

Kinetika in kinematika navpičnega skoka pri pacientih s patelarno tendinopatijo

Kinetics and kinematics of a vertical jump in patients with patellar tendinopathy

Jan Strajnar¹, Alan Kacin¹

IZVLEČEK

Uvod: Patelarna tendinopatija je pogosta poškodba, ki se pojavi pri posameznikih, ki veliko skačejo. Raziskave kažejo, da se kinetika in kinematika spodnjega uda pri navpičnem skoku pri ljudeh s patelarno tendinopatijo spremeni, a vzorec ni jasen. **Namen:** Ovrednotiti pomen kinetike in kinematike odziva in doskoka pri navpičnem skoku pri ljudeh s patelarno tendinopatijo. **Metode dela:** Literaturo smo iskali v podatkovni zbirki PubMed. Vključitveni kriterij je bila povezava med patelarno tendinopatijo ter kinetiko in kinematiko navpičnega skoka. **Rezultati:** Od skupno 194 prosto dostopnih člankov smo jih v pregled vključili pet. Rezultati kažejo, da imajo ljudje s patelarno tendinopatijo statistično pomembno zmanjšano fleksijo v kolku in kolenu, spremenjene navore ter položaje kolka in kolena v frontalni ravnini, spremenjeno gibanje v gležnju in drugačne reakcijske sile tal ter manjši ekstenzijski navor v kolenu. Nekatere raziskave niso ugotovile pomembnih razlik med ljudmi s tendinopatijo in brez nje v posameznih merjenih parametrih. **Razprava in zaključek:** Ugotovitve raziskav niso enoznačne, zato ni mogoče z gotovostjo razločevati, katera odstopanja v kinetiki in kinematiki navpičnega skoka so vzrok za nastanek patelarne tendinopatije in katera so njena posledica. Potrebne so dodatne raziskave s kakovostnejšo in bolj poenoteno metodologijo.

Ključne besede: skakalčevo koleno, biomehanika, šport, koleno, doskok.

ABSTRACT

Introduction: Patellar tendinopathy is a common injury among individuals who frequently participate in jumping activities. Research indicates that the kinetics and kinematics of the lower limb during a vertical jump are altered in people with patellar tendinopathy, although the specific pattern remains unclear. **Purpose:** To evaluate the significance of take-off and landing kinetics and kinematics during a vertical jump in individuals with patellar tendinopathy. **Methods:** The literature was searched using the PubMed database. The inclusion criterion was the association between patellar tendinopathy and the kinetics and kinematics of the vertical jump. **Results:** Of 194 freely accessible articles, five were included in the review. The results show that individuals with patellar tendinopathy exhibit a statistically significant reduction in hip and knee flexion, altered moments and positions of the hip and knee in the frontal plane, altered ankle movement, different ground reaction forces, and a reduced knee extension moment. Some studies did not find significant differences between individuals with and without tendinopathy in several parameters. **Discussion and Conclusion:** The findings of the studies are inconsistent; therefore, it is not possible to determine definitively which deviations in the kinetics and kinematics of the vertical jump are the cause of patellar tendinopathy and which are its consequence. Further research with higher-quality and more standardised methodology is needed.

Key words: jumper's knee, biomechanics, sport, knee, landing.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: Jan Strajnar, dipl. fiziot.; e-pošta: 1anStra1nar@gmail.com

Prispelo: 03. 10. 2025

Sprejeto: 06. 05. 2026

UVOD

Patelarna tendinopatija (PT), imenovana tudi skakalčevo koleno, je ena izmed pogostih mišično-skeletnih preobremenitvenih poškodb športnikov, ki veliko skačejo. Njen najpogostejši simptom je bolečina na distalnem robu pogačice, ki se pojavi pri obremenitvah kolena in omejuje tako športne dejavnosti kot tudi dejavnosti vsakodnevnega življenja (1). Predvideva se, da so za pojav PT pomembne mikropoškodbe pogačične tetive oziroma ligamenta in njegova lokalna degeneracija na narastišču na pogačico. V ligamentu se izgublja normalna poravnava kolagenskih vlaken. Zaradi proliferacije fibroblastov in neovaskularizacije se poveča število celic, vendar v odsotnosti vnetnih celic in prostaglandinov, kar je značilno za globoko degeneracijo ligamenta brez prisotnosti vnetja (2). Značilni klinični manifestaciji PT sta specifična bolečina v anteriornem delu kolena in občutljivost, lokalizirana na distalnem delu pogačice. Diagnoza se postavi predvsem na podlagi klinične slike pacienta, vendar jo lahko dopolnjujejo ultrazvočni slikovni izvidi, ki kažejo zadebelitev ligamentov in značilno heterogeno jakost odboja (2). Natančna anamneza in klinični pregled sta bistvena za razlikovanje PT od drugih mišično-skeletnih okvar (3). Victorian Institute of Sports Assessment for the Patellar tendon (VISA-P) je razvil vprašalnik, ki je podlaga za načrtovanje zdravljenja PT (1). Najprimernejši klinični test, ki se lahko uporabi za določanje PT, je enonožni počep na podlagi s 25° naklonom naprej (4). Čeprav morfoloških sprememb v patelarnem ligamentu verjetno ni mogoče v celoti odpraviti, je simptome na splošno mogoče zdraviti konzervativno, zlasti s fizioterapijo. Terapija PT je na začetku usmerjena v zmanjševanje bolečine, čemur sledi postopno povečevanje obremenitve ligamenta s stopnjevano vadbo proti upor, nato z vadbo hitre mišične moči (pliometrična vadba), stopnjevanjem funkcijske in športno specifične dejavnosti ter se konča s prehodom v normalen športni trenajni proces (1).

