

## Senzorimotorične okvare pri kronični ali funkcionalni nestabilnosti gležnja – sistematični pregled literature

### Sensorimotor impairments in chronic and functional ankle instability – systematic literature review

Tjaž Brezovar<sup>1</sup>

#### IZVLEČEK

**Uvod:** Zvin gležnja je akutna poškodba lateralnega ligamentarnega kompleksa zgornjega skočnega sklepa. Poškodba se pogosto ponovi, kar lahko vodi v kronično nestabilnost. Kot posledica se kažejo okvare pri senzorimotoričnem uravnavanju gibanja, zato je pomembno, da se jasno opredelijo. Te informacije so bistvene za določanje specifičnih terapevtskih ukrepov s ciljem izboljšati senzorimotorične funkcije pri pacientih z nestabilnostjo gležnja. **Metode:** Iskanje literature je potekalo s pregledom spletnih podatkovnih zbirk Pubmed in Web of Science decembra 2021. Omejili smo se na raziskave, objavljene v angleškem jeziku po letu 2010. **Rezultati:** V pregled literature je bilo vključenih 14 raziskav. Avtorji poročajo o najbolj očitnih okvarah na področju propriocepcije (zaznavanja sile v smeri everzije), o spremenjeni kinematiki hoje (večja plantarna fleksija in inverzija stopala ob prvem dotiku s peto) in o spremenjeni mišični aktivnosti (m. peroneus longus). **Zaključek:** Pacienti s kronično nestabilnostjo gležnja kažejo jasne senzorimotorične okvare in prilagoditve v primerjavi z nepoškodovanimi preiskovanci. Prilagoditve niso prisotne le na ravni povratnih zank, temveč tudi pri vnaprejšnjih aktivacijah motoričnih poti. To področje bi bilo smiselno podrobneje raziskati.

**Ključne besede:** gleženj, zvin, nestabilnost gležnja, propriocepcija, vnaprejšnja aktivacija motoričnih poti.

#### ABSTRACT

**Background:** Ankle sprain is an acute injury to the lateral ligamentous complex of the talocrural joint. It is prone to re-injury, which can lead to chronic instability. Recurrent ankle sprain may lead to impairments in sensorimotor control, so it is important to clearly define them. This information is essential for planning a specific therapeutic intervention to restore sensorimotor function in patients with ankle instability. **Methods:** We reviewed Pubmed and Web of Science databases in December 2021. We included only English articles published after 2010. **Results:** 14 studies were included in the final review. Authors reported the most significant impairments in proprioception (eversion force), changes in gait kinematics (more plantar flexion and foot inversion at initial foot contact), and changes in muscle activity (peroneus longus muscle). **Conclusions:** Patients with chronic ankle instability exhibit significant sensorimotor impairments and adaptations compared to the healthy subjects. Not only are there feedback deficits, but there are significant adaptations in the feed-forward mechanism. This area needs further research.

**Key words:** ankle, sprain, ankle instability, proprioception, feed-forward mechanism.

---

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

**Korespondenca/Correspondence:** asist. Tjaž Brezovar, mag. fiziot.; e-pošta: tjaz.brezovar@zf.uni-lj.si

Prispelo: 20.10.2022

Sprejeto:

**UVOD**

Zvin gležnja je akutna poškodba lateralnega ligamentarnega kompleksa zgornjega skočnega sklepa, ki je posledica hipersupinacije – kombinacija prekomerne inverzije s plantarno fleksijo in addukcijo ter notranjo rotacijo golenice. Najpogosteje je poškodovan anteriorni talofibularni ligament – ATF (1). Gre za eno najpogostejših poškodb med splošno in športno populacijo (2), vendar pogosto ni primerno obravnavana, saj kar 55 % pacientov z zvinom gležnja ne poišče strokovne pomoči (3), čeprav obstaja velika verjetnost, da se bo poškodba ponovila (4). Poškodba lateralnega ligamentarnega kompleksa lahko vodi v mehanično nestabilnost. Sočasna poškodba peronealnih mišic in kit, peronealnega živca in sklepnih proprioceptorjev pa lahko povzroči tudi funkcionalno nestabilnost, ki se kaže kot okvara živčno-mišičnega sistema in je lahko razlog za ponovno poškodbo (5).

Kronična nestabilnost gležnja je definirana kot stanje negotovosti gležnja (angl. giving way), ki je navadno posledica ponavljajočih se supinacijskih zvinov (6). Predvideva se, da od 30 % do 70 % tistih, ki so doživeli prvi zvin gležnja, razvije kronično nestabilnost gležnja, pri čemer se pogosto pojavijo subjektiven občutek nestabilnosti, otekanje in bolečina (6, 7). Kronično nestabilnost gležnja lahko opredelimo kot funkcionalno ali mehanično. Funkcionalna nestabilnost je definirana na podlagi poročanja pacienta. Zanj so značilne okvare senzomotoričnih funkcij in živčno-mišičnega sistema ter omejitve gibalnih dejavnosti. Za določanje mehanične nestabilnosti sta potrebna fizioterapevtski pregled in izvedba sprednjega predalčnega testa skočnice, saj je mehanična nestabilnost posledica povečane laksnosti ligamentov (8). Vedno več je dokazov, da so ponavljajoči se zvini gležnja razlog za razvoj artroze gležnja (9, 10). Kar štirje od petih primerov artroze v gležnju so posledica predhodne poškodbe (11), kar vpliva tudi na kakovost življenja (12).

