantoto militāro apavu izmēru analīze.....	26
2.2.2. Militāro apavu komforts un pārslodzes trauma anamnēzē.....	27
2.2.3. Plantārās noslodzes analīze.....	27
2.2.4. Gaitas analīzes rezultāti.....	30
2.2.5. Regresiju analīze.....	32
3. Diskusija.....	34
Secinājumi.....	40
Priekšlikumi.....	41
Publikāciju un ziņojumu saraksts par promocijas darba tēmu.....	42
Literatūras saraksts.....	44
Pateicības.....	52

Darbā izmantotie saīsinājumi

3D	Trīsdimensiju
ASV	Amerikas Savienotās Valstis
AI	Pēdas velves indekss (angliski <i>arch index</i>)
AUC	Laukums zem līknes (angliski <i>area under curve</i>)
Cm	Centimetri
DF	Dorsifleksija
EU	Eiropas apavu izmērs
FPI	Pēdas pozīcijas indekss (angliski <i>foot posture index</i>)
SSK-10	Starptautiskā statistiskā slimību un veselības problēmu klasifikācija, 10. redakcija
Kg	Kilogrami
Ln	Naturāls logaritms
M	Metri
Mm	Milimetri
MSKT	Muskuļu un skeleta sistēmas traumas
MTH	Pleznas kaula galva
NATO	Ziemeļatlantijas līguma organizācija
NBS	Nacionālie bruņotie spēki
N	Ņūtons
OR	Izredžu attiecība (angliski <i>odds ratio</i>)
PF	Plantārfleksija
ROC	Uztvērēja operatora līkne (angliski <i>receiver operating characteristic</i>)
S	Sekundes
SI	Simetrijas (Robinsona) indekss
SN	Standartnovirze

STA	Mīksto audu artefakti (angliski <i>soft tissue artefacts</i>)
TI	Ticamības intervāls
VAS	Vizuālu analoģu skala

Ievads

Muskuļu un skeleta sistēmas traumas (MSKT) ir galvenais priekšlaicīgas atvaļināšanas medicīniskais iemesls Ziemeļatlantijas līguma organizācijas (NATO) dalībvalstu armijās, kas palielina militārās veselības aprūpes izmaksas un samazina armijas kaujas gatavību (Dijksma et al., 2020; Fredette et al., 2021; Grimm et al., 2019; Lovalekar et al., 2021). Neraugoties uz gadiem ilgu militāro traumu pētījumu un traumu profilakses programmu ieviešanu, ziņoto MSKT incidence paliek stabili augsta. MSKT sastopamība tiek ziņota kā 47 % Zviedrijas armijā, 49 % Lielbritānijas armijā un 53 % ASV armijā (Grier et al., 2020; Halvarsson et al., 2018; Sharma et al., 2015).

MSKT uzraudzību Nacionālajos bruņotajos spēkos (NBS) veic Nodrošinājuma pavēlniecības Medicīnas nodrošinājuma centrs, balstoties uz reģionālo Medicīnas nodrošinājuma centru sniegtajām ikmēneša traumu atskaitēm. Piemēram, 2018. gadā MSKT incidence, balstoties uz šīm traumu atskaitēm, bija 12,4 %. Jāatzīmē, ka visbiežāk traumas skāra apakšstilbu (2,5 %), pēdas un pirkstus (1,7 %) (NBS Nodrošinājuma pavēlniecības Medicīnas nodrošinājuma centrs, 2018). Savukārt viena Latvijas reģionālā Medicīnas nodrošinājuma centra traumu datu analīzes rezultāti triju gadu periodā (no 2017. līdz 2020. gadam) parādīja, ka MSKT incidence ekstremitātēs bija 74 %, kas ir salīdzināms ar traumu incidenci citās karavīru populācijās. Tomēr šis pētījums nesniedza detalizētu sadalījumu pēc traumas veida (akūta vai pārslodzes) vai traumas lokalizācijas (augšējās vai apakšējās ekstremitātes) (Barovska, 2020).

Visizplatītākās MSKT karavīru populācijās ar ziņoto incidenci no 70 % līdz 80 % ir kumulatīvās mikrotraumas, ko sauc arī par pārslodzes traumām (Hauret et al., 2010; Molloy et al., 2020; Schwartz et al., 2018; Wilkinson et al., 2011). Šīs traumas skar ķermeņa apakšējos segmentus – muguras lejasdaļu, ceļu locītavas, apakšstilbus, pēdas locītavas un pēdu (Fredette et al., 2021;

Lovalekar et al., 2021). Traumu incidence NBS, kas aprēķināta, balstoties uz medicīniskajām atskaitēm, ir ievērojami zemāka nekā citās karavīru populācijās. Joprojām nav skaidrs, vai traumas tika tīšām slēptas no medicīniskā personāla vai arī neprecizitātes radās atkaišu veidošanas etapā, iespējams, reģistrējot tikai smagākus traumu gadījumus. Tomēr ir svarīgi uzsvērt, ka sistemātiska akūtu un pārslodzes MSKT tendenču uzraudzība ir būtiska traumu novēršanas stratēģijas sastāvdaļa (Wardle & Greeves, 2017).

Apakšējo ekstremitāšu MSKT mazināšanā ir svarīgi izmantot atbilstošus apavus, kas ne tikai sniedz pēdas aizsardzību (Mawusi, 2019) un nodrošina kustību bez sāpēm (Menz & Bonanno, 2021), bet arī samazina slodzi uz apakšējo ķermeņa daļu (Zhang et al., 2013). Neņemot vērā militāro apavu lietošanas atšķirības starp valstīm un militāriem amatiem (Andersen et al., 2016), ir nepieciešams, lai izmantotie militārie apavi nodrošina komfortu, sekmē gaitas simetriju, veicina pēdas mediolaterālo kustību kontroli un stabilizē uz nelīdzenām virsmām (Hamill J, 1996). Kaut gan karavīrs militāro apavu komfortu un izmantoto apavu piemērotību pēdas garumam var nenoteikt kā prioritāti, ir būtiski pievērst uzmanību šiem aspektiem, lai sasniegtu gaitas stabilitāti, optimālu fiziskās labklājības un militārā dienesta snieguma līmeni (Mawusi, 2019; Torrens et al., 2012). Turklāt izmantoto apavu novērtēšanas iekļaušana medicīniskās pārbaudes laikā ne tikai spēj mazināt apakšējo ekstremitāšu MSKT incidenci, bet arī sekmē vispārējo pēdu veselību (Ellis et al., 2022). Pašlaik regulāra militāro apavu stabilitātes, izmēra piemērotības un komforta vērtēšana, kā arī pēdu pozīcijas noteikšana NBS netiek veikta. Vairāku iepriekšējo pētījumu rezultāti norāda uz apakšējo ekstremitāšu MSKT saistību ar militāro apavu izmantošanu (Andersen et al., 2016; Knapik et al., 2015; Orr et al., 2022). Tomēr nesen veikts sistemātisks pārskats neidentificēja militāros apavus kā potenciālu riska faktoru MSKT (Sammito et al., 2021). Līdz ar to militāro apavu loma pārslodzes tipa MSKT

attīstībā ir neskaidra. Papildus tiek ierosināti pētījumi, kuros meklēta saistība starp militāro apavu lietošanu un pārslodzes MSKT risku (Baumfeld et al., 2015).

Apavu valkāšana maina gaitas kinētiku, kinemātiku un ietekmē parametru mainību (Braunstein et al., 2010; Dixon et al., 2003; Franklin et al., 2015; Hollander et al., 2022). Pēc literatūras datiem, apakšstilba un pēdu pārslodzes MSKT riska faktori ir samazināta triecienspēka absorbcija un izmainīta gaitas kinemātika (Dowling et al., 2014; Willwacher et al., 2022). Savukārt pārcieta kājas MSKT var veicināt atkārtotu traumu un gaitas biomehānikas izmaiņas (Andersen et al., 2016; Baida et al., 2018; Hamill et al., 2012; Toohey et al., 2017). Gaita ir cikliskas kustības veids, kuras laikā rodas nezināmas izcelsmes svārstības (Hausdorff et al., 1995; Winter, 1984). Šīs svārstības jeb gaitas parametru mainība ir novērojama veseliem cilvēkiem neatkarīgi no tā, vai tas ir karavīrs vai civiliedzīvotājs. Kaut gan kustību traucējumu gadījumā šīs gaitas parametru svārstības ir ievērojamākas (Ahsan et al., 2023), pašlaik nav pietiekamu pierādījumu attiecībā uz gaitas mainības izmaiņām pēc pārciestas pārslodzes traumas militārajā jomā (Strongman & Morrison, 2020). Papildu pētījumi ir nepieciešami, lai izstrādātu uz pierādījumiem balstītas MSKT mazināšanas stratēģijas militārajā jomā un lai izveidotu vadlīnijas gaitas un pēdu stāvokļa pārbaudei medicīniskās apskates laikā.

Līdz šim pēdu pozīcijas un plantārās slodzes loma MSKT attīstībā nav pietiekami izpētīta. Kaut arī militārā populācijā Latvijā ir veikti plaši antropometriskie pētījumi (Derums, 1940; Kokare, 1998), sistemātiska karavīru pēdu tipu novērtēšana iepriekš netika veikta. Turklāt militāro apavu komforts, kas ir būtisks aspekts karavīru ikdienā, nav bijis iepriekšējo pētījumu uzmanības centrā. Līdzīgi arī ar militāro apavu un gaitu saistīto faktoru loma MSKT attīstībā militārpersonām, kaut gan ir potenciāli nozīmīga

traumu novērsšanā, nav pietiekami pētīta. Šo savstarpēji saistīto faktoru pilnīga izpratne ir būtiska, lai uzlabotu militārpersonu drošību un fizisko labklājību.

Darba mērķis

Izpētīt apakšējo ekstremitāšu pārslodzes traumu biežumu Latvijas Sauszemes spēku karavīriem un noskaidrot to iespējamo saistību ar militāro apavu lietošanu.

Darba uzdevumi

Promocijas darba mērķa sasniegšanai izvirzīti šādi uzdevumi:

1. Izpētīt apakšējo ekstremitāšu muskuloskeletālo traumu incidenci Latvijas Sauszemes spēku karavīriem.
2. Izpētīt saistības starp apakšējo ekstremitāšu pārslodzes traumu anamnēzē un pēdas funkcionālo stāvokli.
3. Noteikt apakšējo ekstremitāšu pārslodzes traumu saistību ar militāro apavu lietošanu.
4. Novērtēt ar gaitu saistītās izmaiņas, lietojot militāros apavus.

Darba hipotēze

- Muskuloskeletālo traumu incidence Latvijas Sauszemes spēkos ir līdzīga kā citās militārpersonu populācijās.
- Iepriekšējā apakšējās ekstremitātes pārslodzes trauma ir saistīta ar paaugstinātu maksimālo plantāro spiedienu un pēdas novirzi no neitrālas pozīcijas.
- Militāro apavu komforta novērtējums ir saistīts ar apakšējo ekstremitāšu traumu anamnēzē.

- Nepietiekama pēdas stabilitāte un zemāki pēdas un pēdas locītavas leņķiskie ātrumi, ejot ar militāriem apaviem, ir apakšējo ekstremitāšu pārslodzes traumu riska faktori.

Darba novitāte

Kaut arī ir veikti plaši pētījumi, kas aplūko MSKI saistību ar gaitu dažādās karavīru populācijās, vēl joprojām pastāv nepieciešamība pēc visaptverošas izpētes par to, kā gaita ir saistīta ar militāro apavu lietošanu un kāju pārslodzes traumu risku. Pašlaik trūkst datu par pēdu pozīciju, pēdu garumu un militāro apavu komforta novērtējumu Nacionālajos bruņotajos spēkos un citās Baltijas valstu armijās.

Šis promocijas darbs sniedz ieskatu par Latvijas Sauszemes spēkos visbiežāk sastopamām akūtām un pārslodzes traumām. Traumas tika sistematizētas, izmantojot Barela traumu matricu. Turklāt promocijas darba ietvaros ir veikts pētījums, kas iekļauj gan nemodificējamus faktorus (traumu vēsturi un pēdu pozīciju), gan modificējamus faktorus (militārie apavi un plantārais spiediens).

