



Apatinių galūnių biomechanikos ir raumenų jėgos ryšys su nespecifiniu apatinės nugaros dalies skausmu

Kotryna Žaltauskaitė*, Vilma Juodžbalienė 

Lietuvos sporto universitetas, Sveikatinimo ir reabilitacijos katedra, Kaunas, Lietuva

* Susirašinėjimui: kotzal@stud.lsu.lt; tel. +370 647 45 145

Santrauka

Tyrimo pagrindimas. Apatinės nugaros dalies skausmo (ANDS) atvejų skaičius kasmet didėja. Daugiausia nagrinėjami sociokultūriniai ir demografiniai skausmo atsiradimo veiksniai – sėdimas darbas ir amžius. Be to, nustatyta, jog dėl ANDS gali pasikeisti kūno ir žingsnio biomechanika. Tačiau apatinių galūnių biomechanika ir raumenų jėga, susijusi su nespecifiniu ANDS (NANDS), dar nepakankamai išsamiai ištirta, todėl šiuo tyrimu siekta nuodugniau išnagrinėti šią temą.

Tikslas. Nustatyti sąsajas tarp apatinių galūnių biomechanikos, sėdmenų ir šlaunies raumenų jėgos ir NANDS.

Metodai. Tyrime dalyvavo 34 tiriamieji, iš kurių 17 nurodė patiriantys NANDS ir 17 teigė jo nepatiriantys. Skausmo intensyvumas vertintas pagal skaitmeninę vizualinę analoginę skalę (VAS), blauzdos ir šlaunies judesių amplitudės vertintos pasitelkus goniometriją, dinaminė pusiausvyra – Y pusiausvyros testu, apatinių galūnių biomechanika – nušokimo nuo pakylės testu, sėdmenų ir šlaunies raumenų jėga – pasitelkus dinamometriją.

Rezultatai. Tiriamųjų šlaunies ir blauzdos judesių amplitudės ir dinaminės pusiausvyros rezultatai nepriklausė nuo tyrimo metu nustatyto NANDS. Asmenų, nejautusių NANDS, šlaunies pritraukiamųjų raumenų jėga buvo didesnė nei asmenų, kurie jautė NANDS ($p = 0,01$). Blauzdos lenkiamųjų raumenų jėga buvo mažesnė, palyginti su tiesiamųjų raumenų ($p < 0,05$), šlaunies atitraukiamųjų raumenų jėga taip pat buvo mažesnė, lyginant su pritraukiamųjų raumenų, ir nepriklausė nuo NANDS ($p < 0,05$). Kelio sąnario funkcinis nestabilumas nušokimo nuo pakylės testo metu pasireiškė asmenims, patiriantiems NANDS ($p < 0,01$).

Išvados. Tiriamųjų šlaunies ir blauzdos judesių amplitudės bei dinaminės pusiausvyros rodikliai nepriklausė nuo juntamo NANDS. Kelio sąnario funkcinis nestabilumas pasireiškė asmenims, patyrusiems NANDS. Šlaunies pritraukiamųjų raumenų jėga buvo didesnė tiems asmenims, kurie nejautė skausmo. Blauzdos lenkiamųjų ir šlaunies atitraukiamųjų raumenų jėga buvo mažesnė nei jų antagonistų, nepriklausomai nuo skausmo jutimo apatinėje nugaros dalyje.

Reikšminiai žodžiai: apatinės nugaros dalies skausmas; dinaminė pusiausvyra; funkcinis kelio sąnario stabilumas; dinamometrija

1. ĮVADAS

Apatinės nugaros dalies skausmas (ANDS) yra vienas iš dažniausiai pasitaikančių sveikatos negalavimų, kuris pasireiškia 70–85 proc. pasaulio populiacijos (Aleku et al., 2021). Daugeliu atveju tikslī ANDS priežastis nenustatoma ir diagnozuojamas nespecifinis apatinės nugaros dalies skausmas



(NANDS). Tačiau dažnai NANDS susijęs su fiziniais bei psichologiniais pakitimais (Zaina et al., 2023). Nustatyta, kad 2020 m. ši būklė paveikė apie 619 mln. žmonių visame pasaulyje ir prognozuojama, kad iki 2050 m. šis skaičius išaugs iki 843 mln. (GBD 2021 Low Back Pain Collaborators, 2023).

Didėjantis ANDS atvejų skaičius kelia didelius sveikatos ir ekonominius sunkumus dėl su skausmu susijusių sveikatos priežiūros išlaidų ir sumažėjusio darbingumo. Kai ANDS būdinga aiški patologija, pavyzdžiui, tarpslankstelinė išvarža (van der Windt et al., 2010), pritaikyti gydymą paprasčiau. Tačiau net 90 proc. atvejų (World Health Organization, 2023) ANDS priežastis nėra aiški, dėl ko toks skausmas vadinamas nespecifiniu. Klinikinis panašių atvejų nustatymas ir ištyrimas nereglamentuotas (Chenot et al., 2017). Mokslinėje literatūroje analizuojant šią būklę daugiausia apžvelgiami tokie sociokultūriniai ir demografiniai veiksniai kaip sėdimas darbas ir amžėjimas (World Health Organization, 2023), tačiau trūksta mokslinių straipsnių, kuriuose būtų apžvelgiamos apatinių galūnių biomechanikos, sėdmenų ir šlaunies raumenų jėgos bei NANDS sąsajos.

Atlikti moksliniai tyrimai rodo, jog pasireiškus NANDS pasikeičia kūno biomechanika. Pavyzdžiui, lėtiniu NANDS besiskundžiantiems asmenims būdinga pakitusi juosmens ir kryžmens biomechanika dėl sutrikusios klubo sąnario judesių amplitudės (Kumar et al., 2024). Taip pat nustatyta, kad, esant NANDS, keičiasi žmonių žingsnio biomechanika (Rahimi et al., 2020).