Po že skoraj petih desetletjih raziskovanja PT še vedno ni znan celoten proces njenega nastanka in tudi ne optimalni postopki njenega zdravljenja (2). Prepoznanih je bilo več dejavnikov, ki povečajo tveganje za nastanek PT. Povečanje obsega in/ali pogostosti športne vadbe sta najpogostejša zunanja (ekstrinzična) dejavnika, ki lahko sprožita PT (5), (6). Prepoznano je bilo a tudi vrsta notranjih

(intrinzičnih) dejavnikov tveganja za nastanek PT, med njimi telesna višina in teža, zmanjšan ali asimetričen obseg gibljivosti sklepov in dolžine spodnjih udov, valgus položaj kolena ter dolžina in zmogljivost kolenskih mišic. Ugotovljena je bila na primer povezava med skrajšavo tako sprednjih kot zadnjih stegenskih mišic in pojavom PT, večja jakost stegenskih mišic pa je bila povezana z zmanjšanjem bolečine in izboljšanjem gibalne funkcije (7). Poleg antropometričnih značilnosti posameznika se v novejših raziskavah kot notranji dejavniki tveganja za nastanek PT prepoznavajo tudi spremembe v kinetiki in kinematiki spodnjega uda, vendar njihov pomen pri nastanku PT še ni dobro pojasnjen (8). Kinetika je veja mehanike, ki preučuje gibanje teles in sile, ki ga povzročajo, kinematika pa opisuje gibanje telesa brez analize delovanja sil (9). Veji se dopolnjujeta in omogočata celostno biomehansko analizo gibanja.

Namen pregleda literature je bil analizirati kinetiko in kinematiko navpičnega skoka pri pacientih s patelarno tendinopatijo in ugotoviti, če lahko vplivata na nastanek patelarne tendinopatije.