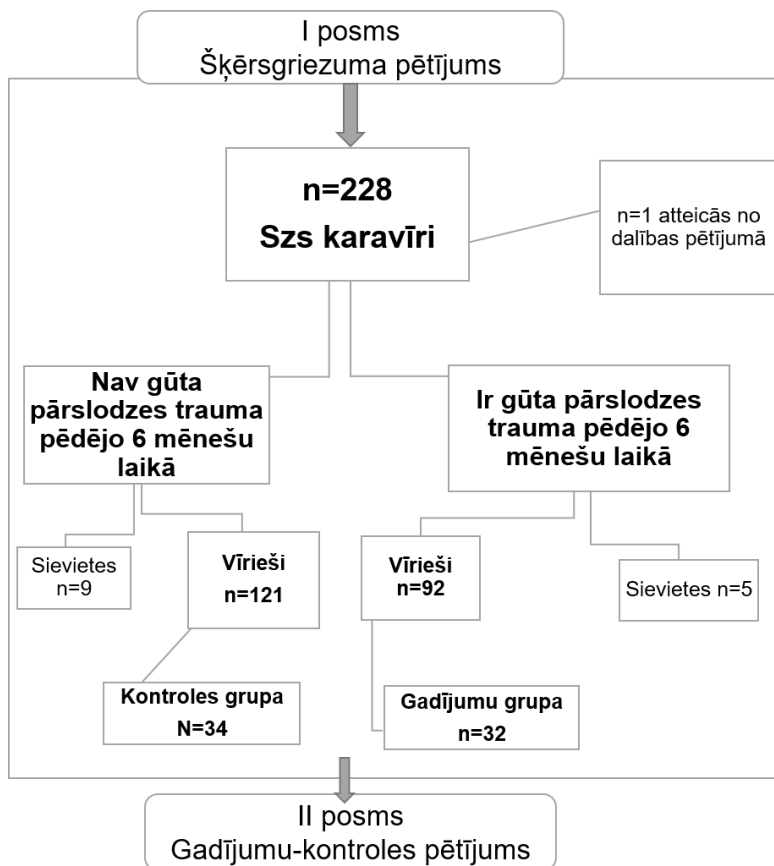
Tika veikts pirmais gadījumu kontroles pētījums, kurā novērtēti gaitas parametri, ejot ar apaviem un bez tiem, kā potenciālie apakšējo ekstremitāšu pārslodzes traumu riska faktori kājniekiem. Turklāt pirmo reizi tika veikts sistemātisks lietoto militāro apavu komforta novērtējums, ņemot vērā tādus faktorus kā, piemēram, amortizācija un atbalsts dažādās pēdas daļās.

Šis promocijas darbs paplašina izpratni par militāro apavu izmēra izvēli un komfortu, salīdzinot kājniekus ar iepriekšējo pārslodzes traumu un bez traumas. Secinājumi izceļ gaitas mainības nozīmi kā potenciālu riska faktoru, kas ļauj prognozēt apakšējo ekstremitāšu pārslodzes traumu kājniekiem.

1. Materiāli un metodes

1.1. Pētījuma populācija

Pētījums tika veikts divos posmos: I posms – šķērsgriezuma pētījums, II posms – gadījumu kontroles pētījums (sk. 1.1. attēlu).



1.1. attēls. Shematiska pētījuma metodoloģija

I posms tika īstenots NBS Nodrošinājuma pavēlniecības Medicīnas nodrošinājuma centrā no 2018. līdz 2020. gadam. Visi pieejamie kājnieki tika aicināti piedalīties pētījumā savas ikgadējās medicīniskās pārbaudes laikā. Kopumā 12 secīgu interviju sesijās tika uzaicināti piedalīties $n = 228$ jeb 16 % no visiem aktīvā dienesta kājniekiem (vīrieši, $n = 214$; sievietes, $n = 14$). Pirms intervijām katrs pētījuma dalībnieks parakstīja informētās piekrišanas formu. Pētījumā piedalījās $n = 227$ kājnieki, viens potenciālais pētījuma dalībnieks atteicās piedalīties un piekrišanas formu neparakstīja. II posmā gadījumu kontroles pētījums un funkcionālā testēšana norisinājās Rīgas Stradiņa universitātes Rehabilitoloģijas pētnieciskajā laboratorijā.

Pirms pētījuma sākuma tika iegūtas atļaujas no Rīgas Stradiņa universitātes Pētījumu ētikas komitejas (atļaujas Nr. 40/26.10.2017) un no Latvijas Nacionālo bruņoto spēku vadības. Dalība pētījumā bija brīvprātīga, un pētījuma rezultāti neietekmēja kājnieku medicīniskās pārbaudes rezultātus.

1.2. Šķersgriezuma pētījums

Karavīriem tika lūgts atsaukt atmiņā visas MSKT, ko viņi bija piedzīvojuši dienestā pēdējo sešu mēnešu laikā. Intervētājs aizpildīja traumu matricu. Papildus tika iegūta informācija no medicīniskās dokumentācijas par traumu vēsturi, dalībnieku vecumu, dienesta ilgumu. Trauma tika identificēta, ja karavīram bija atbilstošs ieraksts medicīniskajā dokumentācijā vai arī ja karavīrs bija ziņojis par MSKT (piemēram, traumām kaulos, muskuļos vai saitēs), kas traucēja viņa dalībai vismaz vienā fiziskā aktivitātē iepriekšējo sešu mēnešu laikā.

MSKT tika klasificētas pēc veida – akūtas vai pārslodzes – un pēc skartā ķermeņa reģiona, balstoties uz Barela traumu matricu (Barell et al., 2002). Pārslodzes traumas tika definētas kā muskuloskeletālās sistēmas kumulatīvas mikrotraumas, kas rodas nepareizi sadalītas vai izteikti

palielinātas fiziskās slodzes apstākļos, bez viena identificēta notikuma, kas norādītu uz traumas sākumu (Hoffman et al., 2015; Kernan et al., 2008). Traumu kodēšanu un klasificēšanu veica promocijas darba autore, izmantojot SSK-10 klasifikāciju (World Health Organization, 2019). Piemēram, potītes pamežģījumu un sastiepumu klasificēja kā akūtu traumu ar SSK-10 kodu S93.4, savukārt priekšējo tibiālo sindromu klasificēja kā pārslodzes traumu ar SSK-10 kodu M76.8. Jāatzīmē, ka mediālā tibijas stresa sindroma (SSK-10 kods S86.9) etioloģija un patofizioloģija nav skaidri definēta (Jamal et al., 2016; Milgrom et al., 2021; Zimmermann et al., 2017), kaut gan ar skriešanu saistītie biomehāniskie faktori ir apstiprināti kā mediālā tibijas stresa sindroma riska faktori (Willwacher et al., 2022). Tāpēc šajā pētījumā mediālo tibijas stresa sindromu klasificēja kā pārslodzes traumu, bet indivīdi ar šo traumu netika iekļauti gadījumu kontroles pētījumā.

Militāro apavu komforta novērtējums

Pētījuma I posmā visi pētījuma dalībnieki novērtēja militāro apavu, kas paredzēti siltiem laikapstākļiem, komfortu (sk. 1.2. attēlu). Visi pētījuma dalībnieki bija kājnieki, kuriem dienesta laikā izsniedz standartizētus militāros apavus siltiem un aukstiem laikapstākļiem. Neatkarīgi no apakšējās ekstremitātes traumu anamnēzes visi kājnieki lietoja vienādu militāro apavu modeli. Ņemot vērā to, ka vidējā gada gaisa temperatūra Latvijā ir apmēram +5,9 °C (Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre), kājnieki visbiežāk lieto šo militāro apavu modeli (Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs).

Militāro apavu komforta novērtēšanas rīks tika izstrādāts, pamatojoties uz iepriekš izmantoto metodoloģiju (MILLS et al., 2010). To veido desmit centimetru gara VAS, kas ļauj novērtēt kopējo apavu komfortu, pēdas priekšējās daļas komfortu, pēdas velvju un papēža atbalstu (1.3. attēls).



1.2. attēls. **Militāro apavu piemērs**

Avots: autores fotogrāfija.

1. Vispārējais apavu komforts

Vispār neērti

Maksimāli iespējamā ērtība

2. Amortizācija pēdas priekšējā daļā

Vispār neērti

Maksimāli iespējamā ērtība

3. Amortizācija pēdas vidusdaļā

Vispār neērti

Maksimāli iespējamā ērtība

4. Papēža amortizācija

Vispār neērti

Maksimāli iespējamā ērtība

5. Pēdas velves atbalsts

Vispār neērti

Maksimāli iespējamā ērtība

6. Papēža atbalsts

Vispār neērti

Maksimāli iespējamā ērtība

1.3. attēls. Apavu komforta novērtējuma rīks

Avots: adaptēts no Mills, K., Blanch, P. & Vicenzino, B. (2010).

1.3. Gadījumu kontroles pētījums

Pētījuma II posmā pētījuma dalībnieki tika atlasīti gadījumu un kontroles grupās, pamatojoties uz pārslodzes traumu anamnēzi. Dalībnieki (n = 32, 14 %), kuriem bija apakšstilba, pēdas locītavas un pēdu pārslodzes traumas, veidoja gadījumu grupu. Individīdi, kuriem bija diagnosticēts mediālā tibijas stresa sindroms (S86.9), netika iekļauti. Kontroles grupu (n = 34, 15 %) veidoja pēc vecuma individuāli sapāroti dalībnieki no tās pašas populācijas, kuriem traumas nav bijušas. Gadījumu un kontroles grupu sapārošana tika

veikta, izmantojot *MedCalc Software Ltd* (v.18.5, Beļģija). Gadījumu kontroles pētījuma dalībniekiem tika noteikts augums, svars un apavu izmērs. Papildus tika novērtēta pēdas pozīcija, pēdas velve un noslogotās pēdas garums. Funkcionālās testēšanas laikā tika veikti plantārās noslodzes testi un gaitas analīze, ejot ar apaviem un bez tiem. Divi pētījuma dalībnieki nepiedalījās gaitas analīzē.

1.3.1. Pēdas pozīcija

Pirms pēdas pozīcijas novērtējuma tika veikta pēdas ādas un nagu apskate: tulznas, varžacis, repumi un ieauguši nagi tika klasificēti un dokumentēti saskaņā ar iepriekš aprakstītu metodoloģiju (Carr & Cropley, 2019).

Pēdas pozīciju analizēja pēc pēdas pozīcijas indeksa (FPI) (Redmond et al., 2006). Labo un kreiso pēdu novērtē atsevišķi, piešķirot kritērijam vērtējumu no -2 līdz 2 (1.1. tabula). Neitrālas pēdas pozīcijas indekss ir no 0 līdz $+5$, pronētai pēdai no $+6$ līdz $+9$, smagi pronētai no $+10$, supinētai pēdai FPI ir no -1 līdz -4 , smagi supinētai no -5 līdz -12 . FPI adaptāciju lietošanai latviešu valodā veica pēc FPI autora atļaujas (profesors Antonijs Redmonds) un ievērojot iepriekš aprakstītus ieteikumus mērinstrumentu adaptācijai (Beaton et al., 2007). Lai novērtētu pēdas pozīciju, pētījuma dalībniekiem tika lūgts ieņemt ērtu stāvēšanas pozu bez apaviem un skatīties uz priekšu (Redmond et al., 2006).

1.1. tabula

Pēdu pozīcijas novērtēšanas veidlapa

	Kritērijs	Plakne
Pēdas aizmugurējā daļa	Veltņkaula galvas palpācija	Slīpā
	Pēdas līkums virs un zem potītēm	Frontālā/slīpā
	Papēža kaula inversija/eversija	Frontālā

1.1. tabulas turpinājums

	Kritērijs	Plakne
Pēdas priekšējā daļa	Talonavikulārās locītavas palpācija	Slīpā
	Mediālās velves augstums	Sagitālā
	Pēdas metatarsālās daļas abd/adukcija	Slīpā

Avots: Redmond, A. C., Crosbie, J. & Ouvrier, R. A. (2006).

1.3.2. Pēdas garums un apavu izmērs

Pēdas garuma novērtēšanai tika izmantots digitāls pēdas nospieduma attēls, ko ieguva ar plantārā spiediena platformu (*RSscan International*, Beļģija, 2 m × 0,4 m × 0,02 m). Pirms katra mērījuma iekārta tika kalibrēta, lai iegūtu noslogotās pēdas garumu, pētījumu dalībniekiem bija nepieciešamas uzkāpt uz platformas ar basām kājām, ieņemt ērtu stāvēšanas pozu un skatīties uz priekšu. Lai noteiktu noslogotās pēdas garumu milimetros, tika izmantota *Footscan® v.7.11* programmatūra (*RSscan International*). Pēdas velves tika klasificētas, pamatojoties uz pēdas velvju indeksu (AI): augsta velve ($AI \leq 0,21$), normāla augstuma velve ($0,22 < AI \leq 0,26$) un zema velve ($SI > 0,27$) (Cavanagh & Rodgers, 1987; Hernandez et al., 2007).