Moksliniuose tyrimuose išsamiai nagrinėjamos NANDS priežastys ir jų ryšiai su kitų kūno dalių funkcijomis. Aktualu atskleisti kuo daugiau faktų, susijusių su NANDS, ir numatyti prevencijos priemonės bei gydymo planus. Taigi, NANDS, sėdmenų ir šlaunies raumenų jėgos bei apatinių galūnių biomechanikos sąsajų analizė gali būti puikus būdas geriau suprasti NANDS etiologiją, prevencijos ir gydymo būdus.

2. METODAI

Tiriamieji. Tyrime dalyvavo 34 savanoriai tiriamieji (19 vyrų ir 15 moterų) (1 lentelė). Tiriamieji suskirstyti į dvi grupes: jaučiantys NANDS nuo 4 iki 10 balų pagal skaitmeninę vizualinę analoginę skalę (VAS) ($n = 17$) ir jaučiantys tik diskomfortą arba nesiskundžiantys jokiais neigiamais pojūčiais ar skausmu apatinėje nugaros dalyje ($n = 17$).

Abiejų grupių tiriamieji atitiko šiuos kriterijus: amžius 18–55 metai; per pastaruosius metus nebuvo atlikta apatinių galūnių operacijų ir (arba) patirta traumų; neturi stuburo patologijų; neturi neurologinių sutrikimų; NANDS trunka ne mažiau nei šešias savaites (skausmas galėjo būti tiek epizodiškai pasikartojantis, tiek nuolatinis); kontrolinei grupei: NANDS nepasireiškia, juntamas tik diskomfortas arba nėra neigiamų pojūčių.

1 lentelė. **Tiriamųjų charakteristika**

Tiriamieji	Amžius (m. $\pm$ SN)	Ūgis (cm $\pm$ SN)	Svoris (kg $\pm$ SN)	KMI (kg/m ² $\pm$ SN)
Be NANDS ($n = 17$)	27,4 $\pm$ 4,5	176,1 $\pm$ 9,4	74,5 $\pm$ 18,4	23,7 $\pm$ 4,1
Su NANDS ($n = 17$)	29,1 $\pm$ 4,2	175,5 $\pm$ 8,2	73,5 $\pm$ 14,3	23,6 $\pm$ 3

Pastaba: NANDS – nespecifinis apatinės nugaros dalies skausmas; SN – standartinis nuokrypis.

Matavimai. *Skausmo intensyvumo vertinimas.* Apatinės nugaros dalies skausmas vertintas pagal skaitmeninę VAS. Ši skalė – linija su horizontaliai išdėliotais skaičiais nuo 0 iki 10. Skaičiai, didėjantys žiūrint iš kairės į dešinę, atitinka skausmo intensyvumą. Todėl 0 balų reiškia, kad visiškai neskauda, 1–3 balai – silpnas skausmas, kuris išnyksta pakeitus kūno padėtį, 4–5 balai – jaučiamas nestiprus skausmas,

6–7 balai – jaučiamas nuolatinis skausmas, 8–9 balai – jaučiamas stiprus skausmas, 10 balų – nepakeliamas, pats intensyviausias skausmas (Zachovajevienė et al., 2010).

Blauzdos ir šlaunies judesių goniometrija. Matavimai atlikti goniometru, gulint ar sėdint, laikantis standartinės padėties. Vertintas šlaunies lenkimas, tiesimas, pritraukimas ir atitraukimas bei blauzdos tiesimas ir lenkimas (Krutulytė et al., 2019).

Sėdmenų ir šlaunies raumenų dinamometrija. Raumenų jėgos vertinimas „DIERS Myoline Professional“ sistema (Pietsch et al., 2021). Visi matavimai atlikti sėdint. Judesys laikomas 7 sek., tarp skirtingų raumenų grupių testavimo 1–2 min. pertrauka, siekiant užtikrinti tiriamųjų komfortą ir sumažinti nuovargį. Tirta blauzdos lenkiamųjų ir tiesiamųjų bei šlaunies pritraukiamųjų ir atitraukiamųjų raumenų jėga. Agonistų ir antagonistų raumenų jėgos santykiui apskaičiuoti naudota proporcija:

$(a \text{ raumenų grupė (N/kg)} \times 100 \text{ proc.}) / b \text{ raumenų grupė (N/kg)}$ (Janik et al., 2021).

Apatinių galūnių biomechanikos ir dinaminės pusiausvyros vertinimas. Y dinaminės pusiausvyros testu tirta pusiausvyra atliekant judesius ant vienos kojos. Šis testas kliniškai patikimas (Plisky et al., 2021). Testui atlikti naudojama centimetrais graduota Y formos įranga, kurią sudaro trys susikertančios tiesės. Tyrimo metu tiriamasis turi be avalynės stovėti ant vienos kojos – pirmiau ant kairės, vėliau ant dešinės. Tiriamasis neatramine koja turi stumti prie tam tikros tiesės pritvirtintą kaladėlę kiek galima toliau ir grįžti į pradinę padėtį neprarasdamas pusiausvyros. Judesys į ta pačią pusę atliekamas tris kartus ir užrašomi visi rezultatai. Paskui apskaičiuojamas sudėtinis balas ir kiekvienos krypties balas pagal tiriamojo kojos ilgį. Pusiausvyros tyrimas pradedamas stumiant prie priekinės tiesės pritvirtintą kaladėlę ir tęsiamas laikrodžio rodyklės kryptimi. Tyrėjas protokole pažymi abiem kojomis pasiektus atstumus.