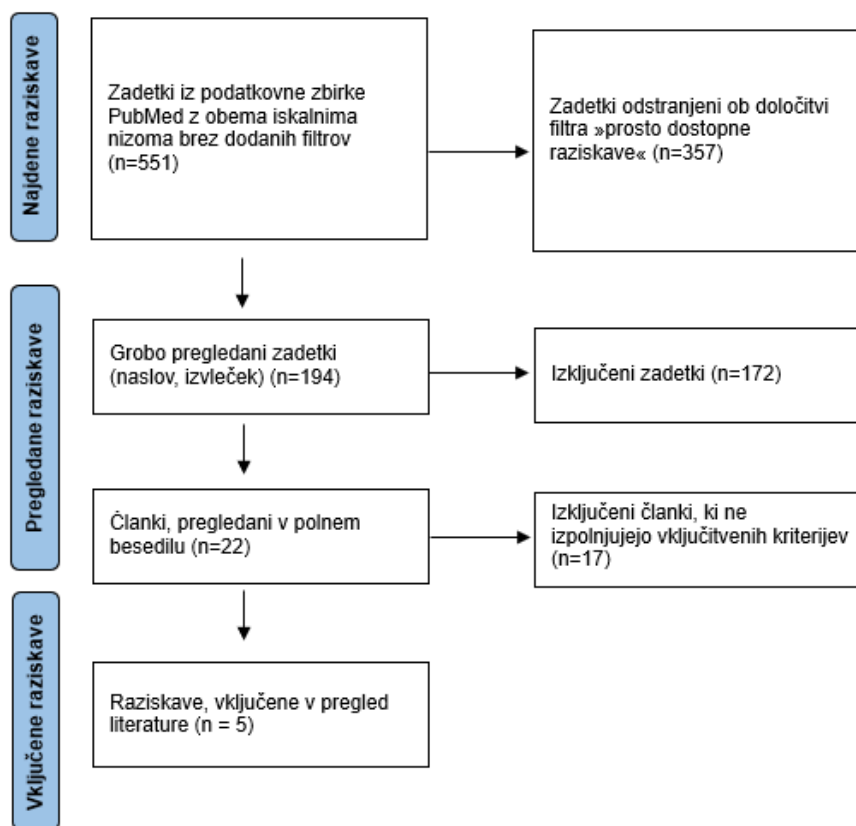
METODE

Literatura je bila iskana v podatkovni zbirki PubMed. Z iskalnim geslom »jumper's knee« AND »vertical jump biomechanics« OR »vertical jump kinematics and kinetics« smo našli 374 virov, od katerih jih je bilo prosto dostopnih 125. Izmed teh 125 so bili glede na naslov in vsebino izvlečka izbrani trije članki. Iskanje smo ponovili z geslom »patellar tendinopathy« AND »vertical jump biomechanics« OR »vertical jump kinematics and kinetics«, ki je vrnil 177 virov, od teh je bilo 69 prosto dostopnih; glede na naslov in izvleček sta bila izbrana dva članka. Vključitveni kriterij je bila analiza povezave med PT ter kinetiko in kinematiko navpičnega skoka. Izključevali smo vire, ki so PT povezovali z drugimi dejavniki tveganja, preučevali zdravljenje PT, študije primerov in raziskave, ki so preučevale osebe z drugimi vzroki peripatelarne bolečine.

REZULTATI

Natančen potek iskanja primernih virov za pregled literature je predstavljen na PRISMA diagramu (slika 1).

Preiskovanci v raziskavah, vključenih v pregledu



Slika 1: Postopek iskanja ustrezne literature, prikazan z diagramom PRISMA (10)

literature, so bili precej različni, razlikovali so se tudi vidiki biomehanske analize, ki so jih preučevali (preglednica 1). V vseh raziskavah so za merjenje kinematike uporabili optoelektronsko video analizo gibanja markerjev, nameščenih na specifične anatomske točke preiskovancev, ki so jo dopolnili še z različnimi tehnikami merjenja sil, najpogosteje silomernimi ploščami.

Izvedba navpičnega skoka, ki so ga analizirali, se je med raziskavami razlikovala v več pomembnih elementih. V raziskavah avtorjev Rosen in sod. (11), Prietrossimone in sod. (12), Lazaro in sod. (13) ter Biseling in sod. (14) so preiskovanci izvajali različne globinske skoke. V raziskavi avtorjev Rosen in sod. (11) so preiskovanci po ogrevanju najprej izvedli tri maksimalne navpične skoke, pri čemer je bil zabeležen najvišji doseg, nato pa so izvedli globinski skok s 40 cm visoke skrinje, ki mu je sledil navpični skok do 50 % maksimalne višine. Pri tem so uporabljali silomerne plošče in meritve izvajali v fazi doskoka. V naslednji raziskavi avtorjev Prietrossimone in sod. (12) so preiskovanci izvajali maksimalne globinske skoke s 30 cm visoke

skrinje z doskokom na silomerni plošči. Udeleženci so bili razdeljeni v tri skupine: v prvo skupino so dodelili udeležence, ki so imeli ultrazvočno potrjeno PT in trenutno prisotno bolečino, v drugo skupino udeležence, ki so imeli ultrazvočno potrjeno PT, vendar so bili trenutno brez bolečine, in v tretjo skupino udeležence, ki so imeli normalen ultrazvočni izid in nikoli niso imeli bolečine v patelarnem ligamentu. V raziskavi Lazaro in sod. (13) so preiskovanci izvajali maksimalne globinske skoke s 30 cm visoke skrinje, nameščene na silomerni plošči. Poleg tega so izvedli še 3 nize testa petih korakov enonožnega sestopanja s 15 cm visoke stopnice, prav tako nameščene na silomerno ploščo. Merili so tako fazo odrida kot fazo doskoka. V raziskavi Biseling in sod. (14) so preiskovancem naročili, naj izvajajo globinske skoke s klopce, visoke 30, 50 in 70 cm. Z vsake višine so izvedli niz petih skokov. Poklicne odbojkarje so avtorji glede na rezultat modificiranega VISA-P vprašalnika razdelili v 3 skupine: v skupino brez simptomov s preteklo PT (angl. previous jumper's knee, PJK), v skupino z izraženimi simptomi PT (angl. recent jumper's knee, RJK) in v kontrolno skupino brez

Preglednica 1: Specifike biomehanske analize posameznih raziskav in ključne lastnosti preiskovancev