Pēdas nospieduma garumu konvertēja atbilstošā apavu izmērā saskaņā ar *Mondopoint* sistēmu (Celko, 2010). Šī sistēma ir starptautiska apavu sistēma (sporta apavi, militārie apavi, slēpošanas zābaki utt.), kas balstās uz statistiski konstruētām pēdām un ir aprakstīta ISO 9407:2019 standartā (*International Organization for Standardization*). *Mondopoint* sistēmā apavu izmērs tiek noteikts atbilstoši pēdas garumam milimetros. Ja kreisajai un labajai pēdai bija atšķirīgi garumi, apavu izmēra noteikšanai tika izmantota garākā pēda. Salīdzinājums tika veikts starp karavīra ikdienā lietoto militāro apavu izmēru un ieteicamo apavu izmēru, pamatojoties uz pēdas garumu *Mondopoint* sistēmā. Militāro apavu izmērs tika uzskatīts par atbilstošu, ja izmantotais

apavu izmērs sakrita ar noteikto *Mondopoint* apavu izmēru, neņemot vērā atstarpi (klīrensu) pēdas priekšējā daļā.

1.3.3. Plantārās noslodzes mērījums dinamikā

Plantārā spiediena platforma (*RSscan International*, Beļģija, 2 m × 0,4 m × 0,02 m) tika novietota piecus metrus garā celiņa centrā, Rīgas Stradiņa universitātes Rehabilitoloģijas pētnieciskajā laboratorijā. Pirms katra novērtējuma tika veikta kalibrācija atbilstoši pētījuma dalībnieka svaram.

Lai veiktu plantārās noslodzes izmeklējumu, pētījumu dalībniekiem bija nepieciešams iet ar basām kājām pa celiņu sev ērtā tempā. Lai samazinātu gaitas ātruma ietekmi uz plantārā spiediena mērījumiem, tika izmantots divu soļu starta protokols, novietojot dalībniekus divu soļu attālumā no platformas malas. Vairāki gaitas mēģinājumi tika izmantoti, lai pētījuma dalībnieki pielāgotos, un katras pēdas plantārā spiediena analīzei tika izmantoti vidējie dati no trim veiksmīgiem mēģinājumiem.

Plantārā spiediena analīzes programmatūra (*Footscan® v.7.11*) mēra spiedienus N/cm². Programmatūra automātiski sadala pēdu 10 zonās: īkšķis, pārējie pēdas pirksti kopā, katra plezns kaula galva (I MTH, II MTH, III MTH, IV MTH, V MTH), pēdas vidusdaļa, mediālā un laterālā papēža daļa. Pēc automātiskā pēdas zonu sadalījuma pārbaudes tālākai analīzei tika izmantoti pēdas noslodzes laukumi un maksimālie plantārā spiediena rādītāji. Katrai plantārā spiediena zonai tika noteikts simetrijas (Robinsona) indekss (SI), salīdzinot datus no labās un kreisās pēdas:

$$SI = \frac{|X_r - X_l|}{0,5 * (X_r + X_l)} \times 100 \% \quad (1),$$

kur X_r un X_l ir labās un kreisās pēdas plantārā spiediena parametri. Gadījumā, ja labās un kreisās pēdas noslodze ir pilnīgi simetriska, SI vērtība ir 0, lielāka vērtība norāda uz lielāku asimetrijas apjomu (Robinson et al., 1987; Wafai et al., 2015).

1.3.4. Gaitas analīze

Gaitas analīze tika veikta iepriekš minētajā laboratorijā. Gaitas novērtējumā iekļāva iešanu ar apaviem un bez apaviem. Pētījuma dalībniekiem bija jāstaigā pa celiņu sev ērtā tempā, līdz tika ierakstīti 50 gaitas cikli (König et al., 2014; Kroneberg et al., 2019). Katram dalībniekam bija divas mēģinājuma reizes pirms ieraksta sākuma (Hamacher et al., 2017), kuras neiekļāva analīzē. Gaitas ierakstam tika izmantotas divas kameras, ieraksta ātrums 100 kadri sekundē. Visi dalībnieki bija šortos un lietoja 25 cm augstus viena modeļa militāros apavus siltiem laika apstākļiem (1.2. attēls). Ja militāriem apaviem tika konstatētas vizuālas nodiluma pazīmes, tad gaitas novērtējumu ar apaviem neveica.

Gaitas cikla un kustības apakšējo ekstremitāšu analīzei visi pētījuma dalībnieki tika aprīkoti ar sensoriem ($n = 12$) ar atstarojošu virsmu (diametrs: 1 cm). Sensori tika novietoti atbilstoši anatomiskiem punktiem: apakšstilba vidusdaļa, laterālais un mediālais augšstilba epikondīlis, laterālā un mediālā potīte, I, II un V MTH, papēdis (Chen et al., 2022; Peng et al., 2020). Ejot ar militāriem apaviem, sensori tika piestiprināti uz apavu virsmas pēc anatomisko punktu palpācijas caur apavu. Sensoru novietojums ($n = 8$) ir identisks apakšējo ekstremitāšu standarta gaitas analīzes modelim, ar izcilu precizitāti un noturību ($ICC > 0,80$) (Molina-Rueda et al., 2021). Divdimensiju (2D)

gaitas kinemātikas un temporālo datu analīzi (Maykut et al., 2015; Zult et al., 2019) veica, izmantojot *Quintic v31 Biomechanics* pro grammatūru (*Quintic Consultancy Ltd.*, Apvienotā Karaliste). Statistiskajā analīzē tika iekļauti taisni gaitas paterni (bez pagriezieniem), mēģinājuma reizes netika analizētas. Gaitas parametru definīcijas un aprēķini (1.2. tabula) bija tādi paši kā iepriekšējā pētījumā jauniešiem (Springer et al., 2016).

1.2. tabula

Gaitas laika un telpisko parametru aprēķini

Gaitas cikla ilguma mainība	$100 \times \frac{\text{gaitas cikla ilguma SN}}{\text{vidējais gaitas cikla ilgums}}$
Gaitas cikla garuma mainība	$100 \times \frac{\text{gaitas cikla garuma SN}}{\text{vidējais gaitas cikla garums}}$
Gaitas cikla garuma mainība	$100 \times \ln \frac{\text{labā soļa garums}}{\text{kreisā soļa garums}}$

Ln – naturāls logaritms, SN – standartnovirze.

1.4. Statistiskā analīze

1.4.1. Pētījuma izlase

Pētāmās izlases lieluma aprēķins balstījās uz apakšējo ekstremitāšu viena gada MSKT incidenci (12,4 %) Sauszemes spēkos (2017. gads, Nodrošinājuma pavēlniecības Medicīnas nodrošinājuma centrs) un tā paša gada vidējo populāciju (n = 1418). Izlases lieluma aprēķins tika veikts, izmantojot *OpenEpi* kalkulatoru (Kelsey L, Fleiss K, 2010) ar statistisko jaudu 0,9 (90 %). Par statistiski nozīmīgiem tika uzskatīti rezultāti, ja p vērtība < 0,05. Lai nodrošinātu pietiekamu statistisko jaudu un reprezentatīvu izlasi, šķērsgriezuma pētījumam bija nepieciešami 150 dalībnieki, bet gadījumu kontroles pētījumam bija nepieciešami 60 dalībnieki (30 katrā grupā). Statistiskai analīzei tika izmantota *IBM® SPSS® Statistics for Windows* versija 22.0.

1.4.2. Datu analīze

Tabulās kategoriskie mainīgie norādīti kā biežums, bet nepārtrauktie mainīgie ir izteikti vidējās vērtībās ar standartnovirzi (SN), ja nav norādīts citādi.

Mainīgo normālsadalījumu šķērsriezuma pētījumā noteica ar Kolmogorova–Smirnova testu, bet gadījumu kontroles pētījumā ar Šapiro–Vilka testu. Normālsadalījuma testa izvēle bija balstīta uz pētāmās izlases lielumu dažādos pētījuma posmos (Mishra et al., 2019). Ja mainīgie nebija normāli sadalīti, tad tika izmantoti neparametriskie testi (Manna–Vitnija U tests, Kruskala–Volisa tests).

Traumu incidence šķērsriezuma pētījumā tika aprēķināta, dalot traumu skaitu ar riskam pakļauto personu skaitu viena kalendārā gada laikā. Traumu incidence norādīta kā traumu skaits uz 1000 persongadiem.

Gadījumu kontroles pētījumā nepārtrauktie gaitas parametri tika logaritmēti sadalījuma normalizēšanai, bet, ja logaritmēšanas rezultātā normālsadalījums netika sasniegts, tad analīzei tika lietoti neparametriskie testi. Gaitas atšķirības tika novērtētas, izmantojot pāru t-testu vai Vilkoksona ranga zīmju testu (Breslow & Day, 1980). Plantārā spiediena, soļu garuma un ilguma dati tika analizēti no labās un no kreisās puses. Pēdas kontakta leņķis, papēža eversijas apjoms un leņķisko ātrumu dati tika analizēti tikai no labās puses. Gaitas parametru, ejot ar apaviem un bez tiem, atšķirības starp gadījumu un kontroles grupām tika novērtētas ar pointbiseriālo korelācijas 'r' (Nakagawa & Cuthill, 2007). Efekta lielums tika iedalīts trijos līmeņos: 0,1 norādīja nelielu efektu, 0,3 apzīmēja vidēju efektu, un 0,5 norādīja lielu efektu (Cohen, 2016).

Lai noteiktu gaitas faktoru saistību ar apakšējās ekstremitātes pārslodzes traumu varbūtību, tika izmantota nosacījuma loģistiskā regresija, lietojot *COXREG* funkciju. Papildus statistiski nozīmīgiem gaitas parametriem tika konstruēta uztvērēja operatora līkne (ROC) un novērtēts laukums zem līknes (AUC). Jūtība, specifiskums un robežvērtības tika noteiktas, balstoties uz Jūdena indeksu (Fluss et al., 2005).

2. Rezultāti

2.1. Šķērsriezuma pētījuma rezultāti

Pētījuma I posmā piedalījās $n = 227$ aktīvā dienesta kājnieki, 94 % no pētījuma dalībniekiem bija vīrieši (2.1. tabula).

2.1. tabula

Pētījuma dalībnieku raksturlielumi

	Kopā ($n = 227$)	Vīrieši ($n = 213$)	Sievietes ($n = 14$)
Vecums, gadi*	$29,5 \pm 7,2$	$29,4 \pm 7,0$	$32,1 \pm 8,3$
Dienesta ilgums, gadi	$7,2 \pm 6,4$	$7,1 \pm 6,4$	$8,3 \pm 6,5$
Smēķēšana, % (n)	43,2 (98)	45,1 (96)	14,3 (2)
Kāju traumas dienesta laikā, % (n)	42,7 (97)	43,2 (92)	35,7 (5)
Tulznas uz pēdām pēc marša, % (n)	46,3 (105)	46,5 (99)	42,9 (6)
Pēdas ortožu izmantošana, % (n)	4,9 (11)	4,7 (10)	7,1 (1)

* Nepārtrauktie mainīgie tiek parādīti kā vidējā \pm standartnovirze, kategoriskie mainīgie tiek parādīti kā % (n).

2.1.1. Pašziņoto traumu incidence

Aktīvā dienesta kājnieki ziņoja par 197 MSKT, un kopējā traumu incidence 2017. gadā bija 867,8 traumas uz 1000 persongadiem (95 % TI 824,8–913,0). Akūtu traumu incidence bija 436,1 trauma uz 1000 persongadiem (95 % TI 376,1–505,6); pārslodzes traumu incidence bija 431,7 traumas uz 1000 persongadiem (95 % TI 371,8–501,2). Par trim un vairāk traumām ziņoja 13 % no pētījuma dalībniekiem ($n = 30$), par divām traumām ziņoja 26 % ($n = 59$), un 45,6 % dalībnieku ziņoja tikai par vienu traumu ($n = 108$).

Akūtas traumas galvenokārt skāra apakšstilbu, pēdas locītavu, ceļa locītavu, plaukstu un pleca locītavu (2.2. tabula). Visbiežāk sastopamās akūtas traumas bija sastiepumi ($n = 29$), sasitumi ($n = 24$), lūzumi ($n = 21$) un locītavu mežģīļumi ($n = 21$).

