

Vpliv togih lepilnih trakov na obremenitev krožnih vezi prstov pri plezalcih – sistematični pregled literature

The influence of nonelastic adhesive taping on loading of finger tendon pulleys in rock climbers – systematic literature review

Jana Piculin¹, Alan Kacin¹

IZVLEČEK

Uvod: Pri plezanju so za držanje majhnih oprimkov potrebne velike sile fleksornih mišic prstov, ki se prek kit prenašajo na krožne vezi prstov. Te so med plezanjem zelo obremenjene in zato pogosto poškodovane. Da bi jih razbremenili in zaščitili pred poškodbo, plezalci pogosto uporabljajo toge lepilne trakove. Namen prispevka je na podlagi pregleda literature predstaviti vpliv nameščanja togih lepilnih trakov na obremenitev krožnih vezi prstov ter njihovo učinkovitost v preventivi poškodb in zaščiti po poškodbi krožnih vezi prstov na roki. **Metode:** Pregledali smo podatkovne zbirke MEDLINE, CINAHL in Science Direct. **Rezultati:** Vključene so bile štiri raziskave, v katerih so ugotavljali vpliv različnih tehnik nameščanja togih lepilnih trakov na obremenitev krožnih vezi prstov. Krožno nameščen togi lepilni trak minimalno razbremeni krožne vezi prstov, vendar jim ne daje zadostne opore, da bi lahko preprečil poškodbo. Tehnika nameščanja v obliki črke H zmanjša odmik kite in s tem trenje med kito in vezmi ter tako pomaga preprečiti razvoj vnetja in bolečine. **Zaključki:** Odsvetujemo nameščanje togih lepilnih trakov v preventivne namene. V pozni fazi rehabilitacije po poškodbi krožnih vezi priporočamo nameščanje togega lepilnega traku v obliki črke H. Za izboljšanje kakovosti dokazov bi bilo treba izvesti randomizirane kontrolirane poskuse.

Ključne besede: togi lepilni trak, krožne vezi prstov, plezanje.

ABSTRACT

Introduction: High forces are generated in the finger flexors while climbing on small holds. They apply stress to the finger pulleys, which are often injured. Climbers often use taping to protect their pulleys from injuries. The purpose of this systematic review was to determine the impact of taping on pulley load and the effect of this method for injury prevention and rehabilitation. **Methods:** MEDLINE, CINAHL and Science Direct databases were searched. **Results:** Four studies evaluating the impact of different taping techniques on pulley load were included in the systematic review. Circular taping is minimally effective in relieving force action on the pulley system and is ineffective in preventing pulley injuries. The H-taping method leads to a significant decrease of the tendon–bone distance in the injured finger, which has positive effects for the prevention of tendonitis in the injured finger because of less friction over the edges of the remaining pulleys. **Conclusion:** We do not recommend using taping as a prophylactic method. We recommend using H-taping in the late phase of pulley injury rehabilitation. There is a need for additional randomized controlled trials.

Key words: finger tendon pulley, taping, rock climbing.

¹ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: izr. prof. dr. Alan Kacin, dipl. fiziot.; e-pošta: alan.kacin@zf.uni-lj.si

Prispelo: 22.2.2019

Sprejeto: 29.4.2019

UVOD

Športno plezanje postaja v zadnjih letih vse bolj priljubljeno (1) in bo leta 2020 prvič na sporedu olimpijskih iger (2). Spada med športe z razmeroma nizkim tveganjem za poškodbe, saj se na 1000 ur plezanja povprečno zgodijo le štiri (3). Kljub temu se zaradi naraščajoče priljubljenosti tega športa fizioterapevti vse pogosteje srečujemo s poškodovanimi plezalci (4). Več kot polovico vseh plezalnih poškodb predstavljajo poškodbe prstov na roki. Najpogosteje so poškodovane krožne vezi prstov, incidenca pri profesionalnih plezalcih znaša od 19 do 26 % (5).