Apatinių galūnių biomechanikos vertinimas nušokimo nuo pakylės testu. Analizuojama klubo bei kelio sąnario biomechanika atliekant šuolį nuo pakylės (Sasaki et al., 2019). Testo metu tiriamasis stovi ant pakylės. Priešais tiriamąjį, ant 30 cm aukščio stovo, filmavimo kamera pastatoma taip, kad tiriamojo apatinė kūno dalis matytųsi tiek jam esant ant pakylės, tiek nušokus. Testo metu tiriamasis turi užlipti ant pakylės ir nušokti žemyn. Atlikus testą, vaizdo įrašas buvo analizuojamas vizualiai: vertinta, ar yra kelio sąnario *valgus* kampas, kiekybiniai skaičiavimai neatlikti. Siekiant iliustruoti kelio sąnario padėtį, vaizduose buvo braižomos orientacinės linijos, leidžiančios nustatyti sąnario ašies pokyčius.

Tyrimo etika. Tyrimas truko nuo 2024 m. gruodžio 3 d. iki 2025 m. sausio 15 d. Tyrimui atlikti buvo gautas Biomedicininio mokslinių tyrimų atitikties tyrimų etikai komiteto leidimas 2024 12 09 BNL-KIN (B)-2024-728. Tyrimas buvo vykdomas LSU patalpose. Tiriamiesiems buvo pateikta asmens informavimo forma, jie buvo supažindinti su tyrimo tikslais, nauda, tyrimo metodais.

Statistinė duomenų analizė. Duomenys analizuoti „Microsoft Excel“ 16.95.1. versija ir „IBM SPSS Statistics“ 29.0.2.0 versija. Analizuojant duomenis buvo skaičiuojamas: aritmetinis vidurkis, standartinis nuokrypis, vidurkių paklaida. Pagal priklausomų ir nepriklausomų imčių t testą buvo analizuojami duomenų vidurkliai, kurie atitiko normalųjį pasiskirstymą, ir nustatytas statistinis reikšmingumas. Kintamųjų duomenų normalumui patikrinti naudotas Shapiro–Wilk testas. Rezultatų patikimumui nustatyti pasirinktas reikšmingumo lygmuo, kai $p < 0,05$. Raumenų jėga normalizuota pagal tiriamųjų kūno masę (Hoglund et al., 2014; Siqueira et al., 2022).

3. REZULTATAI

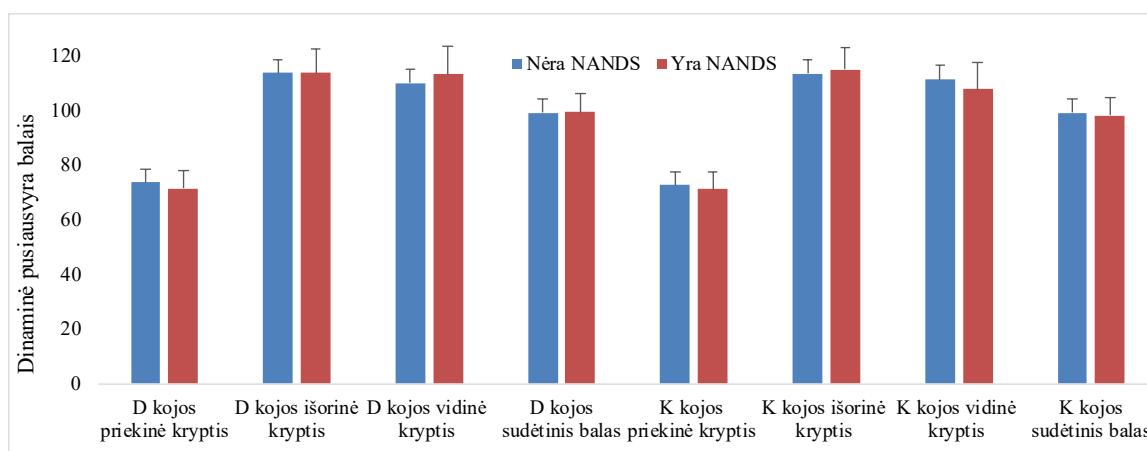
Tiriamosios ir kontrolinės grupės blauzdos ir šlaunies judesių amplitudės nesiskyrė ($p > 0,05$) (2 lentelė).

2 lentelė. **Blauzdos ir šlaunies judesių amplitudžių rezultatai**

Judėsys		Amplitudė ($^{\circ} \pm SN$)	
		Be NANDS	Su NANDS
Lenkimas	Kairės blauzdos	$131,5 \pm 3,4$	$132,4 \pm 3,6$
	Dešinės blauzdos	$132,8 \pm 3,5$	$132,4 \pm 3,6$
Tiesimas	Kairės blauzdos	0	0
	Dešinės blauzdos	0	0
Lenkimas	Kairės šlaunies	$121,2 \pm 2,8$	$120,3 \pm 1,2$
	Dešinės šlaunies	$121,2 \pm 2,8$	$120,7 \pm 2,8$
Tiesimas	Kairės šlaunies	$19,2 \pm 4,2$	$17,4 \pm 2,6$
	Dešinės šlaunies	$19,4 \pm 4,3$	$17,4 \pm 2,6$
Atitraukimas	Kairės šlaunies	$42,6 \pm 3,1$	$41,2 \pm 2,2$
	Dešinės šlaunies	$42,4 \pm 3,1$	$41,2 \pm 2,2$
Pritraukimas	Kairės šlaunies	$21,2 \pm 3,3$	$21,2 \pm 2,8$
	Dešinės šlaunies	$21,2 \pm 3,3$	$21,2 \pm 2,8$
Sukimasis į vidų	Kairės šlaunies	$39,4 \pm 4,6$	$41,5 \pm 2,9$
	Dešinės šlaunies	$39,1 \pm 5,1$	$42,8 \pm 3$
Sukimasis į išorę	Kairės šlaunies	$41,8 \pm 3,9$	$41,5 \pm 2,3$
	Dešinės šlaunies	$41,8 \pm 3,9$	$41,5 \pm 2,3$

Pastaba: NANDS – nespecifinis apatinės nugaros dalies skausmas.