Posledice ponavljajočih se poškodb gležnja se kažejo kot okvare na področju občutka za gibanje sklepa (kinestezija) in občutka za položaj sklepa (13); spremenjen občutek za silo (sposobnost preiskovanca, da ponovi silo z aktivacijo specifične mišične skupine) (14, 15); spremembe pri stopnji aktivnosti posameznih mišičnih skupin (15, 16);

spremenjena kinematika hoje in mišična aktivnost med hojo (17, 18) ter zmanjšano ravnotežje (19). Nekatero izmed naštetih okvar pojasnjuje Freemanova teorija oziroma model sklepne deaferentacije, ki jih opredeli kot posledico poškodbe receptorjev v vezeh in sklepni ovojnici ter njihovih aferentnih živčnih vlaken, zaradi katere ne pridobimo pravilne povratne informacije o položaju sklepa, ki bi lahko bil potencialno nevaren. Prav tako je reakcija pereonealnih mišic prepočasna, da bi preprečila poškodbo (20). Gre za uveljavljeno teorijo, ki pa se ne sklada z rezultati drugih raziskav (21, 22), v katerih kljub vbrizganju anestetika v lateralni ligamentarni kompleks in s tem blokadi mehanoreceptorjev v vezeh in sklepni ovojnicah niso zaznali pričakovanega zmanjšanja proprioceptije. Freemanova teorija temelji samo na modelu omenjenih povratnih zank (angl. feedback), ne upošteva pa modela vnaprejšnje aktivacije motoričnih poti (angl. feed-forward) (23).

Pacienti s kronično nestabilnostjo gležnja imajo okvare v senzomotoričnem sistemu, kar lahko vodi v ponavljajoče se poškodbe, zato je pomembno, da se jasno opredelijo. Te informacije so bistvenega pomena za določanje specifičnih terapevtskih ukrepov za obnavljanje funkcijskih sposobnosti pri pacientih z nestabilnostjo gležnja.

Namen tega sistematičnega pregleda je bil ugotoviti, katere senzomotorične funkcije so pri pacientih s kronično nestabilnostjo gležnja spremenjene v primerjavi z zdravimi preiskovanci, ne glede na mehanično ali funkcionalno nestabilnost. Naš cilj je bil pregledati novejšo literaturo s tega področja in izpostaviti senzomotorične spremembe, ki jih imajo pacienti s kronično nestabilnostjo gležnja. Te informacije so zelo pomembne za uspešno in ciljno usmerjeno fizioterapevtsko obravnavo pacientov s kronično nestabilnostjo gležnja ter kot izhodišče za nadaljnje raziskave.

**METODE**

Iskanje literature je potekalo s pregledom podatkovnih zbirk Pubmed (24) in Web of science (25) decembra 2021. Uporabili smo ključne besede gleženj, zvin in nestabilnost gležnja. V obeh podatkovnih zbirkah smo uporabili naslednji iskalni niz: (((ankle[Title/Abstract]) AND (proprio\*[Title/Abstract])) AND ("chronic ankle"

OR CAI[Title/Abstract] OR FAI[Title/Abstract])). Omejili smo se na raziskave, objavljene v angleškem jeziku po letu 2010.

Merila za vključitev so bila: članki v angleškem jeziku, objavljeni po letu 2010, v katerih so ugotavljali senzomotorične spremembe na področju gležnja pri preiskovancih s kronično nestabilnostjo gležnja in jih primerjali z zdravimi preiskovanci ali nepoškodovano kontralateralno stranjo. Izključene so bile vse raziskave, ki so vključevale terapevtske postopke (proprioceptivno vadbo ali vadbo za izboljšanje mišične moči, kirurški poseg, opornice itn.) ali v njih ni bilo jasno opredeljeno, da gre za preiskovance s kronično nestabilnostjo gležnja.