Pri gibanju v navpični ali previsni steni plezalec velik del telesne teže prenese na roke, s katerimi se drži za različne oprimke. Pri tem se generirajo velike sile fleksornih mišic prstov, ki se zaradi flektiranega položaja prstov prek kit prenašajo na vezi (6). Kitne ovojnice, skozi katere drsijo kite fleksornih mišic prstov, so kompleksne strukture, sestavljene iz sinovialne membrane, ki zagotavlja drsenje kite znotraj ovojnice, in vezivnih okrepitev, ki jih na vsakem tričlenem prstu tvori pet krožnih (anularnih A; A1–A5) in tri križne vezi (7). Njihova vloga je ohranjanje položaja kite ob kosteh oziroma čim bližje osi gibanja v posameznem sklepu prsta. Pri tem imajo pomembnejšo vlogo krožne vezi, ki preprečujejo, da bi se med gibanjem prsta kita preveč odmaknila od kosti, in tako zagotavljajo učinkovito ter ekonomično gibanje (8). Vezi A1, A3 in A5 ležijo

nad sklepi in se pripenjajo na volarno ploščo, zato so tanjše in prožnejše, da med gibanjem ne utesnjujejo kite. Vezi A2 in A4 se pripenjata na prvi oziroma drugi členek, sta širši in močnejši ter imata najpomembnejšo vlogo pri preprečevanju odmika kite od kosti (9, 8).

Obremenitve posameznih prstov in vezi med plezanjem so odvisne od oblike oprimka in posledično prijema, ki ga plezalec uporabi (10). Prijeme v grobem delimo na odprte in zaprte (11). Pri zaprtem prijemu so proksimalni interfalangealni (PIP) sklepi prstov v maksimalni fleksiji (90–100°), distalni interfalangealni (DIP) sklepi pa v hiperekstenziji. Plezalci ga uporabljajo za povečanje kontaktne površine pri težjih gibih na majhnih oprimkih in robovih. Pri tem prijemu sta najbolj obremenjena krožna vez A4 in DIP-sklep oziroma njegova volarna plošča (12, 1). Na širokih in gladkih oprimkih plezalci uporabljajo odprti prijem, pri katerem so DIP-sklepi flektirani za približno 60°, PIP-sklepi pa 30°. Pri tem je najbolj obremenjena krožna vez A2 (1). Mehanizem poškodbe krožne vezi prsta na roki je navadno zdrs noge, pri katerem plezalec močnejše stisne oprimek, da bi preprečil padec. To povzroči nenadno povečanje sile, ki se prek kite fleksornih mišic prstov prenaša na krožne vezi. Kadar ta sila preseže kritično vrednost, se vez poškoduje (7). Glavni klinični simptom je akutna bolečina, ob poškodbi plezalec včasih sliši značilen pok. Znak

Preglednica 1: Razvrščanje poškodb krožnih vezi prstov in predlagani protokoli obravnave

	Stopnja 1	Stopnja 2	Stopnja 3	Stopnja 4
Poškodba	Nateg vezi	Popolnoma pretrgana vez A4 ali delno pretrgana vez A2 ali A3	Popolnoma pretrgana vez A2 ali A3	Pretrganje več vezi ali ene vezi v kombinaciji s poškodbo lumbričnih mišic
Terapija	Konservativna	Konservativna	Konservativna	Kirurška
Imobilizacija	Brez	10 dni	10–14 dni	14 dni po operaciji
Način imobilizacije	Togi lepilni trak	Togi lepilni trak	Opornica iz termoplastičnega materiala	Opornica iz termoplastičnega materiala
Vrnitev v športno-specifične aktivnosti	6 tednov	6–8 tednov	3 mesece	6 mesecev
Uporaba togih trakov med plezanjem	3 mesece	3 mesece	6 mesecev	> 12 mesecev

poškodbe so otekanje prsta, zmanjšan obseg gibljivosti in zmanjšana mišična zmogljivost, lahko se razvije tudi hematoma. Če poškodovanec flektira prst proti upor, je pri poškodbi več zaporednih vezi opazen odmik kite, ki se po dolžini prsta napne kot tetiva na loku (13). Diagnoza se potrdi z dinamičnim ultrazvokom (14) ali z magnetno resonančnim slikanjem, s katerima se dokaže odmik kite od kosti (15).