Apatinių galūnių dinaminės pusiausvyros rezultatai tarp grupių su NANDS ir be NANDS nesiskyrė ($p > 0,05$), bet pastebėta geresnių rezultatų tendencija grupėje be NANDS (1 pav.).

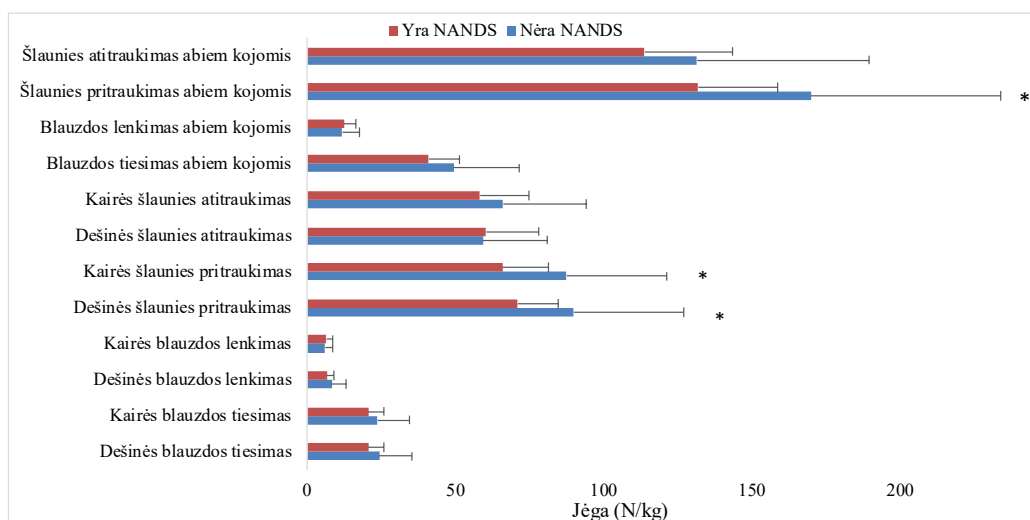


Pastaba: NANDS – nespecifinis apatinės nugaros dalies skausmas; K – kairė, D – dešinė.

1 pav. **Tiriamųjų, jaučiančių nespecifinį apatinės nugaros dalies skausmą ir jo nejauciančių, dinaminė pusiausvyra**

Atlikus šlaunies ir sėdmenų raumenų jėgos matavimus paaiškėjo, jog mažesnė šlaunies pritraukiamųjų raumenų jėga nustatyta grupėje su NANDS vertinant tiek dešinę koją ($70,94 \pm 13,83$ N/kg), tiek kairę koją ($65,76 \pm 15,51$ N/kg), palyginus su grupe be NANDS (atitinkamai $89,94 \pm 37,23$ N/kg, ($p = 0,03$) ir $87,47 \pm 33,95$ N/kg, ($p = 0,01$). Taip pat abiejų kojų šlaunies pritraukiamųjų raumenų jėga buvo mažesnė grupėje su NANDS ($131,76 \pm 26,8$ N/kg), palyginus su grupe be NANDS ($169,87 \pm 64,22$ N/kg ($p = 0,01$).

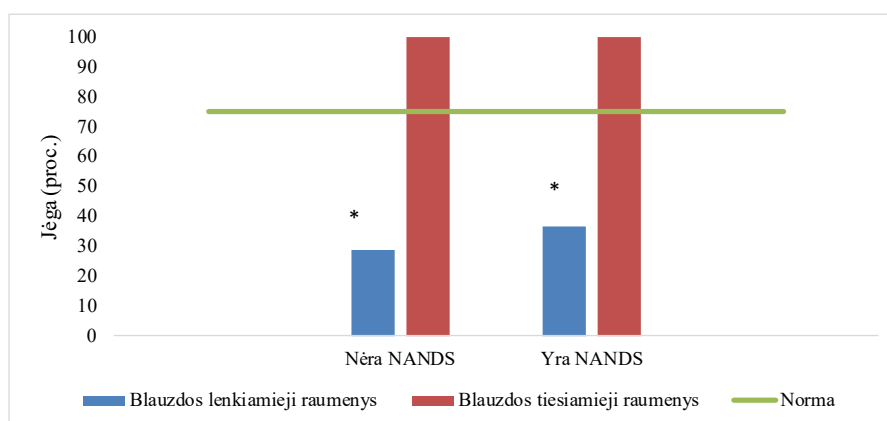
Blauzdos lenkiamųjų ir tiesiamųjų bei šlaunies atitraukiamųjų raumenų jėga tarp grupių nesiskyrė ($p > 0,05$) (2 pav.).



Pastaba: NANDS – nespecifinis apatinės nugaros dalies skausmas; * – $p < 0,05$.

2 pav. Tiriamųjų, jaučiančių nespecifinį nugaros skausmą ir jo nejaučiančių, apatinių galūnių raumenų jėga