Raziskava	Vidik kinetike in kinematike v raziskavi	Število preiskovancev po skupinah	Starost preiskovancev po skupinah	Telesna aktivnost preiskovancev
Pietrosimone et al., 2021 (12)	kinetične in kinematične meritve doskoka med globinskim skokom	KON: n = 15 ASIM: n = 15 SIM: n = 13	KON: 19,60 ± 1,55 leta ASIM: 21,13 ± 1,88 leta SIM: 19,62 ± 1,61 leta	poklicni športniki (košarka, odbojka, frisbi, nogomet, lacrosse, rokomet in ameriški nogomet)
Obara et al., 2022 (15)	kinetične in kinematične meritve odrida in doskoka pri napadalnem udarcu	KON: n = 7 skupina s PT: n = 6	KON: 20,3 ± 3,2 leta skupina s PT: 19,5 ± 1,9 leta	poklicni odbojkarji
Rosen et al., 2015 (11)	kinematično merjenje doskoka med globinskim skokom	KON: n = 30 skupina s PT: n = 30	KON: 21,5 ± 3,0 leta skupina s PT: 21,3 ± 3,2 leta	rekreativni športniki
Lazaro et al., 2021 (13)	kinetično in kinematično merjenje odrida in doskoka pri enonožnem sestopanju s stopnice in dvonožnih globinskih skokih	KON: n = 11 skupina s PT: n = 11	KON: 30,7 ± 4,5 leta skupina s PT: 31,7 ± 5,0 leta	ni podatka
Bisseling et al., 2007 (14)	kinetične in kinematične meritve doskoka med globinskim skokom	KON: n = 8 PJK: n = 7 RJK: n = 9	KON: 23,6 ± 2,5 leta PJK: 22,4 ± 2,6 leta RJK: 24,1 ± 3,3 leta	poklicni odbojkarji

PT – patelarna tendinopatija, KON – kontrolna skupina, PJK – zgodovina PT, RJK – pojav PT pred kratkim, SIM – skupina s simptomi, ASIM – skupina s PT brez simptomov.

bolečin ali zgodovine PT. V raziskavi Obara in sod. (15) so preiskovanci izvedli tri maksimalno visoke skoke, ki so simulirali napadalne udarce oziroma skoke med igro odbojke (angl. spike jumps). Meritve so izvajali med fazo odrida in doskoka.

Kinematika navpičnega skoka

Vsi analizirani članki so poročila raziskav, v katerih so preučevali povezave med kinematiko spodnjega uda v fazi doskoka po navpičnem skoku in PT. V raziskavi avtorjev Rosen in sod. (11) so udeleženci delili v skupino s PT in kontrolno skupino. Udeleženci s PT so imeli občutno zmanjšano fleksijo kolka in kolena v primerjavi z zdravimi osebami. Skupina s PT je imela tudi manjšo spremembo kota v sagitalni ravnini v kolku in kolenu v primerjavi s kontrolno skupino. V raziskavi avtorjev Lazaro in sod. (13) je bila v frontalni ravnini pri preiskovancih s PT izmerjena bistveno večja addukcija obeh kolkov kot pri

zdravih preiskovancih, v sagitalni ravnini pa niso zaznali statistično pomembnih razlik v obsegih gibanja sklepov med skupinama. V transversalni ravnini so imeli preiskovanci s PT med sestopanjem s stopnice in pri doskoku z navpičnega globinskega skoka pomembno večjo everzijo gležnja kot zdravi posamezniki. Rezultati Pietrosimone in sod. (12) so zaznali pomemben vpliv PT na obseg fleksije kolena, in sicer so imeli preiskovanci s simptomatsko PT najmanjšo, preiskovanci z asimptomatsko PT nekoliko večjo in zdravi posamezniki največjo fleksijo kolena pri doskoku. Razlika med simptomatsko in asimptomatsko skupino sicer ni bila statistično značilna. V raziskavi Bisseling in sod. (14) so ugotovili statistično značilno razliko v obsegu dorzalne fleksije gležnja med skupinami, pri čemer je bila ta izrazito nižja v skupini z nedavnim pojavom PT (skupina RJK). V primerjavi s preostalimi raziskavami pa rezultati raziskave avtorjev Obara in sod. (15) niso odkrili