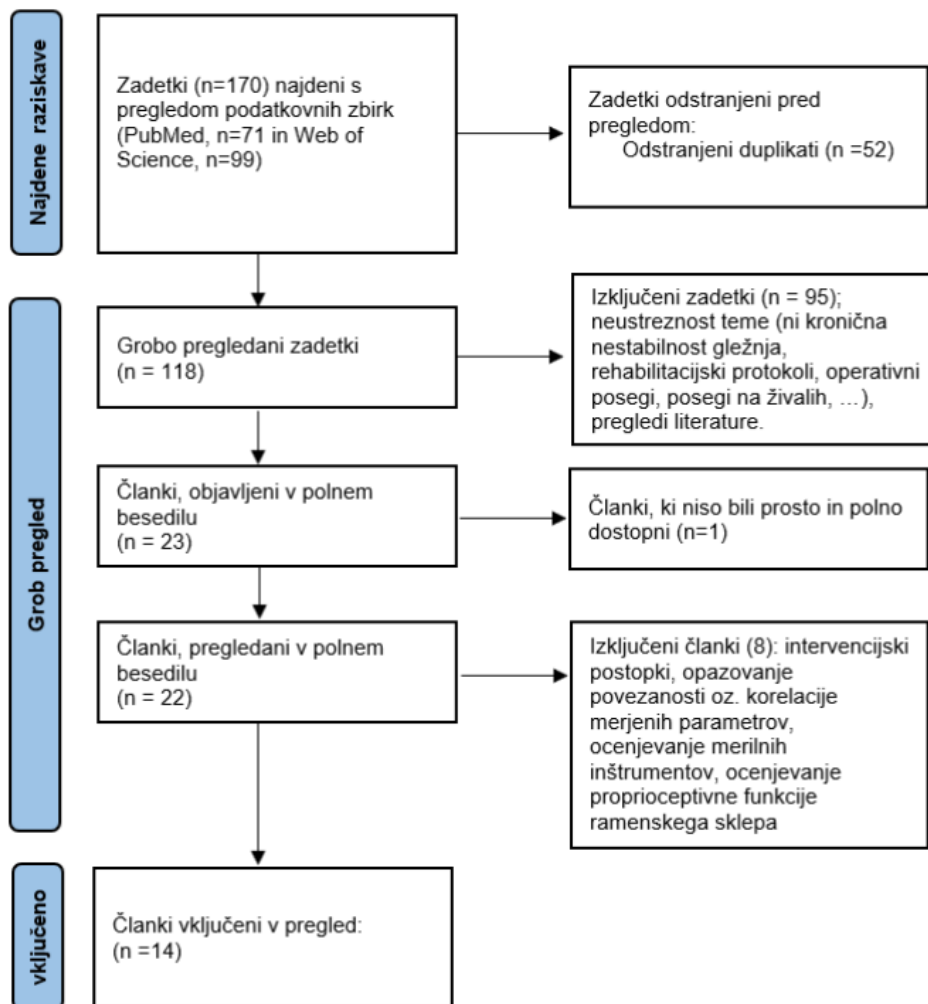
## REZULTATI

### Izbor raziskav

Na podlagi iskalnega niza je bilo najdenih 170 člankov. Po odstranitvi duplikatov (52) in grobem pregledu naslovov je bilo izločenih 147 člankov. Enega izmed 23 člankov ni bilo mogoče pridobiti v polnem besedilu. Po pregledanih člankih v polnem besedilu smo izločili še 8 raziskav. V končni pregled je bilo vključenih 14 raziskav (27–40). Postopek iskanja in izbire raziskav je prikazan na sliki 1.

### Značilnosti vključenih raziskav

V grobem lahko pregledane raziskave razdelimo na tiste, v katerih so ugotavljali spremembe občutka



Slika 1: Potek izbire raziskav pri pregledu literature na področju senzomotoričnega sistema pacientov s kronično nestabilnostjo gležnja po diagramu PRISMA (26)

za položaj in gibanja sklepa (27–31) in občutka za silo (32–35), mišično aktivnost (36, 37), kinematiko hoje (38, 39), ter na tiste, v katerih so opazovali več spremenljivk (40). Povprečna starost vključenih preiskovancev s kronično nestabilnostjo gležnja je bila med 20,0 in 31,5 leta, v primerjalni skupini zdravih preiskovancev pa med 20,3 in 29,1 leta. V splošnem so imele vse vključene raziskave dobro primerljive skupine. Merila za vključitev v skupino s kronično nestabilnostjo gležnja so bila primerljiva, vendar so se med posameznimi raziskavami razlikovala. Vsem raziskavam je bilo skupno, da so pacienti doživeli vsaj en zvin gležnja ter imeli subjektiven občutek popuščanja oziroma nestabilnosti. Število zvinov gležnja (od enkrat do trikrat) in obdobje zvina gležnja (med 6 in 12 meseci pred izvedbo raziskave) se je med raziskavami razlikovalo. V večini raziskav so kronično nestabilnost gležnja potrdili z vprašalniki, in sicer cumberlandovo orodje za nestabilnost gležnja (angl. The Cumberland Ankle Instability Tool – CAIT), vprašalnik za oceno sposobnosti gležnja in stopala (angl. Foot and Ankle Ability Measure – FAAM), indeks omejitev sposobnosti gležnja in stopala (angl. The Foot & Ankle Disability Index – FADI) in vprašalnik za oceno nestabilnosti gležnja (angl. Ankle Instability Instrument – AII) (preglednica 1).

### Izidi meritev propriocepcije

V dveh raziskavah (27, 28) so propriocepcijo merili z napravo za razlikovanje inverzije gležnja ob doskoku (angl. Ankle Inversion Discrimination Apparatus for Landing – AIDAL). Rezultati kažejo, da so pacienti s kronično nestabilnostjo gležnja med hojo v fazi opore ob dostopu statistično značilno slabše razlikovali položaj gležnja v različnih obsegih giba inverzije kot kontrolna skupina, prav tako je bila ugotovljena nizka korelacija med stopnjo CAIT in rezultati AIDAL (28). Opazili so tudi statistično značilno slabše razlikovanje vseh štirih položajev inverzije pri skupini s kronično nestabilnostjo gležnja (27). V eni raziskavi (31) so meritve opravili z napravo za razlikovanje aktivnega giba (angl. Active Movement Extent Discrimination Apparatus – AMEDA), pri čemer niso zaznali statistično pomembnih razlik med skupinama. Do razlik med skupinama pa je prišlo pri večkratnem ponavljanju testiranja, saj je skupina s funkcionalno nestabilnostjo gležnja pri

razlikovanju različnih položajev inverzije stopala napredovala počasneje kot kontrolna skupina.

Občutek za položaj sklepa so merili v treh raziskavah (29, 30, 40). V eni raziskavi (29) so ugotovili statistično značilno slabše zaznavanje supiniranega položaja gležnja preiskovancev s kronično nestabilnostjo gležnja v primerjavi s kontrolno skupino, pri drugih raziskavah (30, 40) pa niso opazili statistično pomembnih razlik. Razlike v občutku za silo so ugotavljali v petih raziskavah (29, 30, 33–35). Statistično značilno zmanjšan občutek za silo je bil ugotovljen v smeri pronacije in supinacije (29) ter v smeri everzije (30), v drugi raziskavi (34) pa so zaključili, da imajo pacienti s kronično nestabilnostjo gležnja statistično značilno slabšo natančnost v smeri inverzije v primerjavi s kontrolno skupino. Skupina s kronično nestabilnostjo gležnja je pri obeh gibih tudi statistično značilno slabše ohranjala enakomernost sile (angl. force steadiness) in natančnost sile pri 10 % maksimalne hotene izometrične kontrakcije. Pri skupini s funkcionalno nestabilnostjo gležnja je bila pri 30 % maksimalne hotene kontrakcije ugotovljena večja napaka pri ponovitvi sile v smeri everzije (35), prav tako rezultati raziskave kažejo, da pacienti s funkcionalno nestabilnostjo gležnja pri 10 % in 30 % maksimalne hotene kontrakcije ponovijo silo v smeri everzije z večjo absolutno napako v primerjavi s kontrolno skupino (33).