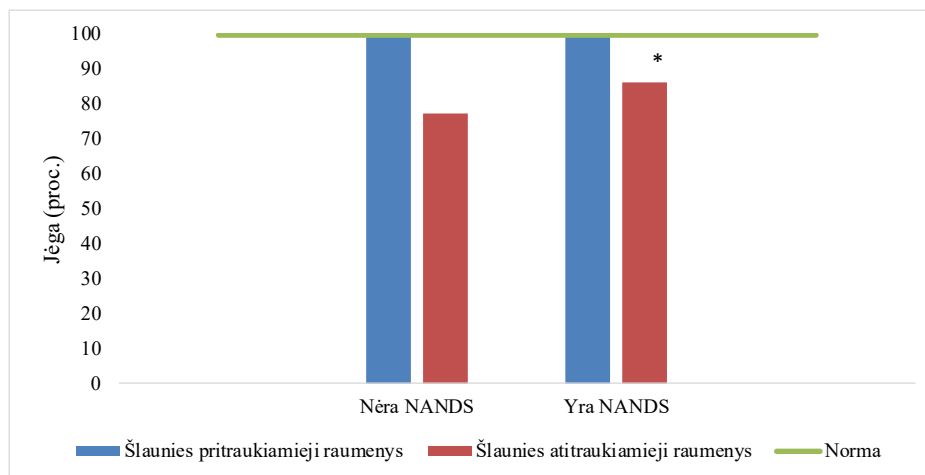
Vertinant abi tiriamųjų grupes palygintas raumenų agonistų ir antagonistų jėgos vidurkių santykis procentais. Grupėje be NANDS gautas tiesiamųjų ir lenkiamųjų blauzdos raumenų jėgos santykis buvo 28,82 proc., t. y. blauzdos lenkiamųjų raumenų jėga sudarė 28,82 proc. blauzdos tiesiamųjų raumenų jėgos. Grupėje su NANDS blauzdos lenkiamųjų raumenų jėga sudarė 36,6 proc. blauzdos tiesiamųjų raumenų jėgos ($p < 0,05$) (3 pav.).



Pastaba: NANDS – nespecifinis apatinės nugaros dalies skausmas; * – $p < 0,05$. Horizontalioji linija nurodo rekomenduojamą raumenų jėgos vidurkių santykį tarp blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų.

3 pav. Tiriamųjų, jaučiančių nespecifinį nugaros skausmą ir jo nejaučiančių, tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėgos santykis

Grupėje be NANDS šlaunies atitraukiamųjų raumenų jėga sudarė 77,51 proc. šlaunies pritraukiamųjų raumenų jėgos, o grupėje su NANDS šlaunies atitraukiamųjų raumenų jėga sudarė 86,26 proc. šlaunies pritraukiamųjų raumenų jėgos (4 pav.).



Pastaba: NANDS – nespecifinis apatinės nugaros dalies skausmas; * – $p < 0,05$. Horizontalioji linija nurodo rekomenduojamą raumenų jėgos vidurkio santykį tarp šlaunies pritraukiamųjų ir atitraukiamųjų raumenų.

4 pav. Tiriamųjų, jaučiančių nespecifinį nugaros skausmą ir jo nejaučiančių, šlaunies pritraukiamųjų ir atitraukiamųjų raumenų jėgos santykis

Kelio funkcinio stabilumo vertinimas nušokimo nuo pakylės testu. Didžioji dalis tiriamųjų, nejautusių NANDS (41 proc.), išlaikė kelių stabilumą nušokimo nuo pakylės metu ir tik 11 proc. jų pasireiškė funkcinis kelių nestabilumas. Tačiau grupėje, kurioje buvo jaučiamas NANDS, 38 proc. tiriamųjų keliai nušokimo fazėje buvo nestabilūs ir pasireiškė kelių pasisukimas į vidų; tik 9 proc. šios grupės tiriamųjų išlaikė funkcinį kelių stabilumą ($p < 0,01$).

4. DISKUSIJA

Šiame tyrime nustatyta, kad šlaunies ir blauzdos judesių amplitudės nepriklausė nuo juntamo NANDS. Daugumoje mokslinių tyrimų nagrinėjami juosmens, o ne apatinių galūnių, judesių amplitudžių pokyčiai. Tačiau kai kuriose sisteminėse mokslinių straipsnių apžvalgose analizuotos klubo sukimosi amplitudės sąsajos su NANDS. Pastebėta, jog NANDS turinčių asmenų šlaunies pasisukimo į vidų judesių amplitudė buvo asimetriška ar ribota, bet nė viename iš sisteminėje apžvalgoje analizuotų tyrimų nenustatyta ribotos šlaunies pasisukimo į išorę judesių amplitudės (Sadeghisani et al., 2015). Kitoje sisteminėje straipsnių apžvalgoje buvo ištirta, jog šlaunies pasisukimo į išorę ir į vidų amplitudės buvo mažesnės esant NANDS (Pizol et al., 2024). Kadangi rezultatai nevienodi, negalima teigti, kad šlaunies judesiai yra tiesiogiai susiję su NANDS, bet galima pastebėti tendenciją, jog, esant NANDS, šlaunies judesių amplitudė gali kisti.

Taip pat išsiaiškinta, kad dinaminės pusiausvyros rezultatai nepriklausė nuo tiriamųjų juntamo NANDS. Panašius rezultatus gavo ir mokslininkai, tyrę paaugles futbolininkes. Nustatyta, jog geresnė dinaminė pusiausvyra buvo tų, kurioms neskaudėjo apatinės nugaros dalies, tačiau rezultatai nebuvo statistiškai reikšmingi (Haag et al., 2016). Tokie rezultatai yra aiškinami tuo, kad jaunesni tiriamieji turi geresnę šlaunies judesių amplitudę, kuri gali kompensuoti NANDS. Be to, skausmo intensyvumas turi didelę įtaką dinaminės pusiausvyros rezultatams (Alshehre et al., 2021). Šiame tyrime vidutinis amžius

buvo jaunas, $28,2 \pm 4,4$ metų, todėl galima manyti, jog tiriamuosius veikė judesių amplitudės kompensacijos mechanizmas, dėl ko rezultatai tarp grupių statistiškai reikšmingai nesiskyrė.