Barela matrica ar akūtām un pārslodzes traumām absolūtos skaitļos

Traumēta ķermeņa daļa		Lūzums	Mežģījums	Sastiepums	Vaļēja brūce	Kon-tūzija vai sasitums	Apdegums	Nervu bojājums	Kopā		
									AT* (n)	PT* (n)	
Rumpis	Krūškurvis (<i>thorax</i>)	1	-	-	-	-	-	-	1	1	
	Ilgurnis un uroģenitālā sistēma	-	-	-	-	1	-	-	1	-	
	Mugura	-	-	1	-	2	-	-	3	42	
Ekstremitātes	Augšējā	Pleca locītava un augšdelms	3	4	2	-	1	-	10	4	
		Elkoņa locītava un apakšdelms	-	-	2	-	4	-	-	6	6
		Plaukstu locītava, plauksta, pirksti	3	1	1	2	2	1	-	10	1
	Apakšējā	Gūžas locītava	-	-	-	-	1	-	-	1	-
		Augšstilbs	-	-	1	-	4	-	1	6	-
		Ceļa locītava	-	2	5	-	5	-	-	12	15
		Pēdas locītava un apakšstilbs	11	14	16	-	-	-	-	41	17
		Pēda, pirksti	3	-	1	-	4	-	-	8	12
	Kopā, pēc traumas veida		21	21	29	2	24	1	1	99	98

*AT – akūtas traumas, PT – pārslodzes traumas.

2.1.2. Militāro apavu komforta novērtējums

Atšķirības militāro zābaku komforta novērtējumā starp vīriešu un sieviešu grupām nebija atkarīgas no pārslodzes traumas anamnēzē (2.3. tabula). Vidējie militāro apavu komforta novērtējumi vīriešiem bija

augstāki visos parametros, un atšķirība ar sieviešu sniegtiem vērtējumiem nebija statistiski nozīmīga.

2.3. tabula

Kājnieku militāro apavu komforta vērtējumi

	Vīrieši (n = 213)		Sievietes (n = 14)		p*
	Ar traumu anamnēzē (n = 92)	Bez traumas (n = 121)	Ar traumu anamnēzē (n = 5)	Bez traumas (n = 9)	
Vispārējais komforts	6,3 ± 1,8	6,7 ± 1,7	5,6 ± 2,1	6,1 ± 2,2	0,16
Pēdas priekšējās daļas amortizācija	6,0 ± 1,9	6,4 ± 1,8	5,6 ± 1,7	5,7 ± 2,0	0,12
Pēdas velves amortizācija	6,1 ± 1,8	6,2 ± 2,0	5,6 ± 1,8	6,1 ± 1,7	0,67
Papēža amortizācija	6,2 ± 1,8	6,2 ± 2,0	5,6 ± 1,3	5,2 ± 2,0	0,84
Pēdas velves atbalsts	6,0 ± 1,9	6,4 ± 1,9	6,0 ± 1,7	5,7 ± 1,9	0,19
Papēžu stabilitāte	6,2 ± 1,9	6,7 ± 1,8	5,8 ± 1,6	6,0 ± 2,4	0,05

*Vienfaktora dispersiju analīzes rezultāti; salīdzinātas grupas ar traumu un bez traumas.

2.2. Gadījumu kontroles pētījuma rezultāti

Pētījuma dalībnieki no I pētījuma posma tika iedalīti gadījumu un kontroles grupās atkarībā no pārslodzes MSKT anamnēzē (n = 66). Pēdu digitālā nospieduma analīzes parādīja, ka pētījuma dalībnieku pēdas velves galvenokārt tiek klasificētas kā normālas (AI = 0,26). Pēdu pozīcijas indekss būtiski neatšķirās starp pēdām (labo un kreiso) vai grupām ($\chi^2(1) = 0,15$; $p = 0,70$) (2.4. tabula).

2.4. tabula

Gadījumu kontroles pētījuma dalībnieku raksturlielumi

	Gadījumi ± SN (n = 32)	Kontroles ± SN (n = 34)	p*
Vecums, gadi	28,5 ± 5,2	30,24 ± 5,4	0,07
Augums, m	1,81 ± 0,08	1,77 ± 0,07	0,93

2.4. tabulas turpinājums

		Gadījumi ± SN (n = 32)	Kontroles ± SN (n = 34)	p*
Svars, kg		80,5 ± 12,6	81,1 ± 12,6	0,93
KMI, kg/m ²		24,6 ± 2,7	25,7 ± 2,3	0,05
Pēdas garums, mm		275 ± 1,26	273 ± 1,28	0,15
Kreisā pēda	Supinēta	n = 6	n = 2	0,17
	Neitrāla	n = 19	n = 25	0,43
	Pronēta	n = 7	n = 7	0,36
	Velves indekss	0,26 ± 0,06	0,26 ± 0,08	0,60
Labā pēda	Supinēta	n = 4	n = 1	0,13
	Neitrāla	n = 25	n = 27	0,4
	Pronēta	n = 3	n = 6	0,16
	Velves indekss	0,26 ± 0,07	0,26 ± 0,07	0,60

*Manna–Vitnija U testa rezultāti, pēdas pozīcija noteikta pēc FPI.

2.2.1. Izmantoto militāro apavu izmēru analīze

Pēc noslogotās pēdas garuma konvertācijas atbilstošā apavu izmērā pēc Mondopoint sistēmas, tika atklāts, ka 57,6 % (n = 38) no visiem pētījuma dalībniekiem ikdienā izmanto pēdas garumam neatbilstošu militāro apavu izmēru: 30,3 % gadījumu grupā (n = 20) un 27,3 % kontroles (n = 18) (2.5. tabula).

2.5. tabula

Militāro apavu izmēra izvēle kājnieku vidū

	Kopā (n = 66)	Gadījumi (n = 32)	Kontroles (n = 34)	P
Izmantotais apavu izmērs, EU ± SN	43 ± 1,5	43,5 ± 1,6	43 ± 1,4	0,04
Ieteicamais apavu izmērs, EU ± SN	43,6 ± 1,6	43,9 ± 1,6	43,4 ± 1,5	< 0,01
Neatbilstoša apavu izmēra izmantošana, % (n)	57,6 (38)	62,5 (20)	52,9 (18)	0,16

*Eiropas apavu izmēri salīdzināti ar hī kvadrāta testu.

2.2.2. Militāro apavu komforts un pārslodzes trauma anamnēzē

Pētījuma dalībnieki, kuri lietoja pēdas garumam neatbilstošus militāros apavus, apavu komfortu novērtēja zemāk pēc visiem parametriem, neatkarīgi no pārslodzes traumas anamnēzē (2.6. tabula).

2.6. tabula

Militāro apavu komforta novērtējuma vidējie rādītāji

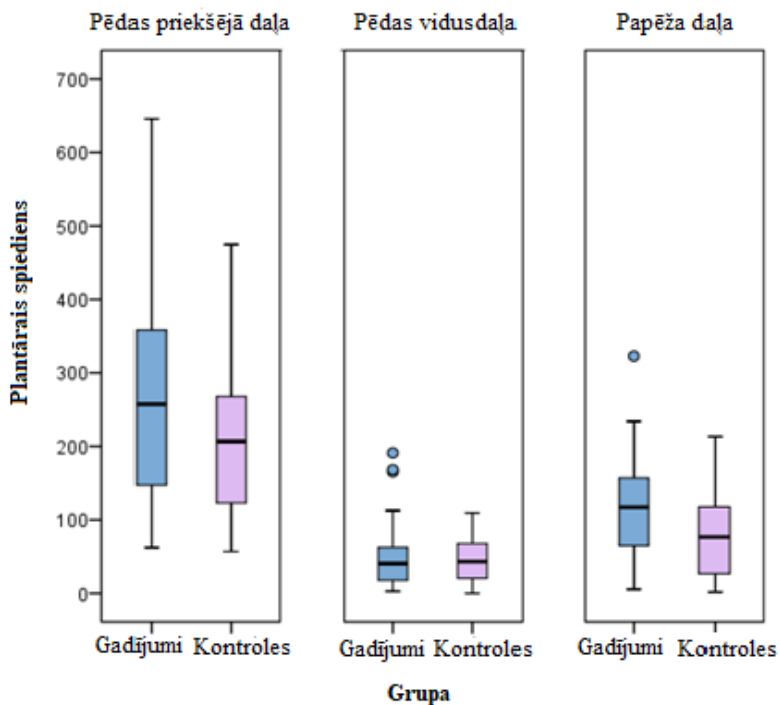
	Dalībnieki, kas izmanto neatbilstošu apavu izmēru (n = 38)		Dalībnieki, kas izmanto atbilstošu apavu izmēru (n = 28)		$\chi^2(1)^*$	P
	Gadījum u grupa (n = 20)	Kontroles grupa (n = 18)	Gadījumu grupa (n = 12)	Kontroles grupa (n = 16)		
Vispārējais komforts	6,69±1,22	6,91±1,11	7,29±1,04	7,28±1,33	5,23	0,02
Pēdas priekšējās daļas amortizācija	6,24±1,57	6,18±1,78	7,00±0,98	6,59±1,72	4,17	0,04
Pēdas vidusdaļas amortizācija	6,24±1,57	6,15±1,79	6,88±1,36	6,53±2,00	3,61	0,06
Papēža amortizācija	6,29±1,38	6,26±1,52	6,92±1,38	6,66 ±1,66	5,06	0,03
Pēdas velves atbalsts	5,90±1,79	6,15±1,74	6,75±1,59	6,63±1,88	4,38	0,04
Papēža stabilitāte	6,38±1,61	6,47±1,58	7,58±1,02	7,19±1,18	11,07	< 0,01

*Kruskala–Volisa testa rezultāti.

2.2.3. Plantārās noslodzes analīze

Maksimālo plantāro spiedienu atšķirības gadījumu un kontroles grupās tika novērotas pēdas priekšējās daļas un papēžu noslodzē (2.1. attēls). Statistiski ticamas maksimālā plantārā spiediena atšķirības pētāmajās grupās tika konstatētas noslodzes rādītājos I pirksta (*hallux*) rajonā ($\chi^2(1) = 6,8$; $p = 0,01$) un papēža mediālajā daļā ($\chi^2(1) = 12,12$; $p < 0,01$) (2.7. tabula).

Maksimālais plantārais spiediens, N/cm²



2.1. attēls. Plantārā spiediena sadalījums dažādās pēdas daļās gadījumu un kontroles grupās

Maksimālie plantārie spiedieni labajā un kreisajā pēdā

		Gadījumi		Kontroles		$\chi^2(1)$	p
		Pēda (SN)					
		Kreisā	Labā	Kreisā	Labā		
Pēdas priekšējā daļa	Hallux	48,87 (42,22)	50,82 (38,84)	34,39 (28,03)	30,35 (26,55)	6,8	0,01*
	Pārējie pirksti	23,40 (29,70)	29,70 (32,07)	29,09 (29,44)	31,91 (29,95)	1,47	0,23
	I MTH*	24,40 (27,10)	33,95 (35,06)	18,06 (26,56)	17,72 (19,53)	3,68	0,06
	II MTH	46,18 (33,83)	49,53 (35,35)	41,14 (32,75)	42,85 (34,57)	1,10	0,29
	III MTH	54,40 (33,83)	46,37 (35,36)	49,16 (28,87)	41,70 (27,29)	0,11	0,74
	IV MTH	41,11 (35,05)	30,00 (32,18)	36,22 (24,88)	27,76 (23,66)	0,001	0,98
	V MTH	28,24 (37,01)	25,25 (41,12)	15,34 (19,72)	15,15 (23,35)	0,98	0,33
Pēdas vidusdaļa		53,12 (37,59)	43,77 (42,07)	47,84 (29,97)	41,82 (30,42)	0	0,99
Papēža daļa	Mediāli	56,53 (40,79)	53,99 (34,07)	40,62 (33,87)	40,55 (29,90)	5,18	0,02
	Laterāli	59,10* (37,98)	57,30 (32,17)	37,06 (24,51)	38,89 (29,35)	12,12	< 0,01

*MTH – plezns kaula galva; visi plantārā spiediena rādītāji ir N/cm²; Kruskala–Volisa testa rezultāti ar standartnovirzi iekavās (SN).

Gadījumu grupā novērotā plantārās noslodzes asimetrija dažādās pēdas daļās (SI) variēja no 1 % līdz 45 %, bet mediālajā papēža daļā novēroja perfektu simetriju. Savukārt kontroles grupā SI variēja no 7 % līdz 16 %. Abās grupās novērota perfekta simetrija zem V MTH. Kontroles grupā perfektu simetriju novēroja zem II–V pirksta un zem III MTH (2.8. tabula).