Preglednica 2: Ključni rezultati kinematične analize navpičnega skoka

Raziskava	Kinematika gibanja	
	Kontrolna skupina	Eksperimentalna skupina
Obara et al., 2022 (15)	Brez statistično pomembnih razlik med skupinama.	
Rosen et al., 2015 (11)	fleksija kolka: 67,2° fleksija kolena: 82,5°	fleksija kolka: 59,2° * fleksija kolena: 74,8° **
Lazaro et al., 2021 (13)	največja addukcija kolka med DVJ: 2,7° ± 6,3° največja addukcija kolka med SLSD: 17,0° ± 3,8° everzija med DVJ: 21,1° ± 5,9° everzija med SLSD: 15,6° ± 5,5°	največja addukcija kolka med DVJ: -5,6° ± 4,2° ** največja addukcija kolka med SLSD: 12,5° ± 4,4° * everzija med DVJ: 14,8° ± 5,5° * everzija med SLSD: 9,0° ± 6,0° *
Pietrosimone et al., 2021 (12)	povprečna razlika med SIM in KON skupino v fleksiji kolena med fazo doskoka: 15,83° ± 2,71° ** povprečna razlika med ASIM in KON skupino v fleksiji kolena v začetni fazi doskoka: 9,55° ± 0,61° * V sagitalni ravnini kolena ni bilo opaženih razlik.	
Bisseling et al., 2007 (14)	dorzalna fleksija stopala: 6,716° (30 cm) 7,983° (50 cm) 9,695° (70 cm)	dorzalna fleksija stopala (skupina RJK): 1,578° (30 cm)** 2,143° (50 cm)** 5,307° (70 cm)**

DVJ – drop vertical jump test, SLSD – single leg step down test, KON – kontrolna skupina, SIM – simptomatska skupina, ASIM – asimptomatska skupina, RJK – skupina z nedavnim pojavom PT, * – označuje statistično pomembno razliko glede na kontrolno skupino pri $p < 0,05$, ** – označuje statistično pomembno razliko glede na kontrolno skupino pri $p < 0,01$.

nobenih statistično pomembnih razlik v kinematiki kolenskega sklepa pri doskoku med posamezniki z in brez PT. Podrobnejši rezultati vključenih raziskav so predstavljeni v preglednici 2.

Kinetika navpičnega skoka

Štirje izmed predstavljenih člankov so podrobno preučevali kinetiko navpičnega skoka. Avtorji Obara in sod. (15) so izmerili delovanje reakcijske sile tal med odzivom in doskokom na kolenski sklep. Vektorji reakcijskih sil tal med odzivom in doskokom zdravega spodnjega uda so bili usmerjeni proti medialnemu delu kolena in tako v kolenu povzročali navor v smeri ekstenzije, abdukcije (valgus) in zunanje rotacije, na spodnjem udu s PT pa so bili usmerjeni proti medialnemu delu kolena in tako v kolenu povzročali navor v smeri ekstenzije, addukcije (varus) in notranje rotacije. Razlika v največjem navoru kolena med spodnjim udom z in brez PT je bila statistično značilna v sagitalni (ekstenzija-fleksija) in frontalni (abdukcija-addukcija) ravnini. Pietrosimone in sod. (12) so ugotovili, da so preiskovanci s simptomatsko PT razvili manjšo silo v patelarnem

ligamentu in posledično manjši ekstenzijski navor kolena med fazo doskoka kot zdravi in asimptomatski preiskovanci; med slednjimi ni bilo statistično pomembnih razlik. Bisseling in sod. (14) so izmerili večji ekstenzijski navor v kolenu pri posameznikih v kontrolni skupini v primerjavi s posamezniki v RJK-skupini. Prav tako so izmerili pomembno večjo moč ekstenzorjev kolena pri posameznikih v kontrolni in PJK-skupini v primerjavi s posamezniki v RJK-skupini. Rosen in sod. (11) so zaznali nekatere razlike med zdravimi posamezniki in posamezniki s PT v kinematiki navpičnega skoka, sile med doskokom pa se med skupinama niso razlikovale. Podrobni rezultati kinetične analize vključenih raziskav so predstavljeni v preglednici 3.

RAZPRAVA

Rezultati pregleda literature kažejo, da imajo preiskovanci s patelarno tendinopatijo pri navpičnem skoku zmanjšano fleksijo v kolku in kolenu (11), spremenjene položaje kolka in kolena v frontalni ravnini (13), zmanjšan obseg dorzalne fleksije v gležnju (14), zmanjšan ekstenzijski navor