Nustatyta, kad kelio sąnario funkcinis nestabilumas nušokimo nuo pakylės testo metu pasireiškė asmenims, patiriantiems NANDS. Tai galima sieti su tuo, jog, esant NANDS, sutrinka bendra kūno biomechanika ir motorinė kontrolė (Van Dieën et al., 2019) atliekant pliometrinis judesius, o šlaunies atitraukiamųjų raumenų jėgos neužtenka kelio sąnariui stabilizuoti, nes kelio sąnario vidinį poslinkį sukelia šlaunies pritraukimas, šlaunies pasisukimas į vidų ir pėdos eversija (Powers, 2010). Taip pat tai gali būti susiję ir su judesio baime, kuri gali atsirasti dėl NANDS. Apie tai rašoma moksliniame straipsnyje, kuriame nagrinėjama judesio baimės sąsaja su vertikaliu šuoliu viena koja (Hollman et al., 2009). Ištirta, jog klubo pasisukimas į vidų turėjo vidutinę tiesioginę koreliaciją su judesio baime, t. y. kuo didesnė baimė, tuo didesnė ir šlaunies vidinė rotacija (Hollman et al., 2009), o tai sukelia kelio sąnario *valgus* kampą. Kitame tyrime buvo tiriama dubens, šlaunikaulio, blauzdikaulio ir liemens segmentų kinematinės korekcija atliekant pritūpimus ant vienos kojos, norint išvengti kelio sąnario sukimosi į vidų. Nustatyta, jog kontroliuojant šlaunies pritraukimo judesį bei šlaunies pasisukimą į vidų ir didinant liemens lenkimą, kelio sąnario sukimasis į vidų sumažėjo. Todėl galima teigti, kad šie rodikliai priklauso vienas nuo kito (Graci & Salsich, 2015).

Asmenų, neįsijaučiančių NANDS, šlaunies pritraukiamųjų raumenų jėga buvo didesnė nei asmenų, kurie jautė NANDS. Blauzdos lenkimas ir tiesimas bei šlaunies atitraukimas tarp grupių nesiskyrė. Panašūs rezultatai užfiksuoti ir kituose tyrimuose, kuriuose taip pat nerasta reikšmingo skirtumo tarp grupių, vertinant skirtingų šlaunies raumenų jėgą (Marshall et al., 2011; Ceballos-Laita et al., 2023; Kazemkhani et al., 2022). Tai galima paaiškinti NANDS etiologijos įvairove, kuri apima ne tik raumenų jėgą, bet ir psichologinius veiksnius, pavyzdžiui, skausmo katastrofizavimą (Wippert et al., 2017). Tačiau kai kuriuose tyrimuose šlaunies pritraukiamųjų raumenų jėgos skirtumai tarp grupių buvo statistiškai reikšmingi – grupėje be NANDS ši jėga buvo didesnė (Pizol et al., 2023).

Analizuojant raumenų grupių santykius, tiek grupėje su NANDS, tiek grupėje be NANDS vyraavo blauzdos tiesiamųjų raumenų jėga, lyginant su lenkiamųjų raumenų jėga; skirtumas buvo statistiškai reikšmingas. Mokslinėje literatūroje idealus santykis tarp blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų yra apie 1:0,6 arba 1:0,75, tačiau, remiantis šio tyrimo duomenimis, lenkiamųjų raumenų jėga nepasiekė šios normos. Tai gali reikšti, kad dominuojantis keturgalvis raumuo prisideda prie dubens pasisukimo į priekį ir juosmeninės stuburo apkrovos didėjimo (Król et al., 2017).

Taip pat abiejose grupėse šlaunies pritraukiamųjų raumenų jėga buvo didesnė už atitraukiamųjų, nors, remiantis literatūra, jų santykis turėtų būti maždaug 1:1 (Magalhães et al., 2013). Sveikų žmonių raumenų jėgos santykis taip pat turėtų būti artimas idealiam, tačiau šio tyrimo grupėms tai nebūdinga. Be to, tyrimų, tiesiogiai nagrinėjančių pacientų su NANDS raumenų jėgos santykius, galima sakyti, nėra. Rezultatai rodo, kad blauzdos lenkiamųjų ir šlaunies atitraukiamųjų raumenų stiprinimas gali būti naudingas tiek pacientams su NANDS, tiek sveikiems asmenims, nes jėgos deficitas pastebėtas nepriklausomai nuo skausmo buvimo.

Taigi, NANDS neturi tiesioginės įtakos šlaunies ir blauzdos judesių amplitudėms bei dinaminės pusiausvyros rezultatams. Tačiau, esant NANDS, pastebimas kelio sąnario funkcinis nestabilumas, kuris gali būti susijęs su sutrikusia motorine kontrole ir biomechanika. Be to, nors šlaunies pritraukiamųjų raumenų jėga mažesnė esant NANDS, blauzdos lenkiamųjų ir šlaunies atitraukiamųjų raumenų stiprinimas gali būti naudingas tiek šiems pacientams, tiek sveikiems asmenims, nes jėgos deficitas nustatytas nepriklausomai nuo skausmo buvimo. Šie rezultatai pabrėžia svarbą įtraukti kompleksinį raumenų stiprinimą ir motorinės kontrolės gerinimą gydant ar prevenciškai saugant apatinę nugaros dalį.

5. IŠVADOS IR PERSPEKTYVOS

Tiriamųjų šlaunies ir blauzdos judesių amplitudės bei dinaminės pusiausvyros rodikliai nepriklausė nuo juntamo NANDS. Tačiau kelio sąnario funkcinis nestabilumas pasireiškė asmenims, jaučiantiems NANDS. Šlaunies pritraukiamųjų raumenų jėga buvo didesnė asmenims, kurie nejautė nugaros skausmo. Blauzdos lenkiamųjų ir šlaunies atitraukiamųjų raumenų jėga buvo mažesnė nei jų antagonistų, nepriklausomai nuo skausmo jutimo apatinėje nugaros dalyje. Ateityje rekomenduojame atlikti daugiau tyrimų, susijusių su kojų raumenų jėgos ir apatinių galūnių biomechanikos sąsajomis su NANDS.