Maksimālā plantārā spiediena asimetrijas mediāna

	Gadījumi % (SN)	Kontroles % (SN)	p*
<i>Hallux</i>	-45,95 (67,87)	-16,44 (63,70)	0,40
Pārējie pirksti	9,52 (96,26)	0,00 (54,53)	0,12
I MTH*	22,22 (91,23)	0,00 (47,55)	0,02
II MTH	16,80 (54,67)	13,12 (58,48)	0,25
III MTH	-3,60 (50,54)	-16,81 (59,80)	0,51
IV MTH	-23,52 (71,60)	-15,34 (40,37)	0,11
V MTH	0,00 (72,86)	0,00 (34,41)	0,95
Pēdas vidusdaļa	-29,37 (62,37)	-8,97 (57,36)	0,22
Papēdis mediāli	0,00 (57,91)	13,65 (36,09)	0,53
Papēdis laterāli	-1,76 (54,24)	7,82 (55,41)	0,81

*MTH – plezns kaula galva; Manna–Vitnija U testa rezultāti ar standartnovirzi (SN) iekavās, negatīva vērtība norāda uz lielāku kreisās pēdas noslodzi.

2.2.4. Gaitas analīzes rezultāti

Starp gadījumu un kontroles grupām tika novērotas ievērojamas atšķirības gaitas raksturlielumos, ejot ar militāriem apaviem un bez tiem ($p < 0,001$) (2.9. tabula). Abās grupās novēroja, ka, ejot ar apaviem, gaitas cikla garums palielinās ($r = 0,64$), samazinās soļu asimetrijas indekss un gaitas cikla ilguma mainība ($r = 0,52$). Ejot bez apaviem, starp gadījumu un kontroles grupām tika konstatētas statistiski ticamas atšķirības gaitas cikla ilgumā ($p = 0,053$; $r = 0,31$) un gaitas cikla ilguma mainībā ($p = 0,030$; $r = 0,85$). Savukārt, ejot ar militāriem apaviem, statistiski nozīmīgas atšķirības starp gadījumu un kontroles grupām novēroja gaitas cikla ilgumā ($p = 0,048$; $r = 0,36$).

Pēdas kinemātikas analīzes rezultāti, ejot ar militāriem apaviem un basām kājām, bija nehomogēni abās pētījumu grupās, bet starp gadījumiem un kontrolēm statistiski nozīmīgu atšķirību neatklāja. Militāro apavu valkāšana samazināja papēža eversiju un leņķisko kustības ātrumu, bet palielināja pēdas kontakta leņķi (2.10. tabula.).

2.9. tabula

Telpiskie un temporālie gaitas parametri

	Gadījumi ± SN	Kontroles ± SN	p*
Ejot bez apaviem			
Gaitas cikla laiks, s	1,11 ± 0,09	1,04 ± 0,12	0,05
Gaitas cikla ilguma mainība, %	1,98 ± 0,79	1,27 ± 0,66	0,03
Soļu garuma asimetrijas indekss	0,56 ± 5,55	0,42 ± 3,74	0,89
Gaitas cikla garums, m	1,14 ± 0,32	1,08 ± 0,33	0,18
Gaitas cikla garuma mainība, %	1,88 ± 1,72	1,97 ± 1,88	0,17
Ejot ar apaviem			
Gaitas cikla laiks, s	1,24 ± 0,01	1,19 ± 0,09	0,05
Gaitas cikla ilguma mainība, %	1,24 ± 0,85	1,21 ± 0,73	0,63
Soļu garuma asimetrijas indekss	0,53 ± 4,56	0,12 ± 1,03	0,33
Gaitas cikla garums, m	1,34 ± 0,26	1,32 ± 0,30	0,57
Gaitas cikla garuma mainība, %	0,81 ± 0,73	0,72 ± 0,63	0,63

*s – sekundes, m – metri, SN – standartnovirze; t tests divām sapārotām izlasēm.

2.10. tabula

Pēdas un pēdas locītavas kompleksa kinemātika

	Gadījumi ± SN	Kontroles ± SN	p
Ejot bez apaviem			
Pēdas kontakta leņķis (°)	16,41 ± 5,86	17,04 ± 5,18	0,49
Papēža eversija (°)	5,64 ± 1,96	4,97 ± 1,65	0,69
Maksimālais leņķiskais ātrums, PF (°/s)*	242,17 ± 36,71	256,4 ± 30,17	0,14
Maksimālais leņķiskais ātrums, DF (°/s)	157,38 ± 28,62	149,52 ± 14,04	0,20
Ejot ar apaviem			
Pēdas kontakta leņķis (°)	25,31 ± 4,77	25,38 ± 4,63	0,90
Papēža eversija (°)	3,28 ± 1,10	2,88 ± 1,11	0,15
Maksimālais leņķiskais ātrums, PF (°/s)	157,47 ± 23,99	162,32 ± 26,79	0,48
Maksimālais leņķiskais ātrums, DF (°/s)	119,14 ± 36,36	120,07 ± 30,69	0,92

*s – sekundes, SN – standartnovirze, PF – plantārflleksija, DF – dorsifleksija.

2.2.5. Regresiju analīze

Vienfaktora un daudzfaktoru nosacījuma (kondicionālā) loģistiskā regresiju analīze atklāja, ka gaitas cikla ilguma mainība, ejot bez apaviem, ir statistiski nozīmīgs apakšstilba, pēdas locītavas un pēdu pārslodzes traumu prognostisks riska faktors (2.11. tabula).

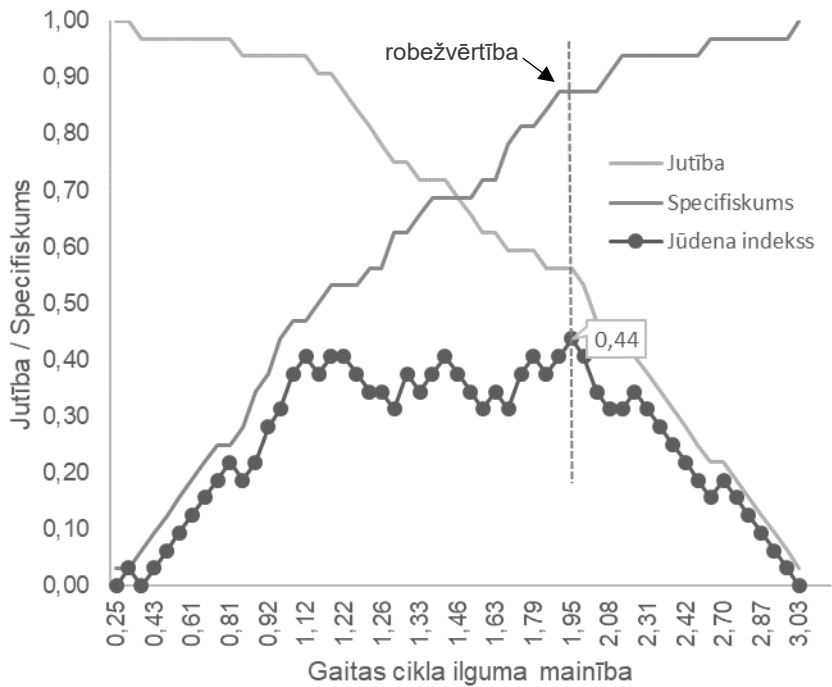
2.11. tabula

Nosacījuma loģistiskās regresiju analīzes kopsavilkums

Mainīgais	Basām kājām		Ar militāriem apaviem	
	OR* (95 % TI)	aOR (95 % TI)	OR* (95 % TI)	aOR (95 %TI)
Gaitas cikla ilguma mainība	2,59 (1,30–5,18)	2,71 (1,31–5,60)	1,01 (0,99–1,01)	1,00 (0,97–1,04)
p vērtība	0,009	0,007	0,928	0,131

*OR – *odds ratio*, nesamērotā izredžu attiecība; aOR – samērotā izredžu attiecība; TI – ticamības intervāls.

Gaitas cikla ilguma mainības ROC līknes analīze parādīja, ka AUC ir 0,77 ($p = 0,001$; 95 % TI 0,648–0,883). Saskaņā ar Jūdena indeksu optimālā gaitas cikla ilguma robežvērtība bija 1,95 %, kas varētu prognozēt apakšstilba pārtēriņa traumu ar 56 % jutību un 88 % specifiskumu (2.2. attēls).



2.2. attēls. Gaitas cikla ilguma mainības jutība, specifiskums, Jūdena indekss un robežvērtība

3. Diskusija

MSKT ir galvenais darbnespējas medicīniskais cēlonis karavīriem, kas rada sociālekonomisko slogu un negatīvi ietekmē kaujas gatavību dažādu valstu armijās (Bulzacchelli et al., 2014; Molloy et al., 2020). Neskatoties uz gadiem ilgiem MSKT pētījumiem militārajā jomā, visbiežākā traumu gūšanas vieta joprojām ir apakšējās ekstremitātes. Kājnieku pēdas pastāvīgi tiek pakļautas lielai fiziskai slodzei, un tām jāpielāgojas dažādiem apstākļiem. Tāpēc optimālai kājnieku fiziskajai formai ir svarīga apakšstilbu un pēdu veselība.

Dienesta laikā militārpersonas lieto speciālus un savai dienesta nozarei specifiskus darba apavus. Piemēram, kājnieki valkā šņorzābakus jeb taktiskus zābakus. Apavu lietošanai ir tieša ietekme ne tikai uz pēdu un pēdas locītavu, bet arī uz gaitas kinemātiku. Saskaņā ar nesen publicētu sistemātisku pārskatu apavu loma MSKT attīstībā militārajā jomā joprojām ir strīdīga (Lavigne et al., 2023), līdz ar to rekomendācija veikt pētījumus, kuri iekļauj apavu lietošanu un traumas statusu (Baumfeld et al., 2015), vēl ir aktuāla.

Šī promocijas darba mērķis bija izvērtēt apakšējās ekstremitātes pārslodzes traumu biežumu un analizēt to iespējamo saistību ar militāro apavu lietošanu Latvijas Sauszemes spēku kājnieku vidū. Pētījuma rezultāti liecina, ka kājniekiem joprojām ir bieži sastopamas akūtas un pārslodzes traumas apakšējās ekstremitātēs. Militāro apavu valkāšana būtiski izmainīja gaitas parametrus un uzlaboja pēdas un pēdas locītavas stabilitāti. Galvenais šī promocijas darba atklājums ir fakts, ka apakšējo ekstremitāšu pārslodzes traumas nav saistītas ar militāro apavu lietošanu. Turklāt, rūpīgi izpētot militāro apavu komfortu, tika konstatēts, ka pēdas garumam neatbilstoša apavu izmēra izvēle ietekmē apavu komforta vērtējumus neatkarīgi no traumas vēstures. Papildus tika konstatēts, ka gaitas cikla ilguma mainība, ejot bez apaviem, ir saistīta ar apakšējo ekstremitāšu pārslodzes traumām kājniekiem.

Balstoties uz šiem rezultātiem, ir nepieciešams pārskatīt gaitas mainības robeždiapazonu karavīru un citās fiziski aktīvās populācijās. Lai novērtētu gaitas cikla ilguma mainīguma lomu apakšējo ekstremitāšu pārslodzes traumu attīstībā, ir nepieciešami prospektīvi pētījumi veselu indivīdu vidū.

Promocijas darbā veikta gaitas biomehānikas izpēte indivīdiem ar pārciestu apakšējo ekstremitāšu MSKT, vienlaikus apsverot arī militāro apavu valkāšanu. Iepriekš apavu ietekme uz apakšējo ekstremitāšu MSKT militārajā nozarē tika apskatīta 1976. un 1983. gadā (Bensel, 1976; Bensel & Kish, 1983). Šis darbs ne tikai sniedz pārskatu par biežākajām akūtajām un pārslodzes MSKT un to anatomiskajām lokalizācijām kājniekiem, bet arī padziļina izpratni par gaitas kinētikas un kinemātikas aspektiem, ejot gan ar militāriem apaviem, gan bez tiem. Turklāt veiktie pētījumi sniedz datus par pēdu funkcionālo stāvokli, par militāro apavu komfortu un izmēru piemērotību, kā arī gaitas mainīgumu, salīdzinot iepriekš traumēto un netraumēto kājnieku grupas.

Darbā iekļauto pētījumu rezultātiem ir ierobežojumi, galvenokārt saistībā ar pētījumu dizainu. Ar gaitu saistītu parametru un pārslodzes MSKT cēloņsakarības nevar noteikt, veicot šķērsriezuma un retrospektīvus gadījumu kontroles pētījumus. Šķērsriezuma pētījuma stiprā puse ir reprezentatīva un homogēna kājnieku izlase, kura ir ievērojami lielāka par sākotnējo prognozējamo izlases lielumu (attiecīgi $n = 150$, $n = 227$). Gadījumu kontroles pētījumu grupu sadalījums var būt neprecīzs atceršanās kļūdas dēļ (angliski *recall bias*). Lai izvairītos no šādas kļūdas, papildus tika veikta medicīniskās dokumentācijas analīze, kas apstiprina traumas statusu. Turklāt, pēc autores uzskatiem, pētījumu dalībnieku atbildes bija patiesas, jo rezultāti neietekmēja dalībnieku ikgadējās medicīniskās apskates rezultātus un pētījumu laikā visiem dalībniekiem tika piešķirta brīvdiena.