### Izidi meritev mišične aktivnosti

V dveh raziskavah (36, 37) so z elektromiografijo opazovali aktivnost mišic spodnjega uda pri lateralnem doskoku (36) in hoji (37). Pri pacientih s kronično nestabilnostjo gležnja je bila zaznana statistično značilno večja aktivnost m. peroneus longus in m. gluteus maximus tik pred doskokom, ni pa bilo opaziti statistično pomembnih razlik pri aktivnosti m. gluteus medius (36). V drugi raziskavi (37) so opazovali aktivnost mišic (m. peroneus longus, m. tibialis anterior, m. gastrocnemius lateral, m. biceps femoris, m. rectus femoris, m. gluteus medius) pri hoji. Mišici peroneus longus in rectus femoris sta se pri skupini s kronično nestabilnostjo gležnja aktivirali statistično značilno prej. Poleg tega je bila mišica peroneus longus pri skupini s kronično nestabilnostjo gležnja v celotni fazi zamaha med hojo aktivna dlje časa (37). Le v eni raziskavi (32) so proučevali maksimalni izokinetični navor, in sicer pri dveh kotnih hitrostih

Preglednica 1: Značilnosti preiskovancev in merila za vključitev

Raziskava	Značilnosti preiskovancev			Merila za vključitev KNG
	Število preiskovancev	Starost preiskovancev (leta)	Vrednosti CAIT	
Han et al. 2021 (28)	N: 36 (18 KNG in 18 KS)	KNG: 23,4 KS: 23,7	KNG: 21,2 ± 2,7; KS: 28,7 ± 1,1	- vsaj en zvin gležnja z eno ali več epizodami občutka nestabilnosti gležnja - vrednost CAIT < 24
Hagen et al. 2018 (29)	N: 40 (20 KNG in 20 KS)	KNG: 23,9 KS: 22,5	KNG: 14,8 ± 4,0; KS: 29,1 ± 0,8	- vsaj en zvin gležnja z eno ali več epizodami občutka nestabilnosti gležnja - vrednost CAIT ≤ 25*
Sousa et al. 2017 (30)	N: 44 (24 KNG in 20 KS)	KNG: 20,4 in 20,8 KS: 21,8	/	- merila Mednarodnega konzorcija za gleženj - brez vprašalnika CAIT ali AII*
Witchalls et al. 2014 (31)	N: 61 (36 KNG in 25 KS)	KNG: 22,7 KS: 24,7	/	- vrednost CAIT < 27* - brez podatka o popuščanju gležnja
Yu et al. 2021 (27)	N: 30 (15 KNG in 15 KS)	KNG: 23,9 KS: 23,1	KNG: 21,1 ± 3,33; KS: 28,9 ± 1,1	- vrednost CAIT < 24 - merila Mednarodnega konzorcija za gleženj - vsaj 1-krat v zadnjih 6 mesecih občutek popuščanja gležnja
Lee et al. 2021 (34)	N: 42 (21 KNG in 21 KS)	KNG: 22,2 KS: 22,7	/	- merila Mednarodnega konzorcija za gleženj - FAAM ADI (< 90 %) - FAAM SPORTS (< 80 %) - AII – 5x DA
Wright & Arnold, 2012 (33)	N: 64 (32 KNG in 32 KS)	KNG: Ž – 23,1 M – 27,3 KS: Ž – 22,8, M – 23,7	< 27 (brez povprečne vrednosti)	- Vrednost CAIT < 27* - vsaj 1-krat na mesec občutek popuščanja gležnja
Ko et al. 2020 (32)	N: 203	31,5	/	- pacienti, ki čakajo na operacijo zaradi KNG - vsi pacienti z izokinetičnimi testi in testi ravnotežja
Simon et al. 2013 (35)	N: 28 (14 FNG in 14 KS)	FAI: 20,8 KS: 21,2	/	- AII – 5x DA - občutek popuščanja gležnja (1–6 mesecev pred raziskavo)
Webster et al. 2016 (36)	N: 32 (16 KNG in 16 KS)	KNG: 22,0 KS: 20,5	/	- FAAM ADI (< 90 %) - FAAM SPORTS (< 80 %) - vsaj 1-krat v zadnjih 6 mesecih občutek popuščanja gležnja
Feger et al. 2015 (37)	N: 30 (15 KNG in 15 KS)	KNG: 23,0 KS: 22,9	/	- FAAM sport scale < 85 % - brez podatka o popuščanju gležnja*
Hamacher et al. 2016 (38)	N: 24 (12 KNG in 12 KS)	KNG: 24,0 KS: 27,0	/	- vsaj en zvin v zadnjih petih letih v zadnjih 12 mesecih vsaj 2-krat občutek popuščanja gležnja
Tavakoli et al. 2016 (39)	N: 40 (21 FNG in 19 KS)	FNG: 25,6 KS: 25,0	/	- FAAM ADI (< 90 %) - FAAM SPORTS (< 80 %) - sprednji predalčni test skočnice - test nagiba skočnice
Alghadir et al. 2020 (40)	N: 60 (30 KNG in 30 KS)	KNG: 21,4 KS: 22,1	/	- zvin gležnja 1. ali 2. stopnje - vsaj 3-krat v zadnjih 12 mesecih občutek popuščanja gležnja - test nagiba skočnice - sprednji predalčni test skočnice