Autoriaus indėlis: tyrimo idėja, V.J. ir K.Ž.; metodika, V.J. ir K.Ž.; patvirtinimas, V.J.; formali analizė, V.J. ir K.Ž.; ištyrimas, K.Ž.; ištekliai, V.J.; duomenų tvarkymas, K.Ž.; pirminės straipsnio versijos rengimas, K.Ž.; rašymas – peržiūra ir redagavimas, K.Ž. ir V.J.; vizualizacija, V.J. ir K.Ž.; priežiūra, V.J.; projekto administravimas, V.J. Visi autoriai perskaitė ir sutiko su paskelbta rankraščio versija.

Finansavimas: šis tyrimas negavo jokio išorinio finansavimo.

Informuoto asmens sutikimas: iš visų tyrime dalyvaujančių subjektų buvo gautas informuoto asmens sutikimas.

Interesų konfliktai: autoriai deklaruoja, kad interesų konflikto nėra.

Literatūra

- Aleku, M., Nelson, K., Abio, A., Lowery Wilson, M., & Lule, H. (2021). Lower back pain as an occupational hazard among Ugandan health workers. *Frontiers in Public Health*, 9, 761765. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.761765>
- Alshehre, Y., Alkhathami, K., Brizzolara, K., Weber, M., & Wang-Price, S. (2021). Reliability and validity of the Y-balance Test in young adults with chronic low back pain. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(3), 628–635. <https://doi.org/10.26603/001c.23430>
- Ceballos-Laita, L., Estébanez-de-Miguel, E., Jiménez-Rejano, J. J., Bueno-Gracia, E., & Jiménez-Del-Barrio, S. (2023). The effectiveness of hip interventions in patients with low-back pain: A systematic review and meta-analysis. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 27(2), 100502. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2023.100502>
- Chenot, J. F., Greitemann, B., Kladny, B., Petzke, F., Pflingsten, M., & Schorr, S. G. (2017). Non-specific low back pain. *Deutsches Arzteblatt International*, 114(51–52), 883–890. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2017.0883>
- GBD 2021 Low Back Pain Collaborators. (2023). Global, regional, and national burden of low back pain, 1990–2020, its attributable risk factors, and projections to 2050: A systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet. Rheumatology*, 5(6), e316–e329. [https://doi.org/10.1016/S2665-9913\(23\)00098-X](https://doi.org/10.1016/S2665-9913(23)00098-X)
- Graci, V., & Salsich, G. B. (2015). Trunk and lower extremity segment kinematics and their relationship to pain following movement instruction during a single-leg squat in females with dynamic knee valgus and patellofemoral pain. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(3), 343–347. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.04.011>

- Haag, T. B., Schneider, A. S., Beckmann, C., Handel, M., Schneider, C., & Mayer, H. M. (2016). A test battery to investigate back pain in female soccer players. *Sport Sciences for Health*, 12(3), 361–367. <https://doi.org/10.1007/s11332-016-0296-7>
- Hoglund, L. T., Hillstrom, H. J., Barr-Gillespie, A. E., Lockard, M. A., Barbe, M. F., & Song, J. (2014). Frontal plane knee and hip kinematics during sit-to-stand and proximal lower extremity strength in persons with patellofemoral osteoarthritis: A pilot study. *Journal of Applied Biomechanics*, 30(1), 82–94. <https://doi.org/10.1123/jab.2012-0244>
- Hollman, J. H., Ginos, B. E., Kozuchowski, J., Vaughn, A. S., Krause, D. A., & Youdas, J. W. (2009). Relationships between knee valgus, hip-muscle strength, and hip-muscle recruitment during a single-limb step-down. *Journal of Sport Rehabilitation*, 18(1), 104–117. <https://doi.org/10.1123/jsr.18.1.104>
- Janik, F., Toulotte, C., Seichepine, A. L., Masquelier, B., Barbier, F., & Fabre, C. (2021). Isometric strength database for muscle maximal voluntary endurance field tests: Normative data. *Sports Medicine – Open*, 7(1), 47. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00338-2>
- Kazemkhani, N., ShahAli, S., & Shanbehzadeh, S. (2022). Comparison of isometric strength of the trunk and hip muscle groups in female athletes with and without low back pain: A cross-sectional study. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*, 36, 62. <https://doi.org/10.47176/mjiri.36.62>
- Król, A., Polak, M., Szczygieł, E., Wójcik, P., & Gleb, K. (2017). Relationship between mechanical factors and pelvic tilt in adults with and without low back pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 30(4), 699–705. <https://doi.org/10.3233/BMR-140177>
- Krutulytė, G., Rimdeikienė, I., & Siparytė, B. (2019). *Klinikinės kineziterapijos praktikos pagrindai: Manualinis raumenų jėgos tyrimas. Goniometrija*. Naujasis lankas.
- Kumar, S., & Goyal, M. (2024). Effect of soft tissue mobilisation on somatic symptoms in chronic low back pain patients: A pilot pretest post-test randomised clinical trial. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 18, 119. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2024/75526.20036>
- Magalhães, E., Silva, A. P. M. C. C., Sacramento, S. N., Martin, R. L., & Fukuda, T. Y. (2013). Isometric strength ratios of the hip musculature in females with patellofemoral pain: A comparison to pain-free controls. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2165–2170. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318279793d>
- Marshall, P. W. M., Patel, H., & Callaghan, J. P. (2011). Gluteus medius strength, endurance, and co-activation in the development of low back pain during prolonged standing. *Human Movement Science*, 30(1), 63–73. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2010.08.017>
- Pietsch, A., Schröder, J., Reer, R., Edler, C., Kutasow, A., & Riepenhof, H. (2021). Referenzwerte in der isometrischen kraftdiagnostik: Messung von rumpfkraftwerten bei patienten mit rüschenschmerzen. *Der Orthopade*, 50(11), 946–954. <https://doi.org/10.1007/s00132-021-04091-y>
- Pizol, G. Z., Ferro Moura Franco, K., Miyamoto, G. C., & Cabral, C. M. N. (2023). Is there hip muscle weakness in adults with chronic non-specific low back pain? A cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 24(1), 798. <https://doi.org/10.1186/s12891-023-06920-x>
- Pizol, G. Z., Miyamoto, G. C., & Cabral, C. M. N. (2024). Hip biomechanics in patients with low back pain, what do we know? A systematic review. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 25, 415. <https://doi.org/10.1186/s12891-024-07463-5>