Traumu incidences biežuma aprēķināšana, balstoties uz pašziņotiem datiem, ir gan šī pētījuma priekšrocība, gan ierobežojums. Aptauja ir ekonomiski efektīvs veids, kā iegūt datus no lielām populācijām, un, neskatoties uz šķērsriezuma pētījuma ierobežojumiem, šī pētījuma stiprā puse ir, ka tajā tiek atspoguļoti sistemātiski Barela matricē klasificēti pašziņoti dati par akūtām un pārslodzes MSKT Latvijas Sauszemes spēku kājniekiem. Iepriekšējos pētījumos konstatēts, ka pašziņotie dati par traumām ir precīzāki nekā medicīniskās dokumentācijās esošie dati, kas pamato aptaujas datu izmantošanu traumu biežuma aprēķinam (Schuh-Renner et al., 2019). Kā informēja L. Smits u. c. (Smith et al., 2016), kājnieku populāciju vidū medicīnas personālam netiek ziņots par 50 % no visām MSKT. Turklāt pašziņoto traumu skaitā var būt arī tās traumas, kuru dēļ karavīri nav vērsušies pēc medicīniskās palīdzības vai kuras tika ārstētas citur, nevis Medicīnas nodrošinājuma centrā, tādējādi sniedzot plašāku priekšstatu par MSKT sastopamību NBS. Ir ieteicams turpināt sistemātisku traumu uzraudzību, kas ļauj īstenot un novērtēt uz traumām orientētu profilakses stratēģiju efektivitāti.

Pēdas funkcionālā stāvokļa novērtēšana, kas balstās uz plantārā spiediena rādītājiem, jāapsver ar noteiktiem ierobežojumiem. Nav iespējams izdarīt vispārīgus pieņēmumus, balstoties uz plantārā spiediena izmeklējuma rezultātiem. Pēc izmantotās plantārā spiediena sistēmas (*RScan International*, Beļģija) var precīzi izmērīt spēku, kas vērsts perpendikulāri spiediena sensoram, bet nespēj izmērīt citus spēka veidus, piemēram, bīdes spēkus. Plantārā spiediena analīzes programmatūra (*Footscan® v.7.11*) automātiski nosaka pēdas specifiskos rādītājus, kas varētu potenciāli izraisīt plantārā spiediena vērtību nobīdi. Neatkarīgi no šiem ierobežojumiem plantārais spiediens ir vienkāršs gaitas kinētisks mērījums, kas ļauj novērtēt apakšējās ekstremitātes kustības un slodzes simetriju gaitas laikā. Lai gan kājniekiem ir novērotas plašas plantārā spiediena rādītāju variācijas, vienotā plantārā

spiediena vērtība, kas varētu liecināt par pēdu MSKT parādīšanos, joprojām nav zināma (Wafai et al., 2015). Ir nepieciešami papildu pētījumi, kas noteiktu plantārā spiediena robežvērtību, kura palielina MSKT risku.

Kājniekiem ar pārslodzes traumu anamnēzē novēroja plantārā spiediena rādītāju asimetriju labajā un kreisajā pēdā, kas liecina, ka pastāv nevienmērīgs apakšējās ekstremitātes slodzes sadalījums gaitas laikā. Asimetrija tika novērota, neraugoties uz to, ka novērtēšana notika kontrolētā vidē (gaitas laboratorija) un bez papildu smaguma nešanas, kā arī visi pētījuma dalībnieki pilnībā atjaunojās pēc gūtajām traumām. Pēdu ādas bojājumi var agrīni norādīt uz asimetrisku kāju kustību gaitas laikā, tāpēc tiek rekomendēts veikt pēdu ādas apskati (Grouios, 2005). Papildus *Footscan*® programmatūra nodrošināja digitālu pēdas nospiedumu pēdas garuma noteikšanai, kas tiek atzīts par līdzvērtīgu 3D pēdas skenējuma laikā iegūtiem rezultātiem (Lee et al., 2014). Balstoties uz *Mondopoint* sistēmu, pēdas garums centimetros tika izmantots, lai salīdzinātu kājnieka pašu izvēlēto militāro apavu izmēru ar atbilstošu militāro apavu izmēru. Šis salīdzinājums attiecas tikai uz garumu, un pēdas platuma analīze netika veikta, jo neietekmēja izmantoto militāro apavu izmēru.

Vēl viena veiktā pētījuma priekšrocība ir sistemātisks militāro apavu komforta novērtējums dažādu izmēru apaviem kājnieku populācijā. Daudzpusīga pieeja militāro apavu komforta novērtējumā tika izmantota pirmo reizi. Līdz ar to iegūtos rezultātus par apavu komfortu, amortizāciju un atbalstu dažādās apavu daļās nevar salīdzināt ar iepriekšējiem pētījumiem. Pētījuma dalībniekiem, kuri lietoja neatbilstošu militāro apavu izmēru, bija statistiski ievērojami zemāki militāro apavu komforta vērtējumi visos kritērijos, kas nozīmē, ka atbilstoša apavu izmēra nodrošināšana ir svarīga, lai sasniegtu lielāku ikdienā lietoto apavu komfortu. Apavu komforta novērtējumā netika aplūkoti vairāki faktori, piemēram, dažādi militāro apavu

modeļi, apavu nolietojums, apavu triecienizturība, mikroklimate raksturlielumi, kā arī militāro apavu platums un svars. Iegūtie militāro apavu komforta vērtējumi var būt attiecināmi tikai uz līdzīgiem taktiskajiem apaviem (militārajiem šporzābakiem), kas paredzēti siltiem laikapstākļiem. Lai gan komforta vērtējumiem ir ierobežojumi, apavu izmēra atbilstības noteikšana un komforta izpētes metodika ir vērtīga citu militāro specialitāšu pārstāvjiem, kā arī citu darba apavu lietotājiem, piemēram, ugunsdzēsējiem, būvniekiem un policijas darbiniekiem. Lai nodrošinātu militāro un citu darba apavu lietošanas komfortu, ir nepieciešami objektīvi pēdu izmēra mērījumi ar Brannoka (*Brannock*) ierīci vai 3D pēdu skenēšanu.

Gaitas kinemātikas izvērtējums ar izsekošanas sensoriem limitē rezultātu precizitāti. Mīksto audu artefaktu (STA) dēļ pēdas un pēdas locītavas kinemātiskie dati var būt kļūdaini. Turklāt uz apaviem piestiprināti sensori pilnībā neatveido pēdas kustības gaitas analīzē. Lai samazinātu iespējamās kļūdas pētījuma laikā, viens eksaminētājs (darba autore) novietoja visus sensorus pēc standartizētas shēmas. Sensori uz papēžiem tika izmantoti, lai aprēķinātu tādas gaitas parametrus kā soļu garums un gaitas cikla laiks, STA papēža apvidū ir maznozīmīgi (Alcantara et al., 2018; Benoit et al., 2006), un kinemātiskie rādītāji papēžu daļā saskan ar iepriekšējiem pētījumiem (Chuter, 2010). Iepriekšējos pētījumos tika konstatēta laba sensoru sniegto datu precizitāte par pēdas priekšējo daļu un papēdi, bez papildu cauruma apavu papēžu daļā (Alcantara et al., 2018; Bishop et al., 2011). Kustību precizitātes sekmēšanai būtu nepieciešams izgriezt caurumu militārajos apavos, bet šādus apavus dalībnieki nevarētu izmantot dienestā pēc pētījuma, un apavi būtu jānomaina pret jauniem, tādējādi sadārdzinot pētījumu un radot papildu apgrūtinājumus tā dalībniekiem.

Visbeidzot, gaitas cikla ilguma svārstības var izrietēt no antropometriskām atšķirībām, bet gaitas biomehānikas dati netika normalizēti

atbilstoši augumam vai pēdas garumam. Šāds lēmums tika pieņemts, jo pētījuma grupās netika identificētas statistiski nozīmīgas atšķirības šajos parametros.

Secinājumi

1. Muskuloskeletālās traumas Latvijas Sauszemes spēku karavīriem vecumgrupā no 20 līdz 49 gadiem visbiežāk skar ceļa locītavas, apakšstilbus un pēdas, un šo traumu izplatība (43 %) ir līdzīga citu valstu militārajām populācijām.
2. Izmainīta pēdas pozīcija un palielināti maksimālie plantārie spiedieni ir biežāk sastopami karavīriem ar pārslodzes traumu anamnēzē, bet apavu komforta novērtējums nav atkarīgs no pēdas pozīcijas.
3. Militāro apavu komforta vērtējumu ietekmē neatbilstoša izmēra izvēle neatkarīgi no kāju pārslodzes traumu vēstures.
4. Militāro apavu lietošana sekmē gaitas simetriju un veicina stabilitāti, bet kāju pārslodzes traumu risks nav saistīts ar gaitas raksturlielumiem. Par 1,95 % lielāka gaitas cikla mainība, ejot bez apaviem, ir būtiskākais rādītājs kāju pārslodzes traumām vīriešu kārtas kājniekiem.

Priekšlikumi

1. Militārajā dienestā gūtu akūtu un pārslodzes muskuloskeletālo traumu uzskaites sistēmā par pamatu ieviešot Barela traumu matrici, varētu veicinātu traumu novēršanas stratēģiju izveidi un novērtēšanu.
2. Lai novērtētu iespējamās traumu riskus, ir ieteicams precizēt pēdu pozīcijas novērtēšanas kritērijus un savlaicīgi novērst personu ar pārmērīgi supinētām vai pronētām pēdām iestāšanos militārajā dienestā.
3. Ieteicams veikt pēdu mērījumu, lai nodrošinātu atbilstoša izmēra apavu izsniegšanu un paaugstinātu militāro vai citu profesionālo darba apavu komfortu.
4. Rekomendēt plantārās noslodzes mērījumu un gaitas bez apaviem mainības analīzes iekļaušanu medicīniskajā pārbaudē, lai identificētu personas ar potenciāli paaugstinātu traumu risku.

Publikāciju un ziņojumu saraksts par promocijas darba tēmu

Publikācijas:

1. Nesterovica-Petrikova, D., Vaivads, N., Stepens, A. 2023. Increased Barefoot Stride Variability Might Be Predictor Rather than Risk Factor for Overuse Injury in the Military. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 20(15), Article 6449, <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph20156449> (Scopus).
2. Nesterovica, D., Vaivads, N., Stepens, A. 2021. Relationship of footwear comfort, selected size, and lower leg overuse injuries among infantry soldiers. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021 Nov 15;22(1):952, <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04839-9> (Scopus).
3. Nesterovica, D., Stepens, A., Vaivads, N. 2021. Peak plantar pressure as a risk factor for lower extremity overuse injury among infantry soldiers. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural, Exact, and Applied Sciences*. 75(1), 52–57, <https://doi.org/10.2478/prolas-2021-0009> (Scopus).
4. Nesterovica, D., Vaivads, N., Stepens, A. 2020. Self-reported musculoskeletal acute and overuse injuries among Latvian infantry soldiers. In V. Lubkina, A. Kaupužs, & D. Znotiņa (Eds.), *Society. Integration. Education: proceedings of the international scientific conference* (6, 354–360), <https://doi.org/10.17770/sie2020vol6.5094> (Web of Science).

Referāti un tēzes starptautiskos kongresos un konferencēs:

1. Nesterovica-Petrikova, D., Vaivads, N., Stepens, A. 2023. *Effects of Tactical Boots on Foot and Ankle Kinematics*. In Y. Dekhtyar, & I. Saknite (Eds.), 19th Nordic-Baltic Conference on Biomedical Engineering and Medical Physics: Proceedings of NBC 2023, June 12–14, 2023, Liepaja, Latvia (89, 112–118). (IFMBE Proceedings; Vol. 89) Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37132-5_15 (Scopus).
2. Nesterovica, D., Vaivads, N., Stepens, A. 2023. *Gait Variability during Barefoot and Shod Walk among Military Personnel*. Rīga Stradiņš University International Conference on Medical and Health Care Sciences: Knowledge for Use in Practice, Riga, Latvia.
3. Nesterovica, D., Vaivads, N., Stepens, A. 2022. *Evaluation of military boots effects on gait using symmetry coefficients*. Abstract from 44th International Committee of Military Medicine World Congress: 44th ICMM World Congress, Brussels, Belgium.
4. Nesterovica, D., Vaivads, N., Stepens, A. 2022. *Study of military footwear comfort, selected size, and lower leg overuse injuries*. Abstract and oral presentation in OTWorld: International Trade Show and World Congress, Leipzig, Germany.