Schoffl in sodelavci (3) so predlagali sistem razvrščanja resnosti poškodbe vezi in protokole obravnave. Povzeti so v preglednici 1.

Da bi med intenzivnim treningom preprečili poškodbo krožnih vezi, jih poskušajo plezalci razbremeniti z nameščanjem zunanje opore v obliki togih lepilnih trakov (16). Hkrati ta postopek uporabljajo v poznem obdobju po poškodbi krožnih vezi, saj imajo po nameščanju traku občutek, da lahko razvijejo večjo silo v fleksornih mišicah prstov in se pri tem počutijo zavarovani pred ponovno poškodbo (7). Avtorji so poročali, da lepilne trakove uporablja od 30 do 40 % plezalcev (17, 18).

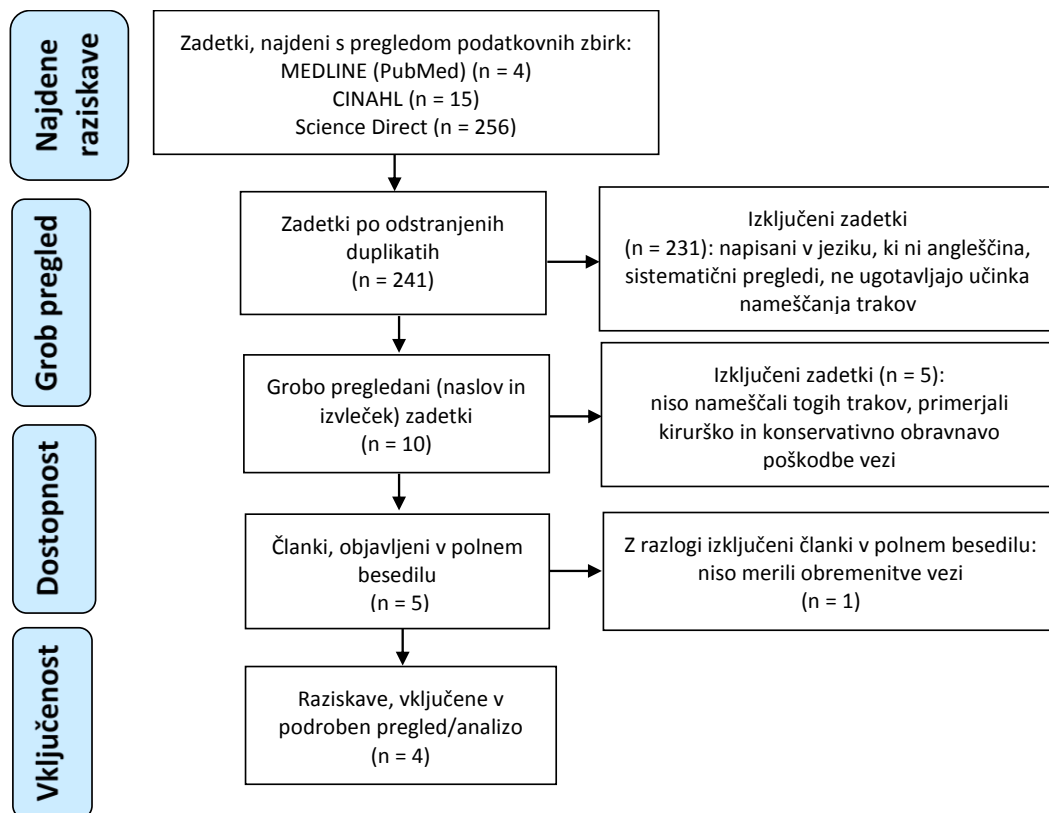
Namen prispevka je na podlagi pregleda literature predstaviti vpliv nameščanja togih lepilnih trakov na obremenitev krožnih vezi prstov ter njihovo učinkovitost v preventivi poškodb in zaščiti po poškodbi krožnih vezi prstov na roki.