KNG – kronična nestabilnost gležnja, FNG – funkcionalna nestabilnost gležnja, MNG – mehanična nestabilnost gležnja, N – število, KS – kontrolna skupina, M – moški, Ž – ženske, CAIT – Cumberlandovo orodje za nestabilnost gležnja (angl. *The Cumberland Ankle Instability Tool*), FAAM – Vprašalnik za oceno sposobnosti gležnja in stopala (angl. *Foot and Ankle Ability Measure*), FADI – indeks omejitev sposobnosti gležnja in stopala (angl. *The Foot & Ankle Disability Index*), AII – vprašalnik za oceno nestabilnosti gležnja (angl. *Ankle Instability Instrument*), AMEDA – naprava za razlikovanje aktivnega giba (angl. *Active Movement Extent Discrimination Apparatus*), AIDAL – naprava za razlikovanje inverzije gležnja ob pristanku (angl. *Ankle Inversion Discrimination Apparatus for Landing*), \* – ne upošteva meril Ankle Consortium, / – ni podatka.

(30°/s, 120°/s) za giba inverzije in everzije. Meritve so primerjali z nepoškodovano stranjo – nestabilen gleženj se je izkazal za statistično značilno šibkejšega v obeh smereh in kotnih hitrostih (32).

### **Kinematika hoje in teka**

V dveh raziskavah (38, 39) so s tridimenzionalnim sistemom infrardečih kamer za analizo gibanja merili spremembe v kinematiki teka (38) in hoje (39) pri pacientih s kronično nestabilnostjo gležnja v primerjavi z zdravimi. Ni bilo zaznanih statistično pomembnih razlik pri obsegih gibov inverzije/everzije oziroma plantarne/dorzalne fleksije med skupinama, ugotovljena pa je bila statistično značilna sprememba variabilnosti kinematike pri teku v frontalni ravnini (gib inverzije in everzije) pri pacientih s kronično nestabilnostjo gležnja – tako v fazi opore kot tudi fazi zamaha (38). Za giba plantarne in dorzalne fleksije niso ugotovili statistično pomembnih razlik v variabilnosti (38).

Pri sproščeni hoji na 10 metrov brez dodatnih kognitivnih nalog so zaznali razlike med opazovanima skupinama, in sicer je imela skupina s funkcionalno nestabilnostjo gležnja stopalo statistično značilno bolj v položaju inverzije pred prvim dotikom s peto in po njem. Pri skupini s funkcionalno nestabilnostjo gležnja se je ob izvajanju dodatne kognitivne naloge povečal obseg giba plantarne fleksije in inverzije v obdobju 200 ms pred prvim dotikom s peto in po njem, tako v primerjavi s sproščeno hojo brez dodatne kognitivne naloge kot tudi v primerjavi s kontrolno skupino (39).

### **RAZPRAVA**

V pregled literature smo uvrstili raziskave, v katerih so proučevali kronično ali funkcionalno nestabilnost gležnja. Termina za kronično nestabilnost gležnja (angl. CAI) in funkcionalno nestabilnost gležnja (angl. FAI) se prepletata in nista jasno definirana, na kar so opozorili tudi Delahunt in sodelavci (41), ki navajajo, da je v raziskavah, ki poročajo o nestabilnosti gležnja, prisotna nekonsistentnost pri uporabi terminov. Smiselno in potrebno bi bilo, da se naprej v raziskave vključujejo preiskovanci po merilih Mednarodnega konzorcija za gleženj (angl. International Ankle Consortium) (8), saj jih lahko le tako medsebojno kakovostno primerjamo, poleg tega pa je težko pričakovati okvare, značilne za

paciente s kronično nestabilnostjo gležnja, če so merila za vključitev preblaga in nedorečena. Avtorji navajajo, da bi moralo biti samoporočanje pacienta potrjeno z enim izmed vprašalnikov CAIT, AII in identifikacija funkcionalne nestabilnosti gležnja (angl. Identification of Functional Ankle Instability – IdFAI, vprašalnika FAAM in izid stopala in gležnja (angl. Foot and Ankle Outcome – FAOS) pa naj bi se uporabila le, ko je v raziskavi pomembno opredeliti stopnjo omejitve (8). Sicer je bil v pregledanih raziskavah najpogosteje uporabljeno merilo za vključitev občutek popuščenja gležnja in vsaj ena resna primarna poškodba (med prvim in petim letom pred raziskavo). V treh raziskavah niso vključili nobenega vprašalnika, tri raziskave so uporabile le vprašalnik FAAM, dve sta uporabili vprašalnik AII, preostale pa CAIT. Zanimivo je, da so raziskovalci pri vprašalniku CAIT postavili različne mejne vrednosti – pri slednjem bi morala biti meja za vključitev < 24 (8), vendar v treh vključenih raziskavah, ki so uporabile ta vprašalnik, ni bilo tako.