5. Nesterovica, D., Vaivads, N., Stepens, A. 2021. *Evaluation of military boots effects on gait symmetry using ratio index, symmetry index, and gait asymmetry coefficient*. Poster presented online at 18th World Congress of the International Society for Prosthetics and Orthotics.
6. Nesterovica, D. 2020. *Definition of the lower extremity overuse: A review*. Abstract in L. Vilka, & J. Vike (Eds.), SHS Web of Conferences (Vol. 85). Article 02006, <https://doi.org/10.1051/shsconf/20208502006>.
7. Nesterovica, D. 2018. *Incidence of exercise related musculoskeletal injuries in Latvian infantry soldiers*. Abstract in 10th International Baltic Sports Medicine Congress, European Journal of Sports Medicine, vol.5. (Suppl.2), 32.
8. Nesterovica, D., Vaivads, N., Stepens, A. 2018. *Musculoskeletal overuse injury prevalence and comfort perception of military boots*. Abstract in I. Kokina (Ed.), Proceedings of the International Scientific Conference of Daugavpils University, part A: Natural Sciences, 123–128, (EBSCOhost).

Literatūras saraksts

1. Ahsan, M., Abualait, T., Al-Subaiei, M., Al Muslem, W., Aldokhayyil, M., Nuhmani, S., & Alzahrani, A. (2023). Determining the characteristics of gait variability with a preferred walking speed in hypertensive and normotensive participants. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 23, 101344. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cegh.2023.101344>
2. Alcantara, R. S., Trudeau, M. B., & Rohr, E. S. (2018). Calcaneus range of motion underestimated by markers on running shoe heel. *Gait & Posture*, 63, 68–72. <https://doi.org/10.1016/J.GAITPOST.2018.04.035>
3. Andersen, K. A., Grimshaw, P. N., Kelso, R. M., & Bentley, D. J. (2016). Musculoskeletal Lower Limb Injury Risk in Army Populations. *Sports Medicine – Open*, 2(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s40798-016-0046-z>
4. Baida, S. R., Gore, S. J., Franklyn-Miller, A. D., & Moran, K. A. (2018). Does the amount of lower extremity movement variability differ between injured and uninjured populations? A systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(4), 1320–1338. <https://doi.org/10.1111/sms.13036>
5. Barel, V., Aharonson-Daniel, L., Fingerhut, L. A., Mackenzie, E. J., Ziv, A., Boyko, V., Abargel, A., Avitzour, M., & Heruti, R. (2002). An introduction to the Barel body region by nature of injury diagnosis matrix. *Injury Prevention*, 8(2), 91–96. <https://doi.org/10.1136/ip.8.2.91>
6. Barovska, S. (2020). *Karavīru biežāk gūto traumu analīze Nacionālo bruņoto spēku veselības aprūpes iestādē laikā posmā no 2017. līdz 2020. gadam: bakalaura darbs*. Latvijas Universitāte.
7. Baumfeld, D., Raduan, F. C., Macedo, B., Silva, T. A. A., Baumfeld, T., Favato, D. F., de Andrade, M. A. P., & Nery, C. (2015). Shoe heel abrasion and its possible biomechanical cause: a transversal study with infantry recruits. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 10(1), 179. <https://doi.org/10.1186/s13018-015-0319-0>
8. Beaton, D., Bombardier, C., Guillemin, F., & Ferraz, M. (2007). Recommendations for the Cross-Cultural Adaptation of the DASH & QuickDASH Outcome Measures Contributors to this Document. *Institute for Work & Health*, 1.
9. Benoit, D. L., Ramsey, D. K., Lamontagne, M., Xu, L., Wretenberg, P., & Renström, P. (2006). Effect of skin movement artifact on knee kinematics during gait and cutting motions measured in vivo. *Gait and Posture*, 24(2), 152–164. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.04.012>
10. Bensel, C. (1976). *The Effects of Tropical and Leather Combat Boots on Lower Extremity Disorders Among US Marine Corps Recruits*. 63. Iegūts no <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA025938> [sk. 03.03.2021.].

11. Bense, C., & Kish, R. (1983). *Lower Extremity Disorders among Men and Women in Army Basic Training and Effects of Two Types of Boots*. 99. Iegūts no <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA133002> [sk. 03.03.2021.].
12. Bishop, C., Paul, G., Uden, H., & Thewlis, D. (2011). The development of a multi-segment kinematic model of footwear. *Footwear Science*, 3(sup1), S13–S15. <https://doi.org/10.1080/19424280.2011.575873>
13. Braunstein, B., Arampatzis, A., Eysel, P., & Brüggemann, G. P. (2010). Footwear affects the gearing at the ankle and knee joints during running. *Journal of Biomechanics*, 43(11), 2120–2125. <https://doi.org/10.1016/J.JBIOMECH.2010.04.001>
14. Breslow, N. E., & Day, N. E. (1980). Statistical methods in cancer research. Volume I - The analysis of case-control studies. *IARC Scientific Publications*, 32, 248–279.
15. Bulzacchelli, M. T., Sulsky, S. I., Rodriguez-Monguio, R., Karlsson, L. H., & Hill, M. O. T. (2014). Injury during U.S. army basic combat training: A systematic review of risk factor studies. *American Journal of Preventive Medicine*, 47(6), 813–822. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2014.08.008>
16. Carr, P. C., & Cropley, T. G. (2019). Sports Dermatology. *Clinics in Sports Medicine*, 38(4), 597–618. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2019.06.001>
17. Cavanagh, P. R., & Rodgers, M. M. (1987). The arch index: A useful measure from footprints. *Journal of Biomechanics*, 20(5), 547–551. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(87\)90255-7](https://doi.org/10.1016/0021-9290(87)90255-7)
18. Celko, J. (2010). Chapter 20 - Shoe Sizes. In J. Celko (Ed.), *Joe Celko's Data, Measurements and Standards in SQL*. 167–168. Morgan Kaufmann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374722-8.00020-7>
19. Chen, S. F., Wang, Y., Peng, Y., & Zhang, M. (2022). Effects of Attrition Shoes on Kinematics and Kinetics of Lower Limb Joints During Walking. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10, 824297. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.824297>
20. Chuter, V. H. (2010). Relationships between foot type and dynamic rearfoot frontal plane motion. *Journal of Foot and Ankle Research*, 3(1), 9. <https://doi.org/10.1186/1757-1146-3-9>
21. Cohen, J. (2016). A power primer. In *Methodological issues and strategies in clinical research (4th ed.)*. (pp. 279–284). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/14805-018>
22. Derums, V. (1940). *Latviešu ķermeņa uzbūve laika perspektīvā*. Valters un Rapa.
23. Dijkstra, C. I., Bekkers, M., Spek, B., Lucas, C., & Stuiver, M. (2020). Epidemiology and Financial Burden of Musculoskeletal Injuries as the Leading Health Problem in the Military. *Military Medicine*, 185(3–4), e480–e486. <https://doi.org/10.1093/milmed/usz328>

24. Dixon, S. J., Waterworth, C., Smith, C. V., & House, C. M. (2003). Biomechanical analysis of running in military boots with new and degraded insoles. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(3), 472–479. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000053733.64049.27>
25. Dowling, G. J., Murley, G. S., Munteanu, S. E., Smith, M. M. F., Neal, B. S., Griffiths, I. B., Barton, C. J., & Collins, N. J. (2014). Dynamic foot function as a risk factor for lower limb overuse injury: a systematic review. *Journal of Foot and Ankle Research*, 7(1), 53. <https://doi.org/10.1186/s13047-014-0053-6>
26. Ellis, S., Branthwaite, H., & Chockalingam, N. (2022). Evaluation and optimisation of a footwear assessment tool for use within a clinical environment. *Journal of Foot and Ankle Research*, 15(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s13047-022-00519-6>
27. Fluss, R., Faraggi, D., & Reiser, B. (2005). Estimation of the Youden Index and its associated cutoff point. *Biometrical Journal. Biometrische Zeitschrift*, 47(4), 458–472. <https://doi.org/10.1002/BIMJ.200410135>
28. Franklin, S., Grey, M. J., Heneghan, N., Bowen, L., & Li, F. X. (2015). Barefoot vs common footwear: A systematic review of the kinematic, kinetic and muscle activity differences during walking. In *Gait and Posture*. Vol. 42, Issue 3, 230–239. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.05.019>
29. Fredette, M. A., Roy, J.-S., Esculier, J.-F. ois, & Perreault, K. (2021). Most Military Runners Report Recent Changes in Running Parameters Before Lower Limb Injury Onset. *Military Medicine*, 186(11–12), e1140–e1148. <https://doi.org/10.1093/milmed/usaa524>
30. Grier, T., Dinkeloo, E., Reynolds, M., & Jones, B. H. (2020). Sleep duration and musculoskeletal injury incidence in physically active men and women: A study of U.S. Army Special Operation Forces soldiers. *Sleep Health*, 6(3), 344–349. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2020.01.004>
31. Grimm, P. D., Mauntel, T. C., & Potter, B. K. (2019). Combat and Noncombat Musculoskeletal Injuries in the US Military. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 27(3), 84–91. <https://doi.org/10.1097/JSA.0000000000000246>
32. Grouios, G. (2005). Footedness as a potential factor that contributes to the causation of corn and callus formation in lower extremities of physically active individuals. *The Foot*, 15(3), 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2005.05.003>
33. Halvarsson, A., Hagman, I., Tegern, M., Broman, L., & Larsson, H. (2018). Self-reported musculoskeletal complaints and injuries and exposure of physical workload in Swedish soldiers serving in Afghanistan. *PloS One*, 13(4), e0195548. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195548>
34. Hamacher, D., Hamacher, D., Krowicki, M., & Schega, L. (2017). Between-day test–retest reliability of gait variability in older individuals improves with a familiarization trial. *Aging Clinical and Experimental Research*, 29(2), 327–329. <https://doi.org/10.1007/s40520-016-0536-3>

35. Hamill, J., Palmer, C., & Van Emmerik, R. E. A. (2012). Coordinative variability and overuse injury. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology*, 4(1), 45. <https://doi.org/10.1186/1758-2555-4-45>
36. Hamill J, B. C. (1996). Biomechanical analysis of military boots: Phase 1. Materials testing of military and commercial footwear. Technical Report. *Natick, MA: U.S. Army Natick Research; 1992. Report No.: NATICK-TR-93/006., April 1995.*
37. Hauret, K. G., Jones, B. H., Bullock, S. H., Canham-Chervak, M., & Canada, S. (2010). Musculoskeletal injuries: Description of an under-recognized injury problem among military personnel. *American Journal of Preventive Medicine*, 38(1 SUPPL.), S61–S70. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.10.021>
38. Hausdorff, J. M., Peng, C. K., Ladin, Z., Wei, J. Y., & Goldberger, A. L. (1995). Is walking a random walk? Evidence for long-range correlations in stride interval of human gait. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 78(1), 349–358. <https://doi.org/10.1152/jappl.1995.78.1.349>
39. Hernandez, A. J., Kimura, L. K., Laraya, M. H. F., & Fávoro, E. (2007). Calculation of staheli’s plantar arch index and prevalence of flat feet: A study with 100 children aged 5-9 years. *Acta Ortopedica Brasileira*. <https://doi.org/10.1590/S1413-78522007000200001>
40. Hoffman, J. R., Church, D. D., & Hoffman, M. W. (2015). Overuse Injuries in Military Personnel. In Y. Gefen, A., Epstein (Ed.), *The Mechanobiology and Mechanophysiology of Military-Related Injuries. Studies in Mechanobiology, Tissue Engineering and Biomaterials*. 19, 141–161. Springer. https://doi.org/10.1007/8415_2015_187
41. Hollander, K., Petersen, E., Zech, A., & Hamacher, D. (2022). Effects of barefoot vs. shod walking during indoor and outdoor conditions in younger and older adults. *Gait & Posture*. 95, 284–291. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.04.024>
42. *International Organization for Standardization*. Iegūts no <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9407:ed-2:v1:en> [sk. 19.01.2020.]
43. Jamal, A., Ali, M. K., Mirza, T. M., Raza, M., Access, O., Related, S., Limbs, L., Scintigraphy, S., Article, O., Armed, P., Med, F., & Ali Jamal, M. (2016). Patterns of stress related injuries of lower limbs in military setup on skeletal scintigraphy. *Pak Armed Forces Med J*, 66(5), 742–746.
44. Kelsey L, Fleiss K, F. P. (2010). *Methods in observational Epidemiology 2nd Edition, Statistical Methods for Rates and Proportion, formulas 3.18 and 19*. Methods in Observational Epidemiology 2nd Edition, Statistical Methods for Rates and Proportion, Formulas 3.18 and 19. Iegūts no <http://www.openepi.com/SampleSize/SSCohort.htm> [sk. 10.02.2019.]
45. Kernan, M., Raja, B., & Matuszak, J. (2008). The Collegiate/Professional Male Athlete. In J. J. B. T.-C. M. H. Heidelbaugh (Ed.), *Clinical Men’s Health*. 485–522. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1416033000-3.10026-7>