METODE

Pregledali smo podatkovne zbirke MEDLINE, CINAHL in Science Direct. Za iskanje smo uporabili ključne besede »pulley«, »taping« in »climbing«. V pregled smo vključili raziskave, v katerih so ugotavljali učinek nameščanja togih lepilnih trakov na obremenitev krožnih vezi prstov. Zaradi majhnega števila rezultatov smo vključili vse metodološke vrste raziskav. Izključili smo raziskave, v katerih so primerjali učinkovitost kirurške in konservativne obravnave poškodbe vezi. Pregled je obsegal članke v angleškem jeziku in so bili v polnem besedilu objavljeni do vključno oktobra 2018. Iskanja nismo časovno omejili.

REZULTATI

Pregled sistematičnega pregleda literature je z diagramom poteka PRISMA predstavljen na sliki 1.



Slika 1: Diagram izbora virov, vključenih v podrobnejši pregled (19)

Preglednica 2: Značilnosti preiskovancev in testiranih prstov

Raziskava	N (ž)	Povprečna starost ± SO ali starostni razpon	Preiskovanci	Testirani prst
Niegl et al. (21)	11	9–32	Nepoškodovani plezalci	Prstanec desne roke
Schoffl et al. (16)	12	36 ± 9	Plezalci > 1 leto po poškodbi krožne vezi stopnje 1–3	Poškodovani prst in ujemajoči prst nasprotne roke
Schweizer (22)	4 (1)	37 ± 14	Nepoškodovani odrasli	Sredinec in prstanec obeh rok (skupaj 16 prstov)
Warme in Brooks (20)	9 (5)	20–47	Kadavrski preparati rok nepoškodovanih darovalcev	2–4 prst obeh rok (skupaj 45 prstov)

N: število, SO: standardni odklon, ž: ženske

V sistematični pregled literature smo vključili štiri raziskave, v katerih so ugotavljali vpliv nameščanja togih lepilnih trakov na obremenitev krožnih vezi prstov. Ena izmed raziskav je eksperimentalna biomehanska analiza (20), tri pa klinične raziskave, izvedene na eni skupini preiskovancev, na katerih so testirali različne načine nameščanja togih lepilnih trakov pod različnimi pogoji obremenitve (16, 21, 22). Glavne značilnosti preiskovancev in testiranih prstov so povzete v preglednici 2.

V raziskavah so testirali različne načine nameščanja togih trakov. V treh raziskavah je bil

prst med testiranjem postavljen v položaj zaprtega prijema (20–22), v eni pa v položaj odprtega prijema (16). Avtorji so testirani prst obremenili na različne načine. Načini nameščanja trakov in položaji roke oziroma prsta med obremenitvijo so natančneje opisani v preglednici 3.

V raziskavah so obremenitev krožne vezi merili neposredno z dinamometri (20, 22) ter posredno z meritvijo odmika kite fleksorne mišice prsta (16) oziroma kotov v sklepih prsta (21). Meritve in rezultati so natančneje opisani v preglednici 4.