Vse vključene raziskave, v katerih so proučevali zaznavo sile (29, 30, 33–35) so poročale o okvarah, ki so bile najočitnejše v smeri everzije in pri nižjih stopnjah maksimalne hotene mišične kontrakcije. Pri teh meritvah se preverja zmožnost pacienta, da z določeno mišično skupino ponovi neko silo. Slabši rezultati pacientov s kronično nestabilnostjo gležnja bi bili lahko posledica zmanjšane propriocepcije zaradi okvare mišičnega vretena in golgijevih kitnih organov, ki so v mišicah in kitah poškodovanega sklepa (23). Ni povsem jasno, zakaj bi bila napaka večja pri nižjih stopnjah obremenitve maksimalne hotene mišične kontrakcije. Arnold in Docherty (42) navajata dva mehanizma, ki bi bila lahko razlog za ta pojav. Ko se poveča mišična kontrakcija, se poveča tudi število aktivnih motoričnih enot in s tem mišičnih vreten ter golgijevih kitnih organov, kar bi lahko povečalo periferno povratno informacijo. Večje obremenitve zahtevajo večjo centralno pobudo, kar lahko vpliva na močnejše descendente prilive iz možganskih motoričnih centrov.

Čprav so eno glavnih orodij za merjenje propriocepcije občutek za položaj sklepa in meritve kinestezije, pa ob pregledu literature nismo našli na veliko raziskav, ki bi uporabile to merilno orodje. Ugotovljen je bil slabši občutek za položaj sklepa v smeri supinacije (29), v smeri dorzalne in plantarne

fleksije (40), v eni izmed raziskav pa niso zaznali večjih razlik med opazovanima skupinama (30). Eden od razlogov za nasprotujoče si rezultate bi lahko bila tudi ekološka veljavnost uporabljenih merilnih instrumentov, ki je za občutek za položaj sklepa nizka (43), saj se protokoli za testiranje močno razlikujejo od normalne funkcije, v kateri gleženj večino časa deluje – to je zaprta kinetična veriga z obremenitvijo teže telesa. Preostale raziskave (27, 28, 31) so proprioceptivno funkcijo ugotovljale z AMEDA in AIDAL, ki imata večjo ekološko veljavnost (31, 43), saj se pri slednjih testiranje izvaja v funkcionalnem stoječem položaju z obremenitvijo teže telesa. V obeh raziskavah, pri katerih so meritve izvajali z AIDAL (27, 28), so zaključili, da je zaznavanje naklona ob dostopu pri pacientih s kronično nestabilnostjo gležnja slabše kot pri nepoškodovanih, kar kaže na to, da pacienti s kronično nestabilnostjo gležnja težje razločijo položaj stopala v zaprti kinetični verigi, ko je gleženj obremenjen s težo telesa.

Da je pri pacientih s kronično nestabilnostjo gležnja mišična aktivnost spremenjena, so izpostavili tudi v raziskavah (36, 37), v katerih so zaznali aktivnejšo m. peroneus longus pred prvim dotikom pete in po njem, med doskokom (36) in hojo (37). Kontrakcija mišic in napetost vezi ustvarita togost, ki služi kot dinamična omejitev za gibanje sklepa (44), kar bi lahko bil razlog za večjo aktivnost m. peroneus longus, saj ima slednja glavno vlogo pri omejevanju inverzije v subtalarnem sklepu, s čimer zagotavlja zaščito pred inverzijskim zvinom (45). Predhodne raziskave nakazujejo, da se refleksna aktivacija m. peroneus longus ne zgodi dovolj hitro, da bi preprečila poškodbo ob nenadni in nepričakovani inverziji (20, 46). Prav zato je za zaščito gležnja potrebna predpriprava z mišično aktivacijo pred dostopom (20). Zanimivo je, da niso zaznali vnaprejšnje aktivacije m. gluteus medius, ki ima sicer pomembno funkcijo v fazi opore med hojo in pri kateri je bila ugotovljena šibkejša maksimalna hotena izometrična kontrakcija pri pacientih s kronično nestabilnostjo gležnja (34). V raziskavi (47), ki sicer ni bila zajeta v ta pregled literature, so pri hoji ugotovili zmanjšano aktivnost m. gluteus medius pacientov s kronično nestabilnostjo gležnja.

Poleg spremenjene aktivnosti mišic so v dveh raziskavah (38, 39) opazili tudi spremembe v kinematiki teka (38) in hoje (39) pri pacientih s

kronično nestabilnostjo gležnja v primerjavi z zdravimi. Ugotovljeni sta bili povečana inverzija pred prvim dotikom pete in po njem (39) ter povečana variabilnost v smeri inverzije-everzije pri pacientih s kronično nestabilnostjo gležnja v fazi opore in fazi zamaha (38). Za učinkovit motorični odziv je potrebna vidna, vestibularna in somatosenzorna povratna informacija. Vnaprejšnja prilagoditev je nujna za zagotavljanje primerne stabilnosti v sklepu. Ta prilagoditev je pri pacientih z nestabilnostjo gležnja spremenjena, poleg tega je bilo dokazano, da je za integracijo senzoričnih informacij nujna tudi pozornost – očitno še toliko večja pri pacientih z nestabilnostjo gležnja. Predvideva se, da lahko neprimeren položaj stopala ob prvem dotiku pete poveča verjetnost za hiperinverzijsko poškodbo. Bolj ko je stopalo v položaju everzije, bolj se os subtalarnega sklepa pomakne medialno, v položaju inverzije pa se pomakne bolj proti lateralni strani, zato bo invertirano stopalo, ki je obremenjeno s težo telesa, ob vsakem koraku težilo k večji inverziji – ob tem se povečuje strižna sila in s tem navor, kar lahko vodi v popuščanje gležnja. V omenjenem primeru mišice, ki izvajajo pronacijo, niso zmožne zadržati položaja sklepa v času obremenitve teže telesa, predvsem če upoštevamo, da so že tako šibkejše v primerjavi z zdravimi (48).