46. Knapik, J. J., Jones, B. H., & Steelman, R. A. (2015). Physical Training in Boots and Running Shoes: A Historical Comparison of Injury Incidence in Basic Combat Training. *Military Medicine*, 180(3), 321–328. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-14-00337>
47. Kokare, I. (1998). *Latvijas karavīru bioloģiskā statusa izvērtējums, pamatojoties uz 1939. un 1996. gada izpētes datiem: promocijas darbs*. Rīgas Stradiņa universitāte.
48. König, N., Singh, N. B., von Beckerath, J., Janke, L., & Taylor, W. R. (2014). Is gait variability reliable? An assessment of spatio-temporal parameters of gait variability during continuous overground walking. *Gait & Posture*, 39(1), 615–617. <https://doi.org/10.1016/J.GAITPOST.2013.06.014>
49. Kroneberg, D., Elshehabi, M., Meyer, A. C., Otte, K., Doss, S., Paul, F., Nussbaum, S., Berg, D., Kühn, A. A., Maetzler, W., & Schmitz-Hübsch, T. (2019). Less is more - Estimation of the number of strides required to assess gait variability in spatially confined settings. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 11(JAN). <https://doi.org/10.3389/FNAGI.2018.00435/FULL>
50. *Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre*. Climate of Latvia. Iegūts no <https://www.meteo.lv/en/lapas/environment/climate-change/climate-of-latvia/climat-latvia?id=1471&nid=660> [sk. 15.10.2017]
51. Lavigne, A., Chicoine, D., Esculier, J.-F., Desmeules, F., Frémont, P., & Dubois, B. (2023). The Role of Footwear, Foot Orthosis, and Training-Related Strategies in the Prevention of Bone Stress Injuries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Exercise Science*, 16(3), 721–743.
52. Lee, Y.-C., Lin, G., & Wang, M.-J. J. (2014). Comparing 3D foot scanning with conventional measurement methods. *Journal of Foot and Ankle Research*, 7(1), 44. <https://doi.org/10.1186/s13047-014-0044-7>
53. Lovalekar, M., Hauret, K., Roy, T., Taylor, K., Blacker, S. D., Newman, P., Yanovich, R., Fleischmann, C., Nindl, B. C., Jones, B., & Canham-Chervak, M. (2021). Musculoskeletal injuries in military personnel – Descriptive epidemiology, risk factor identification, and prevention. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(10), 963–969. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.03.016>
54. Mawusi, E. P. S. (2019). *20 – Shoes and Shoe Modifications* (J. B. Webster & D. P. B. T.-A. of O. and A. D. (Fifth E. Murphy (Eds.); pp. 229-232.e1). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-48323-0.00020-2>
55. Maykut, J. N., Taylor-Haas, J. A., Paterno, M. V, DiCesare, C. A., & Ford, K. R. (2015). Concurrent validity and reliability of 2d kinematic analysis of frontal plane motion during running. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(2), 136–146.
56. Menz, H. B., & Bonanno, D. R. (2021). Footwear comfort: a systematic search and narrative synthesis of the literature. *Journal of Foot and Ankle Research*, 14(1), 63.

<https://doi.org/10.1186/s13047-021-00500-9>

57. Milgrom, C., Zloczower, E., Fleischmann, C., Spitzer, E., Landau, R., Bader, T., & Finestone, A. S. (2021). Medial tibial stress fracture diagnosis and treatment guidelines. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(6), 526–530. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.11.015>
58. MILLS, K., BLANCH, P., & VICENZINO, B. (2010). Identifying Clinically Meaningful Tools for Measuring Comfort Perception of Footwear. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(10), 1966–1971. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181dbacc8>
59. Mishra, P., Pandey, C. M., Singh, U., Gupta, A., Sahu, C., & Keshri, A. (2019). Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 22(1), 67–72. https://doi.org/10.4103/aca.ACA_157_18
60. Molina-Rueda, F., Fernández-González, P., Cuesta-Gómez, A., Koutsou, A., Carratalá-Tejada, M., & Miangolarra-Page, J. C. (2021). Test-Retest Reliability of a Conventional Gait Model for Registering Joint Angles during Initial Contact and Toe-Off in Healthy Subjects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph18031343>
61. Molloy, J. M., Pendergrass, T. L., Lee, I. E., Chervak, M. C., Hauret, K. G., & Rhon, D. I. (2020). Musculoskeletal Injuries and United States Army Readiness Part I: Overview of Injuries and their Strategic Impact. *Military Medicine*, 185(9–10), e1461–e1471. <https://doi.org/10.1093/milmed/usaa027>
62. Nakagawa, S., & Cuthill, I. C. (2007). Effect size, confidence interval and statistical significance: a practical guide for biologists. *Biological Reviews*, 82(4), 591–605. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2007.00027.x>
63. Orr, R., Maupin, D., Palmer, R., Canetti, E. F. D., Simas, V., & Schram, B. (2022). The Impact of Footwear on Occupational Task Performance and Musculoskeletal Injury Risk: A Scoping Review to Inform Tactical Footwear. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10703. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710703>
64. Peng, Y., Wong, D. W. C., Wang, Y., Chen, T. L. W., Tan, Q., Chen, Z., Jin, Z., & Zhang, M. (2020). Immediate Effects of Medially Posted Insoles on Lower Limb Joint Contact Forces in Adult Acquired Flatfoot: A Pilot Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7). <https://doi.org/10.3390/IJERPH17072226>
65. Redmond, A. C., Crosbie, J., & Ouvrier, R. A. (2006). Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clinical Biomechanics*, 21(1), 89–98. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.08.002>
66. Robinson, R. O., Herzog, W., & Nigg, B. M. (1987). Use of force platform variables to quantify the effects of chiropractic manipulation on gait symmetry. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 10(4), 172–176.

67. Sammito, S., Hadzic, V., Karakolis, T., Kelly, K. R., Proctor, S. P., Stepens, A., White, G., & Zimmermann, W. O. (2021). Risk factors for musculoskeletal injuries in the military: a qualitative systematic review of the literature from the past two decades and a new prioritizing injury model. *Military Medical Research*, 8(1), 66. <https://doi.org/10.1186/s40779-021-00357-w>
68. Schuh-Renner, A., Canham-Chervak, M., Grier, T. L., Hauschild, V. D., & Jones, B. H. (2019). Expanding the injury definition: evidence for the need to include musculoskeletal conditions. *Public Health*, 169, 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2019.01.002>
69. Schwartz, O., Malka, I., Olsen, C. H., Dudkiewicz, I., & Bader, T. (2018). Overuse Injuries in the IDF's Combat Training Units: Rates, Types, and Mechanisms of Injury. *Military Medicine*, 183(3–4), E196–E200. <https://doi.org/10.1093/milmed/usx055>
70. Sharma, J., Greeves, J. P., Byers, M., Bennett, A. N., & Spears, I. R. (2015). Musculoskeletal injuries in British Army recruits: A prospective study of diagnosis-specific incidence and rehabilitation times Epidemiology of musculoskeletal disorders. *BMC Musculoskeletal Disorders*. <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0558-6>
71. Smith, L., Westrick, R., Sauers, S., Cooper, A., Scofield, D., Claro, P., & Warr, B. (2016). Underreporting of Musculoskeletal Injuries in the US Army. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 8(6), 507–513. <https://doi.org/10.1177/1941738116670873>
72. Springer, S., Gottlieb, U., & Lozin, M. (2016). Spatiotemporal Gait Parameters as Predictors of Lower-Limb Overuse Injuries in Military Training. *Scientific World Journal*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/5939164>
73. Strongman, C., & Morrison, A. (2020). A scoping review of non-linear analysis approaches measuring variability in gait due to lower body injury or dysfunction. *Human Movement Science*, 69(December 2019), 102562. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.102562>
74. Toohey, L. A., Drew, M. K., Cook, J. L., Finch, C. F., & Gaida, J. E. (2017). Is subsequent lower limb injury associated with previous injury? A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(23), 1670–1678. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097500>
75. Torrens, G., Campbell, I., & Tutton, W. (2012). Design issues in military footwear and handwear. In *Advances in Military Textiles and Personal Equipment*. 139–164. Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857095572.1.139>
76. Wafai, L., Zayegh, A., Woulfe, J., Mahfuzul, S., & Begg, R. (2015). Identification of foot pathologies based on plantar pressure asymmetry. *Sensors (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/s150820392>

77. Wardle, S. L., & Greeves, J. P. (2017). Mitigating the risk of musculoskeletal injury: A systematic review of the most effective injury prevention strategies for military personnel. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20, S3–S10. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.014>
78. Wilkinson, D. M., Blacker, S. D., Richmond, V. L., Horner, F. E., Rayson, M. P., Spiess, A., & Knapik, J. J. (2011). Injuries and injury risk factors among British army infantry soldiers during predeployment training. *Injury Prevention*. <https://doi.org/10.1136/ip.2010.028233>
79. Willwacher, S., Kurz, M., Robbin, J., Thelen, M., Hamill, J., Kelly, L., & Mai, P. (2022). Running-Related Biomechanical Risk Factors for Overuse Injuries in Distance Runners: A Systematic Review Considering Injury Specificity and the Potentials for Future Research. In *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. Vol. 52, Issue 8, 1863–1877. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01666-3>
80. Winter, D. A. (1984). Kinematic and kinetic patterns in human gait: Variability and compensating effects. *Human Movement Science*, 3(1–2), 51–76. [https://doi.org/10.1016/0167-9457\(84\)90005-8](https://doi.org/10.1016/0167-9457(84)90005-8)
81. World Health Organization. (2019). International statistical classification of diseases and related health problems, 10th revision (ICD-10). *World Health Organization*.
82. Zhang, X., Paquette, M. R., & Zhang, S. (2013). A comparison of gait biomechanics of flip-flops, sandals, barefoot and shoes. *Journal of Foot and Ankle Research*, 6(1), 45. <https://doi.org/10.1186/1757-1146-6-45>
83. Zimmermann, W. O., Helmhout, P. H., & Beutler, A. (2017). Prevention and treatment of exercise related leg pain in young soldiers; A review of the literature and current practice in the Dutch armed forces. *Journal of the Royal Army Medical Corps*, 163(2), 94–103. <https://doi.org/10.1136/jramc-2016-000635>
84. Zult, T., Allsop, J., Taberner, J., & Pardhan, S. (2019). A low-cost 2-D video system can accurately and reliably assess adaptive gait kinematics in healthy and low vision subjects. *Scientific Reports*, 9(1), 18385. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54913-5>

Pateicības

Paldies visiem **Latvijas Sauszemes spēku karavīriem**, kuri piedalījās šajā pētījumā, un Nacionālo bruņoto spēku **Nodrošinājuma pavēlniecības Medicīnas nodrošinājuma centram** par atbalstu šī pētījuma organizēšanā.

Pateicos savam darba vadītājam asociētajam profesoram **Aināram Stepenam** par darba vadīšanu, konsultācijām un atbalstu.

Paldies asociētajai profesorei **Signei Tomsonei** par Jūsu atbalstu un motivāciju šajos gados.

Paldies profesoram **Aivaram Vētram** par palīdzību ar gaitas laboratorijas aprīkojumu, kas sniedz pētniecības iespējas gaitas biomehānikas jomā.

Es vēlos izteikt dziļu pateicību pulkvežleitnantam **Normundam Vaivadam** par pētījuma organizēšanu un par atbalstu pētniecībā.

Īpašs paldies manam iedvesmas avotam dr. **Gundaram Rusovam**. Man ir paveicies ar draudzību, un es ļoti pateicos par visiem Jūsu gudrajiem padomiem.

Vissirsnīgākā pateicība maniem brīnišķīgajiem **Mumin & Nikita** par jūsu mīlestību, pacietību un atbalstu.