Preglednica 3: Načini nameščanja trakov ter položaji roke med obremenitvijo

Raziskava	Način nameščanja traku	Položaj prsta/roke	Način obremenitve
Niegl et al. (21)	2 cm širok trak okrog PF	Zaprta prijem	Preiskovanec s celotno TT visi na 15 mm širokem robu
Schoffl et al. (16)	1: okrog distalnega dela PF 2: v obliki št. 8 3: v obliki črke H	Roka vpeta v leseno napravo, dlan v odprtem prijemu za UZ-meritev + zaprtem prijemu za meritev sile	UZ meritev: preiskovanec aktivno flektira prst s silo 10 N Meritev sile: preiskovanec s prstom potegne 15 mm širok rob
Schweizer (22)	13 mm širok, 4-krat ovit okrog prsta 1: na sredini PF 2: na distalnem delu PF	Prst v položaju kot pri zaprtem prijemu	Preiskovanec s prstom potegne 22 mm širok rob
Warme in Brooks (20)	15 mm širok, 3-krat ovit okrog PF	Prst v položaju kot pri zaprtem prijemu	Vlek kit FDP in FDS do poškodbe ene od struktur prsta

D: desna, FDP: mišica flexor digitorum profundum, FDS: mišica flexor digitorum superficialis, L: leva, PIP: proksimalni interfalangealni sklep, PF: proksimalna falanga; TT: telesna teža; UZ: ultrazvok

Preglednica 4: Meritve in glavni rezultati

Raziskava	Meritve	Rezultati
Niegl et al. (21)	Kot v DIP- in PIP-sklepu z elektrogoniometrom	Statistično značilno ($p < 0,01$) zmanjšanje hiperekstenzije v DIP-sklepu in zmanjšanje kota fleksije v PIP-sklepu ob uporabi traku
Schoffl et al. (16)	UZ meritev odmika kite fleksorjev prsta	Odmik kite je za 18 % manjši ($p < 0,05$) pri nameščanju traku v obliki črke H na poškodovanem prstu.
	Meritve največje sile mišic fleksorjev prsta	Pri drugih tehnikah nameščanja ni statistično značilnih razlik v odmiku kite ($p > 0,05$). Sila je bila največja ($p = 0,001$) v položaju zaprtega prijema z nameščenim trakom.
Schweizer (22)	Odmik kite in sila, ki deluje na vez A2 s posebej izdelano napravo	Pri proksimalnem nameščanju odmik manjši za 2,8 %, trak absorbira 11 % (41 N) sile.
		Pri distalnem nameščanju odmik manjši za 22 %, trak absorbira 12 % (45 N) sile.
Warne in Brooks (20)	Sila, pri kateri pride do pretrganja vezi	Ni statistično značilne razlike ($p = 0,53$).

DIP: distalni interfalangealni sklep; PIP: proksimalni interfalangealni sklep; PF: proksimalna falanga; UZ: ultrazvok

RAZPRAVA

V športnem plezanju, ki postaja vse bolj priljubljeno, je uporaba togih lepilnih trakov zelo razširjen način preprečevanja in rehabilitacije poškodb prstov. V raziskavah, vključenih v pregled literature, so ugotavljali učinke krožnega nameščanja traku, ki so ga od tri- do štirikrat ovili okrog proksimalne falange prsta, v eni (16) pa še nameščanje v obliki številke 8 in črke H. Obremenitev vezi so merili na različne načine. Warne in Brooks s sodelavci (20) so izmerili kritično silo, pri kateri je prišlo do pretrganja vezi, Schweizer (22) ter Schoffl in sodelavci (16) so na proksimalni falangi izmerili odmik kite, Niegl in sodelavci (21) pa so obremenitev vezi ocenili posredno z meritvijo kotov v sklepih prsta. Obremenitev krožne vezi je namreč odvisna od sile kite fleksorne mišice prsta ter kota med kito in vezjo (23). V vseh raziskavah so meritve izvajali v položaju zaprtega prijema, pri katerem najpogosteje prihaja do poškodbe krožnih vezi (24). Schoffl in sodelavci (16) so zaradi lažje izvedbe ultrazvočno meritve opravili v položaju odprtega prijema.