- Plisky, P., Schwartkopf-Phifer, K., Huebner, B., Garner, M. B., & Bullock, G. (2021). Systematic review and meta-analysis of the Y-Balance Test lower quarter: Reliability, discriminant validity, and predictive validity. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(5), 1190–1209. <https://doi.org/10.26603/001c.27634>
- Powers, C. M. (2010). The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: A biomechanical perspective. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(2), 42–51. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3337>
- Rahimi, A., Arab, A. M., Nourbakhsh, M. R., Hosseini, S. M., & Forghany, S. (2020). Lower limb kinematics in individuals with chronic low back pain during walking. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 51, 102404. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102404>
- Sadeghisani, M., Manshadi, F. D., Kalantari, K. K., Rahimi, A., Namnik, N., Karimi, M. T., & Oskouei, A. E. (2015). Correlation between hip rotation range-of-motion impairment and low back pain. A literature review. *Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja*, 17(5), 455–462.
- Sasaki, S., Tsuda, E., Yamamoto, Y., Maeda, S., Kimura, Y., Fujita, Y., & Ishibashi, Y. (2019). Core-muscle training and neuromuscular control of the lower limb and trunk. *Journal of Athletic Training*, 54(9), 959–969. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-113-17>
- Siqueira, M. S., Souto, L. R., Martinez, A. F., Serrão, F. V., & de Noronha, M. (2022). Muscle activation, strength, and volume in people with patellofemoral osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis and Cartilage*, 30(7), 935–944. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2022.01.013>
- van der Windt, D. A., Simons, E., Riphagen, I. I., Ammendolia, C., Verhagen, A. P., Laslett, M., Devillé, W., Deyo, R. A., Bouter, L. M., de Vet, H. C., & Aertgeerts, B. (2010). Physical examination for lumbar radiculopathy due to disc herniation in patients with low-back pain. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, (2), CD007431. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007431.pub2>
- Van Dieën, J. H., Reeves, N. P., Kawchuk, G., Van Dillen, L. R., & Hodges, P. W. (2019). Motor control changes in low back pain: Divergence in presentations and mechanisms. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 49(6), 370–379. <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.7917>
- Wippert, P.-M., Puschmann, A.-K., Arampatzis, A., Schiltenswolf, M., & Mayer, F. (2017). Diagnosis of psychosocial risk factors in prevention of low back pain in athletes (MiSpEx). *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 3. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2017-000295>
- World Health Organization. (2023, June 19). *Low back pain*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/low-back-pain>
- Zachovajevienė, B., Banionytė, J., Zachovajevs, P., & Bulotienė, D. (2010). Skersinio pilvo raumens jėgos ir nugaros skausmo ryšys nėštumo metu taikant kineziterapiją. *Baltic Journal of Sport and Health Sciences*, 2(77), 61–66. <https://doi.org/10.33607/bjshs.v2i77.386>
- Zaina, F., Marchese, R., Donzelli, S., Cordani, C., Pulici, C., McAviney, J., & Negrini, S. (2023). Current knowledge on the different characteristics of back pain in adults with and without scoliosis: A systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 12(16), 5182. <https://doi.org/10.3390/jcm12165182>

The Relationship Between Lower Limb Biomechanics and Muscle Strength With Non-Specific Low Back Pain

Kotryna Žaltauskaitė*, Vilma Juodžbalienė

Lithuanian Sports University, Department of Health Promotion and Rehabilitation, Kaunas, Lithuania

* Correspondence: kotzal@stud.lsu.lt; Tel. +370 647 45 145

Abstract

Background. The rising incidence of low back pain (LBP) poses a challenge in terms of pain-related healthcare costs and reduced work capacity. The main researched causes of LBP are such sociocultural and demographic aspects as sedentary work and age. Changes in body and step biomechanics have been found to be involved in the onset of LBP as well. However, analysis of lower limb biomechanics and muscle strength in relation to non-specific low back pain (NSLBP) is insufficient, thus the present study aims to explore this topic from a biomechanical and muscle strength perspective.

Aim. To determine the relationships between lower limb biomechanics, gluteal and thigh muscle strength, and NSLBP.

Methods. The study involved 34 participants (19 men and 15 women) divided into two groups. The first group consisted of individuals who experienced NSLBP ($n = 17$), while the second group included those who reported only minimal discomfort or no pain at all ($n = 17$). Pain intensity was assessed using the Visual Analogue Scale. The range of motion of the calf and thigh was measured with a goniometer, dynamic balance was evaluated using the Y Balance Test, lower limb biomechanics were assessed with a Step-Down Test, and the strength of the gluteal and thigh muscles was measured using the DIERS Myoline Professional system.

Results. NSLBP had no effect on thigh and calf range of motion or on dynamic balance results. Participants without NSLBP had significantly greater hip adductor strength compared to control group ($p = 0.01$). Calf flexor strength was significantly lower compared to extensor strength ($p < 0.05$), and hip abductor strength was significantly lower than adductor strength, regardless of NSLBP presence ($p < 0.05$).

Functional knee instability during the Drop Jump Test was observed in participants experiencing NSLBP ($p < 0.01$).

Conclusions. The subjects' thigh and calf range of motion and dynamic balance indicators were independent of perceived NSLBP. However, functional instability of the knee joint was observed in individuals with NSLBP. The strength of the thigh adductor muscles was greater in those without back pain. The strength of the calf flexors and thigh abductors was lower than that of their antagonists, regardless of the presence of low back pain.

Keywords: low back pain; dynamic balance; functional knee joint stability; dynamometry

Gauta 2025 05 01
Priimta 2025 06 03