Poudariti je treba, da sta bili pregledani le dve podatkovni zbirki, iskanje pa omejeno na zadnjih 12 let, kar je ena izmed pomanjkljivosti tega pregleda literature, poleg tega je bil pregled zastavljen zelo široko, zato je število raziskav, ki bi bile med seboj primerljive, majhno, kar je otežilo interpretacijo rezultatov.

## ZAKLJUČEK

Pacienti s kronično nestabilnostjo gležnja kažejo jasne senzorimotorične okvare in prilagoditve v primerjavi z nepoškodovanimi preiskovanci pri proprioceptiji, mišični aktivnosti, kinematiki hoje in teka. Pri proprioceptiji je okvara najizrazitejša pri ponovitvi sile mišic, ki izvajajo gib everzije – ta je najočitnejša pri nižjih stopnjah maksimalne hotene izometrične kontrakcije. Pri interpretaciji proprioceptivnih okvar je treba upoštevati tudi ekološko veljavnost merilnih instrumentov. Za ocenjevanje občutka za položaj sklepa je smiselna uporaba orodij, ki vključujejo obremenitev gležnja s težo telesa, kot sta na primer AIDAL in AMEDA.

Pri mišični aktivnosti bi izpostavili m. peroneus longus, ki se aktivira prej in je tudi aktivna skozi daljše obdobje faze koraka, kar bi lahko bila posledica vnaprejšnje aktivacije motoričnih poti. Prav tako je pri hoji opaziti spremenjeno kinematiko, predvsem povečano plantarno fleksijo in inverzijo ob prvem dotiku s peto, kar bi lahko bil razlog za občutek popuščanja gležnja. Glede na pregledano literaturo lahko zaključimo, da poleg mehanizma povratnih zank obstaja pri pacientih s kronično nestabilnostjo gležnja v precejšnji meri spremenjena tudi vnaprejšnja aktivacija motoričnih poti, ki ima gotovo pomembno vlogo pri zaščiti gležnja pred ponovno poškodbo, vendar mehanizem delovanja še ni popolnoma jasen. To bi bilo dobro podrobneje raziskati.

## LITERATURA

- Golanó P, Vega J, de Leeuw PAJ, Malagelada F, Manzanares MC, Götzens V, et al. (2010). Anatomy of the ankle ligaments: A pictorial essay. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18(5): 557–69.
- Al-Mohrej OA, Al-Kenani NS (2016). Chronic ankle instability: Current perspectives. *Avicenna J Med* 6(4): 103–8.
- Cooke MW, Lamb SE, Marsh J, Dale J (2003). A survey of current consultant practice of treatment of severe ankle sprains in emergency departments in the United Kingdom. *Emerg Med J* 20(6), 505–7.
- Herzog MM, Kerr ZY, Marshall SW, Wikstrom EA (2019). Epidemiology of ankle sprains and chronic ankle instability. *J Athl Train* 54(6): 603–10.
- Hertel J (2000). Functional Instability Following Lateral Ankle Sprain. *Sport Med* 29(5): 361–71.
- Mphil MSY, Chan K-M, Mphil CHS, Yuan WY (1994). An epidemiological survey on ankle sprain. *Br J Sp Med* 28(2): 112–6.
- Braun BL (1999). Effects of Ankle Sprain in a General Clinic Population 6 to 18 Months After Medical Evaluation. *Arch Fam Med* 8(2): 143–8.
- Gribble PA, Delahunt E, Bleakley CM, Caulfield B, Docherty CL, Fong DTP, et al. (2014). Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: A position statement of the international ankle consortium. *J Athl Train* 49(1): 121–7.
- Hiller CE, Nightingale EJ, Raymond J, Kilbreath SL, Burns J, Black DA, et al. (2012). Prevalence and impact of chronic musculoskeletal ankle disorders in the community. *Arch Phys Med Rehabil* 93(10): 1801–7.
- Brown TD, Johnston RC, Saltzman CL, Marsh JL, Buckwalter JA (2006). Posttraumatic Osteoarthritis: A First Estimate of Incidence, Prevalence, and Burden of Disease. *J Orthop Trauma* 20(10): 739–44.
- Saltzman CL, Zimmerman MB, O'rourke M, Brown TD, Buckwalter IA, Johnston R (2006). Impact of comorbidities on the measurement of health in patients with ankle osteoarthritis. *J Bone Joint Surg* 88(11): 2366–72.
- Caine DJ, Golightly YM (2011). Osteoarthritis as an outcome of paediatric sport: An epidemiological perspective. *Br J Sports Med* 45(4): 298–303.
- Xue X, Ma T, Li Q, Song Y, Hua Y (2021). Chronic ankle instability is associated with proprioception deficits: A systematic review and meta-analysis. *J Sport Health Sci J* 10(2): 182–91.
- Docherty CL, Arnold BL, Hurwitz S (2006). Contralateral force sense deficits are related to the presence of functional ankle instability. *J Orthop Res* 24(7): 1412–9.
- Wilkerson GB, Pinerola Jase J, Caturano Robert W (1997). Invertor vs. evertor peak torque and power deficiencies associated with lateral ankle ligament injury. *J Orthop Sports Phys Ther* 26(2): 78–86.
- Hartsell HD, Spaulding SJ (1999). Eccentric/concentric ratios at selected velocities for the invertor and evertor muscles of the chronically unstable ankle. *Br J Sports Med* 33(4): 255–8.
- Becker HP, Rosenbaum D, Claes L, Gerngroß S (1997). Dynamische Pedographie zur Abklärung der funktionellen Sprunggelenkinstabilität. *Unfallchirurg* 100(2): 133–9.
- Monaghan K, Delahunt E, Caulfield B. Ankle function during gait in patients with chronic ankle instability compared to controls (2006). *Clin Biomech* 21(2): 168–74.
- Mckee PO, Hertel J (2008). Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I: Can deficits be detected with instrumented testing? *J Athl Train* 43(3): 293–304
- Konradsen L, Voigt M, Hojsgaard C (1997). Ankle inversion injuries the role of the dynamic defense mechanism. *Am J Sports Med* 25(1): 54–8.
- Konradsen L, Ravn JB, Sørensen AI (1993). Proprioception at the ankle: the effect of anaesthetic blockade of ligament receptors. *J Bone Joint Surg* 75(3): 433–6.
- Hertel JN, Guskiewicz KM, Kahler DM, Perrin DH (1996). Effect of lateral ankle joint anesthesia on center of balance, postural sway, and joint position sense. *J Sport Rehabil* 5(2): 111–9.
- Hertel J (2008). Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. *Clin Sports Med* 27(3): 353–70.
- PubMed Central. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/>, 15. 12. 2021.