Preglednica 3: Rezultati kinetičnih parametrov v pregledanih raziskavah

Raziskava	Kinetika gibanja	
	Kontrolna skupina	Eksperimentalna skupina
Obara et al., 2022 (15)	navor v levem kolenu med odzivom: abd: $4,14 \times 10^{-2}$ Nm ZR: $1,07 \times 10^{-2}$ Nm navor v levem kolenu med doskokom: abd: $4,57 \times 10^{-2}$ Nm	navor v levem kolenu med odzivom: abd: $-7,42 \times 10^{-2}$ Nm ** ZR: $-8,57 \times 10^{-2}$ Nm * navor v levem kolenu med doskokom: abd: $-2,49 \times 10^{-2}$ Nm **
Rosen et al., 2015 (11)	Ni opaznih statistično pomembnih razlik med skupinama.	
Pietrosimone et al., 2021 (12)	povprečna razlika v ekstenzijskem navoru kolena med SIM in KON v zgodnji fazi doskoka: $0,04 \pm 0,004$ Nm ($d = 1,21 \pm 0,08$) * povprečna razlika v sili v patelarnem ligamentu med SIM in KON: $0,85 \pm 0,15$ telesne teže ($d = 1,15 \pm 0,15$) * povprečna razlika v sili v patelarnem ligamentu med SIM in ASIM: $0,66 \pm 0,15$ telesne teže ($d = 1,22 \pm 0,08$) * povprečna razlika v moči ekstenzorjev kolena med SIM in KON: $0,48 \pm 0,06$ W ($d = 1,24 \pm 0,17$) * povprečna razlika med SIM in ASIM v moči ekstenzorjev kolena: $0,20 \pm 0,01$ W ($d = 1,14 \pm 0,08$) *	
Bisseling et al., 2007 (14)	povprečna vrednost v kolenu pri DVJ iz vseh treh višin: LR Vgrf = 17,877 N ekstenzijski navor = 0,232 Nm moč ekstenzorjev kolena = 0,728 W	povprečna vrednost v kolenu pri DVJ iz vseh treh višin: LR Vgrf: PJK = 27,266 N * ekstenzijski navor: RJK = 0,179 Nm ** moč ekstenzorjev kolena: RJK = 0,540 W **

DVJ – drop vertical jump test, KON – kontrolna skupina, SYM – simptomatska skupina, ASIM – asimptomatska skupina, RJK – skupina s PT pred kratkim, PJK – skupina z zgodovino PT, LR Vgrf – reakcijska sila, tal prilagojena na dolžino spodnjega uda, * – označuje statistično pomembno razliko glede na kontrolno skupino pri $p < 0,05$, ** – označuje statistično pomembno razliko glede na kontrolno skupino pri $p < 0,01$, d – velikost učinka ($d > 0,8$ pomeni visoko velikost učinka).

v kolenu (12, 14, 15) ter spremenjeno velikost in smer delovanja reakcijskih sil tal na koleno (15). Avtorji dveh od pregledanih raziskav (12, 15) med navpičnim skokom niso zaznali pomembnih razlik v kinematiki spodnjih udov v sagitalni ravnini med preiskovanci s PT in zdravimi preiskovanci.

V nedavni kohortni raziskavi Kraszewski in sod. (16) so pri moških univerzitetnih košarkarjih ugotovili, da se jim z večanjem obsega abnormalnega tkiva v patelarnem ligamentu in s slabšanjem rezultata VISA-P pri doskoku z navpičnega skoka zmanjša reakcijska sila tal, poveča hitrost fleksije kolka in kolena in malenkost poveča obseg dorzalne fleksije v gležnju (16). Ti

rezultati večinoma sovpadajo z ugotovitvami našega pregleda, razen povečanja obsega dorzalne fleksije v gležnju. Bisseling in sod. (14) so namreč v skupini s PT izmeril 4–6° manjšo dorzalno fleksijo gležnja kot pri zdravih posameznikih, Kraszewski in sod. (16) pa so ugotovili približno 2° povečanje. Neposredna primerjava sicer ni povsem ustrezna, saj gre v prvem primeru za razliko med različnima skupinam preiskovancev (14), v slednji pa je sprememba nastala pri preiskovancih s PT, ko se jim je stanje poslabšalo (16). Da je dorzalna fleksija v gležnju pri posameznikih s PT praviloma manjša, potrjujejo tudi ugotovitve Aiyegbusi in sod. (17), ki so pri afriških poklicnih odbojkarjih in košarkarjih zaznali značilen vzorec

premosorazmerne povezanosti med frekventnostjo in resnostjo simptomov PT ter skrajšavo zadnjih stegenskih mišic, povečano pronacijo stopala, zmanjšano dorzalno fleksijo stopala, večji Q-kot (pri moških) in povečano torzijo golenice (pri ženskah) (17). Za jasnejše vplive PT na gibljivost gležnja so potrebne nadaljnje raziskave.

Nekatere razlike v kinetiki in kinematiki navpičnega skoka med posamezniki s PT in tistimi brez nje, ki smo jih identificirali s pregledom literature, so verjetno posledica refleksne spremembe gibalnega vzorca s ciljem razbremenitve patelarnega ligamenta in zmanjšanja bolečine, druge pa so možen vzrok za nastanek PT. Domnevamo torej, da sta zmanjšana fleksija kolena in kolka ter zmanjšana dorzalna fleksija gležnja med odzivom in doskokom sekundarna prilagoditev, ki zmanjša obremenitev patelarnega ligamenta in s tem provokacijo bolečine. Nasprotno pa položajne spremembe v frontalni ravnini (abdukcija/addukcija kolka, anatomske ali funkcijske valgus/varus kolena in everzija/inverzija gležnja) povzročajo večje in bolj neenakomerne obremenitve patelarnega ligamenta, zato so lahko primarni vzrok preobremenitve patelarnega ligamenta in s tem nastanka PT.