V dveh raziskavah so dokazali, da togi lepilni trak, krožno nameščen na proksimalno falango prsta, ne daje zadostne opore, da bi lahko preprečil poškodbo krožne vezi. Warne in Brooks ter sodelavci (20) so z eksperimentom, ki so ga izvedli

na kadavrskih preparatih rok nepoškodovanih darovalcev, ugotovili, da trak ne vpliva na velikost sile, pri kateri je prišlo do poškodbe vezi. Na podlagi rezultatov so odsvetovali krožno lepljenje trakov na proksimalne falange prstov zaradi preprečevanja poškodb krožnih vezi pri plezalcih. Schweizer in sodelavci (22) so s primerjavo učinka dveh mest nameščanja ugotovili, da je trak učinkovitejši, če je nameščen na distalni del proksimalne falange tik pod PIP-sklep. Ko so preiskovanci vez obremenili s 30–50 N, je tako nameščen trak prevzel 12 % te sile in zmanjšal odmik kite za 22 %. Med plezanjem je vez A2 obremenjena do 380 N, pri zdrsu noge pa lahko ta sila naraste tudi do 450 N. Z večanjem sile, ki deluje na vez, odstotek razbremenitve, ki jo ponuja trak, linearno pada, zato je pri obremenitvah, do katerih prihaja med plezanjem, učinek traku zanemarljiv (22).

Niegl in sodelavci (21) so dokazali, da trak vezi ne razbremeni le neposredno, temveč tudi posredno, s spremembo položaja prsta pri zaprtem prijemu. Krožno nameščen lepilni trak na proksimalno falango je pri zaprtem prijemu statistično značilno zmanjšal hiperekstenzijo v DIP-sklepu za 10°, fleksijo v PIP-sklepu pa za 14°. Z matematičnim modelom so dokazali, da taka sprememba vodi v 11-odstotno zmanjšanje obremenitve vezi A2. Na to vpliva predvsem zmanjšanje kota v PIP-sklepu

(10), zmanjšanje hiperekstenzije v DIP-sklepu pa dodatno zmanjša obremenitev sklepnega hrustanca v tem sklepu (21). Avtorji niso navedli klinične pomembnosti rezultata. Na podlagi te raziskave ne moremo sklepati o učinku nameščanja traku za preprečevanje poškodb krožnih vezi prstov. Avtorji so poudarili, da so za preprečevanje poškodb pomembnejši pravilno in zadostno ogrevanje, uporaba prave tehnike prijemanja ter postopno povečevanje obremenitev roke.

Na podlagi pregledanih raziskav lahko sklepamo, da ima krožno nameščen togi lepilni trak na distalni del proksimalne falange prsta minimalen vpliv na zmanjšanje obremenitve krožnih vezi in ni učinkovita preventivna metoda preprečevanja poškodb vezi pri plezanju. Tudi Josephsen in sodelavci (17) so v presečni prospektivni raziskavi ugotovili, da uporaba lepilnih trakov ne zmanjša pojavnosti poškodb pri plezalcih. V raziskavi, ki so jo Woolings in sodelavci (18) izvedli pri plezalcih, mlajših od 19 let, se je izkazalo, da je incidenca poškodb krožnih vezi pri plezalcih, ki uporabljajo toge trakove, višja. Vzrok bi lahko bil, da trakove uporabljajo plezalci, ki so že bili poškodovani, in je zato verjetnost ponovne poškodbe pri njih višja. Schweizer (15) na podlagi pregleda literature nameščanje togih lepilnih trakov v preventivne namene odsvetuje, saj to ni učinkovit način zaščite nepoškodovane vezi. Za preprečevanje poškodb plezalcem svetujejo pravilno ogrevanje in izogibanje uporabi zaprtega prijema.