25. Web of Science Group. <https://mjl.clarivate.com/search-results>, 15. 12. 2021.
26. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Int J Surg* 8(5): 336–41.
27. Yu R, Yang Z, Witchalls J, Adams R, Waddington G, Han J (2021). Kinesiology tape length and ankle inversion proprioception at step-down landing in individuals with chronic ankle instability. *J Sci Med Sport* 24(9): 894–9.
28. Han J, Yang Z, Adams R, Ganderton C, Witchalls J, Waddington G (2021). Ankle inversion proprioception measured during landing in individuals with and without chronic ankle instability. *J Sci Med Sport* 24(7): 665–9.
29. Hagen M, Lemke M, Lahner M (2018). Deficits in subtalar pronation and supination proprioception in subjects with chronic ankle instability. *Hum Mov Sci* 57: 324–31.
30. Sousa ASP, Leite J, Costa B, Santos R (2017). Bilateral proprioceptive evaluation in individuals with unilateral chronic ankle instability. *J Athl Train* 52(4): 360–7.
31. Witchalls JB, Waddington G, Adams R, Blanch P (2014). Chronic ankle instability affects learning rate during repeated proprioception testing. *Phys Ther Sport* 15(2): 106–11.
32. Ko KR, Lee H, Lee WY, Sung KS (2020). Ankle strength is not strongly associated with postural stability in patients awaiting surgery for chronic lateral ankle instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 28(1): 326–33.
33. Wright CJ, Arnold BL (2012). Fatigue's effect on eversion force sense in individuals with and without functional ankle instability. *J Sport Rehabil* 21(2): 127–36.
34. Lee H, Jun Son S, Kim H, Han S, Seeley M, Ty Hopkins J (2021). Submaximal force steadiness and accuracy in patients with chronic ankle instability. *J Athl Train* 56(5): 454–60.
35. Simon J, Garcia W, Docherty CL (2013). The effect of kinesio tape on force sense in people with functional ankle instability. *Clin J Sport Med* 24(4): 289–94.
36. Webster KA, Pietrosimone BG, Gribble PA (2016). Muscle activation during landing before and after fatigue in individuals with or without chronic ankle instability. *J Athl Tr* 51(8): 629–36.
37. Feger MA, Donovan L, Hart JM, Hertel J (2015). Lower extremity muscle activation in patients with or without chronic ankle instability during walking. *J Athl Tr* 50(4): 350–7.
38. Hamacher D, Hollander K, Zech A (2016). Effects of ankle instability on running gait ankle angles and its variability in young adults. *Clin Biomech* 33: 73–8.
39. Tavakoli S, Forghany S, Nester C (2016). The effect of dual tasking on foot kinematics in people with functional ankle instability. *Gait Posture* 49: 364–70.
40. Alghadir AH, Iqbal ZA, Iqbal A, Ahmed H, Ramteke SU (2020). Effect of chronic ankle sprain on pain, range of motion, proprioception, and balance among athletes. *Int J Environ Res Public Health* 17(15): 1–11.
41. Arnold BL, Docherty CL (2006). Low-load eversion force sense, self-reported ankle instability, and frequency of giving way. *J Athl Tr* 41(3): 233–8.
42. Han J, Waddington G, Adams R, Anson J, Liu Y (2016). Assessing proprioception: A critical review of methods. *J Sport Health Sci J* 5(1): 80–90.
43. Hertel J (2002). Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *J Athl Tr* 37(4): 364–75.
44. Ashton-Miller JA, Ottaviani RA, Hutchinson C, Wojtys EM (1996). What best protects the inverted weightbearing ankle against further inversion? Evertor muscle strength compares favorably with shoe height, athletic tape, and three orthoses. *Am J Sports Med* 24(6): 800–9.
45. Isakov E, Mizrahi J, Solzi P, Susak Z, Lotem M (1986). Response of the peroneal muscles to sudden inversion of the ankle during standing. *Sports Biomech* 2(2): 100–9.
46. De Jong AF, Koldenhoven RM, Hart JM, Hertel J (2020). Gluteus medius dysfunction in females with chronic ankle instability is consistent at different walking speeds. *Clin Biomech* 73: 140–8.
47. Tropp H (2002). Commentary: Functional Ankle Instability Revisited. *J Athl Tr* 37(4): 512–5.
48. Delahunt E, Coughlan GF, Caulfield B, Nightingale EJ, Lin CWC, Hiller CE (2010). Inclusion criteria when investigating insufficiencies in chronic ankle instability. *Med Sci Sports Exerc* 42(11): 2106–21.