Nekonsistentne ugotovitve so lahko posledica metodoloških razlik med raziskavami. Vključeni preiskovanci so se razlikovali glede ravni telesne dejavnosti in vrste športne discipline. Večina jih je bila poklicnih odbojkarjev, preostali so bili košarkarji, metalci frisbija, nogometaši, igralci lacrossa, rokometarji in igralci ameriškega nogometa; nekaj je bilo tudi rekreativnih športnikov neopredeljenih disciplin, v raziskavi avtorjev Lazaro in sod. (13) podatka o športni aktivnosti sploh ne navajajo. Vsak šport ima svoje specifične gibalne vzorce in obremenitve patelarnega ligamenta, zato so lahko ugotovitve v raziskavah različne. Prav tako sta se merilna in programska oprema za zbiranje in analizo podatkov med raziskavami močno razlikovali. Ker so razlike v merjenih kinematičnih in kinetičnih parametrih skoka navadno majhne, so lahko razlike v analizi in obdelavi podatkov vplivale na statistično značilnost rezultatov. Poleg tega so se razlikovale tudi vrste skokov, ki so jih proučevali, in sicer so bili uporabljeni na primer sonožni skoki z ravne podlage, globinski sonožni skoki in enonožni

sestopanje s stopnice. Razlike v višini, s katere so izvajali globinske skoke, neposredno vplivajo na rang velikosti sil podlage, ki delujejo na spodnji ud, kar lahko pojasni, da so bile zaznane razlike med skupinami bolj značilne pri večji globini skoka. Razlike so se pojavile tudi pri sestavljanju raziskovalnih skupin. Avtorji Obara in sod. (15), Rosen in sod. (11) in Lazaro in sod. (13) so v svojih raziskavah preiskovance delili v kontrolno skupino in eksperimentalno skupino s PT. Avtorji Pietrosimone in sod. (12) in Bisseling in sod. (14) so preiskovance s PT razdelili še v dodatni dve podskupini, kar je lahko razlog za nekoliko drugačne zaključke kot druge raziskave. S podskupinami so primerjali razlike med preiskovanci s PT glede na dva kriterija: ali so simptomatski ali ne ter ali so imeli PT pred kratkim ali le enkrat davno v svojem življenju. Taka delitev v podskupine je smiselna, saj je le tako mogoče razločevati, kaj so vzroki in kaj posledice PT. Za natančnejšo analizo sprememb in odkrivanje njihove vzročne povezanosti z nastankom PT so torej potrebne dodatne, metodološko kakovostnejše raziskave na večjih vzorcih.

Pomembna metodološka omejitev tega pregleda literature je, da je iskanje virov potekalo le v podatkovni zbirki PubMed, ki je sicer po obsegu največja zbirka s področja medicine in sorodnih ved. Zato je zaključke treba interpretirati zadržano in podatke v prihodnje dopolniti z ugotovitvami sorodnih raziskav, indeksiranih v drugih podatkovnih zbirkah.

ZAKLJUČEK

Rezultati pregleda literature kažejo, da imajo preiskovanci s patelarno tendinopatijo pri navpičnem skoku zmanjšano fleksijo v kolku, kolenu in gležnju, spremenjene položaje kolka in kolena v frontalni ravnini (varus/valgus), zmanjšan navor in moč ekstenzorjev kolena ter spremenjeno velikost in smer delovanja reakcijskih sil tal na koleno. Iz do zdaj objavljenih podatkov v znanstveni literaturi ni mogoče z gotovostjo ugotoviti, katere kinetične in kinematične značilnosti gibanja spodnjih udov so vzrok za nastanek patelarne tendinopatije in katere so njena posledica; torej prilagoditev gibanja zaradi provokacije bolečine. Predpostavljamo, da je zmanjšana fleksija kolka, kolena in gležnja sekundarni prilagoditveni mehanizem, s katerim se

med odzivom in doskokom zmanjša obremenitev patelarnega ligamenta in posledično bolečina, spremenjeni položaji in navori kolka ter kolena v frontalni ravnini pa so možen primarni vzrok za nastanek patelarne tendinopatije, saj povzročajo neenakomerno obremenitev patelarnega ligamenta. Prihodnje raziskave bi morale zajeti večje vzorce in sistematično preučiti spremembe v kinetiki in kinematiki spodnjega uda glede na čas nastanka in izraženost simptomov patelarne tendinopatije.