Učinke različnih načinov nameščanja togih lepilnih trakov za zaščito vezi po poškodbi so primerjali Schoffl in sodelavci (16). Za edino učinkovito se je izkazalo nameščanje v obliki črke H, pri katerem se je odmik kite statistično značilno zmanjšal za 16 %. Manjši odmik kite pomeni manjše trenje med kito in vezjo, ki je glavni vzrok za razvoj vnetja in bolečine (23). Hkrati je preiskovanec z nameščenim trakom razvil statistično značilno večjo silo fleksornih mišic prstov v položaju zaprtega prijema. Vzrok bi lahko bil psihološki, saj trak plezalcem zagotavlja občutek opore in varnosti (7).

V pozni fazi rehabilitacije po poškodbi krožne vezi se priporoča nameščanje togega lepilnega traku, nameščenega v obliki črke H. Način nameščanja je naslednji: 15 mm širok in 10 cm dolg kos lepilnega

traku po dolžini z obeh strani strgamo na pol tako, da ostane na sredini 10 mm dolg kos traku nepretrgan. Srednji kos traku nalepimo na volarno stran PIP-sklepa, proksimalna kraka pa trdno ovijemo okrog distalnega dela proksimalne falange. Ko plezalec pokrči prst v PIP-sklepu, distalna kraka trdno ovijemo okrog proksimalnega dela distalne falange poškodovanega prsta. Tako nameščen trak podpre kito na mestu, kjer navadno prihaja do največjega odmika in zato vezi razbremeni učinkoviteje kot krožno nameščen trak. Z razbremenitvijo vezi se zmanjša možnost ponovne poškodbe in vnetja drugih krožnih vezi prsta (16). Uporabo te metode so za zaščito vezi po poškodbi v pregledu literature priporočili tudi Algar in Moschetto ter sodelavci (4). Ker se trak kljub togosti med plezanjem raztegne, bi bilo treba raziskati njegove učinke pri daljši uporabi. Za zdaj Schoffl in sodelavci (16) priporočajo, da trak znova nalepimo po vsaki preplezani smeri.

ZAKLJUČKI

Na podlagi analiziranih raziskav lahko zaključimo, da togi lepilni trak, krožno nameščen na distalni del proksimalne falange, prevzame do 12 % sile, ki deluje na krožno vez, in zmanjša odmik kite do 22 %. Hkrati vez razbremeni tudi posredno, z zmanjšanjem hiperekstenzije v DIP- in fleksije v PIP-sklepu prsta. Z večanjem sile fleksorjev prstov odstotek razbremenitve linearno pada, zato je med plezanjem zanemarljiv. Tak način nameščanja togega lepilnega traku ne daje zadostne opore, da bi lahko preprečil poškodbo krožne vezi, zato se njegova uporaba odsvetuje v preventivne namene. Plezalci naj se za preprečevanje poškodb osredotočijo na primerno ogrevanje, stopnjevanje obremenitve in pravilno tehniko prijemov. Z nameščanjem traku v obliki črke H se je odmik kite v pozni fazi po poškodbi odmik kite statistično značilno zmanjšal za 16 %. Uporaba te tehnike v rehabilitaciji po poškodbi krožnih vezi se priporoča, saj vpliva na zmanjšanje trenja med kito in vezjo ter tako zmanjša možnost za razvoj vnetja in bolečine. Za izboljšanje kakovosti dokazov bi bilo treba na temo uporabe togih lepilnih trakov v športnem plezanju izvesti kakovostne randomizirane kontrolirane poskuse na večjem številu preiskovancev obeh spolov.

LITERATURA

1. Chang CY, Torriani M, Huang AJ (2016). Rock climbing injuries: Acute and chronic repetitive trauma. *Curr Probl Diagn Radiol* 45: 205–14.
2. MOK, Mednarodni Olimpijski Komite (2017). History of Sport Climbing at the Olympic Games. <https://tokyo2020.org/en/games/sport/olympic/sport-climbing/>. <1. 11. 2018>.
3. Schöffl VR, Hoffmann G, Küpper T (2013). Acute injury risk and severity in indoor climbing—a prospective analysis of 515,337 indoor climbing wall visits in 5 years. *Wilderness Environ Med* 24 (3): 187–94.
4. Algar L, Moschetto M (2017). Pulley injuries in rock climbers: Hand therapy clinical application. *J Hand Ther* 30 (3): 416–20.
5. King EA, Lien JR (2017). Flexor Tendon Pulley Injuries in Rock Climbers. *Hand Clin* 33 (1): 141–8.
6. Schoffl I, Oppelt K, Jungert J, Schweizer A, Neuhuber W, Schoffl V (2009). The influence of the crimp and slope grip position on the finger pulley system. *J Biomech* 42: 2183–7.
7. Schöffl VR, Einwag F, Strecker W, Schöffl I (2006). Strength measurement and clinical outcome after pulley ruptures in climbers. *Med Sci Sports Exerc* 38 (4): 637–43.
8. Doyle JR (2001). Palmar and digital flexor tendon pulleys. *Clin Orthop Relat Res* 383: 84–96.
9. Schweizer A, Hudek R (2011). Kinetics of crimp and slope grip in rock climbing. *J Appl Biomech* 27 (2): 116–21.
10. Schweizer A (2001). Biomechanical properties of the crimp grip position in rock climbers. *J Biomech* 34 (2): 217–23.
11. Amca AM, Vigouroux L, Aritan S, Berton E (2012). Effect of hold depth and grip technique on maximal finger forces in rock climbing. *J Sports Sci* 30 (7): 669–77.
12. Logan AJ, Makwana N, Mason G, et al (2004). Acute hand and wrist injuries in experienced rock climbers. *Br J Sports Med* 38 (5): 545–8.
13. Tang JB, Xie RG (2001). Effect of A3 pulley and adjacent sheath integrity on tendon excursion and bowstringing. *J Hand Surg Am* 26 (5): 855–61.
14. Klauser A, Frauscher F, Bodner G, et al (2002). Finger pulley injuries in extreme rock climbers: depiction with dynamic US. *Radiology* 222: 755–61.
15. Schweizer A (2012). Sport climbing from a medical point of view. *Swiss Med Wkly* 11; 142: w13688.
16. Schoffl I, Einwag F, Strecker W, Hennig F, Schoffl V (2007). Impact of taping after finger flexor tendon pulley ruptures in rock climbers. *J Appl Biomech* 23 (1): 52–62.
17. Josephsen G, Shinneman S, Tamayo-Sarver J et al. (2007). Injuries in bouldering: a prospective study. *Wilderness Environ Med* 18 (4): 271–80.
18. Woollings KY, McKay CD, Kang J, Meeuwisse WH, Emery CA (2015). Incidence, mechanism and risk factors for injury in youth rock climbers. *Br J Sports Med* 49 (1): 44–50. doi: 10.1136/bjsports-2014-094067.
19. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al. (2009). PRISMA Group: Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Ann Intern Med* 151: 264–9.
20. Warne WJ, Brooks D (2000). The effect of circumferential taping on flexor tendon pulley failure in rock climbers. *Am J Sports Med* 28 (5): 674–8.
21. Niegl G, Fuss FK, Tan MA (2006) Mechanical Influence of Finger Taping in Sport Climbing. *The Engineering of Sport* 6: 259–64.
22. Schweizer A (2000). Biomechanical effectiveness of taping the A2 pulley in rock climbers. *J Hand Surg Br* 25 (1): 102–7.
23. Roloff I, Schöffl V, Vigouroux L, Quaine F (2006). Biomechanical model for the determination of the forces acting on the finger pulley system. *J Biomech* 39: 915–23.
24. Ginszt M, Ginszt A, Berger M, Gawda P, Tarkowski Z (2016). Finger flexor pulley injury of sport climbers – Literature review. *Pol Ann Med* 23 (2): 191–4.