LITERATURA

1. Rudavsky A, Cook J (2014). Physiotherapy management of patellar tendinopathy (jumper's knee). *Journal of Physiotherapy*. 60: 122–9. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2014.06.022>.
2. Dan M, Parr W, Broe D, Cross M, Walsh WR (2018). Biomechanics of the knee extensor mechanism and its relationship to patella tendinopathy: a review. *Journal of Orthopaedic Research*. 2018 Dec; 36(12): 3105–12. <https://doi.org/10.1002/jor.24120>.
3. Calmbach WL, Hutchens M (2003). Evaluation of patients presenting with knee pain: part II. differential diagnosis. *American Family Physician*. 2003; 68(5): 917–22.
4. Purdam CR, Cook JL, Hopper DM, Khan KM, Group NVTs (2003). Discriminative ability of functional loading tests for adolescent jumper's knee. *Physical Therapy in Sport*, 4(1), 3–9. [https://doi.org/10.1016/s1466-853x\(02\)00069-x](https://doi.org/10.1016/s1466-853x(02)00069-x).
5. Visnes H, Bahr R (2012). Training volume and body composition as risk factors for developing jumper's knee among young elite volleyball players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(5), 607–13. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01430.x>.
6. Ferretti A (2012). Epidemiology of jumper's knee. *Sports Medicine* 3, 289–95 (1986). <https://doi.org/10.2165/00007256-198603040-00005>.
7. Crossley KM, Thancanamootoo K, Metcalf BR, Cook JL, Purdam CR, Warden SJ (2007). Clinical features of patellar tendinopathy and their implications for rehabilitation. *Journal of Orthopaedic Research*, 25(9), 1164–75. <https://doi.org/10.1002/jor.20415>.
8. Malliaras P, Barton CJ, Reeves ND, Langberg H (2013). Achilles and patellar tendinopathy loading programmes: a systematic review comparing clinical outcomes and identifying potential mechanisms for effectiveness. *Sports Medicine*, 43(4), 267–86. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0019-z>.
9. Hibbeler RC (2016). *Engineering Mechanics: Dynamics* (14th ed.). Pearson.
10. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann T C, Mulrow CD, Shamseer L, Tetzlaff JM, Akl EA, Brennan SE, Chou R, Glanville J, Grimshaw JM, Hróbjartsson A, Lalu MM, Li T, Loder EW, Mayo-Wilson E, McDonald S, Moher D (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ (Clinical research ed.)*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
11. Rosen AB, Ko J, Simpson KJ, Kim S, Brown CN (2015). Lower Extremity Kinematics during a drop jump in individuals with patellar tendinopathy. *Orthopedic Journal of Sports Medicine* 2015 Mar 18; 3(3): 2325967115576100. <https://doi.org/10.1177/2325967115576100>.
12. Pietrosimone LS, Blackburn JT, Wikstrom EA, Berkoff DJ, Docking SI, Cook J, Padua DA (2021). Differences in biomechanical loading magnitude during a landing task in male athletes with and without patellar tendinopathy. *Journal of Athletic Training*. 2021 Apr 22; 57(11–12): 1062–71. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0548.20>.
13. Lazaro RM, Souza RB, Luke AC (2021). Patellar mobility and lower limb kinematics during functional activities in individuals with and without patellar tendinopathy. *Knee*. 2021 Jun;30: 241–8. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2021.04.002>.
14. Bisseling RW, Hof AL, Bredeweg SW, Zwerver J, Mulder T (2007). Relationship between landing strategy and patellar tendinopathy in volleyball. *British Journal of Sports Medicine* 2007. Jul; 41(7): e8. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2006.032565>.
15. Obara K, Chiba R, Takahashi M, Matsuno T, Takakusaki K (2022). Knee dynamics during take-off and landing in spike jumps performed by volleyball players with patellar tendinopathy. *The Journal of Physical Therapy Science*. 2022 Feb; 34(2): 103–9. <https://doi.org/10.1589/jpts.34.103>.
16. Kraszewski A, Harris K, Argentieri E, Toresdahl B, Drakos M, Hillstrom H, Allen A, Nwawka OK (2024). Association between longitudinal changes in patellar tendon abnormality and land-jump biomechanics in male collegiate basketball players. *Orthopedic Journal of Sports Medicine* 2024 Sep 6; 12(9): 23259671241261354. <https://doi.org/10.1177/23259671241261354>.
17. Aiyegbusi A, Tella B, Okeke C (2019). Lower limb biomechanical variables are indicators of the pattern of presentation of patella tendinopathy in elite African basketball and volleyball players. *Revista Brasileira de Ortopedia (Sao Paulo)*. 2019 Sep; 54(5): 540–8. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1693743>.