

KOMPARACIJA PARAMETARA SITUACIJSKE EFIKASNOSTI U LIGAMA PETICE

Martinić, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:143551>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-27**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje akademskog naziva:
magistar kineziologije u edukaciji i kineziterapija)

Lucija Zubac

FASCIJALNI SUSTAV LJUDSKOGA TIJELA

diplomski rad

Mentor:

izv.prof.dr.sc. Marija Rakovac

Zagreb, rujan, 2022.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Marija Rakovac

Student:

Lucija Zubac

FASCIJALNI SUSTAV LJUDSKOGA TIJELA

Sažetak

Fascija je vrsta vezivnog tkiva koje se neprekinuto proteže poput mreže u ljudskom tijelu. Novija istraživanja ističu kompleksnost fascije i njezine uloge u lokomotornom sustavu čovjeka. Osim što fascija obavlja strukturnu ulogu odnosno drži strukture zajedno, ona sudjeluje i u prijenosu sila te omogućava da mišićna vlakna klize jedna preko drugih jer fascija može biti postavljena u više smjerova. Glavni cilj ovog rada je omogućiti opsežniji uvid u fascijalni sustav ljudskoga tijela. Nomenklatura fascije mijenjala se kroz godine te je potrebno točno odrediti njezinu definiciju i što ona obuhvaća, kako u anatomske tako i u funkcionalnom smislu. Podjela sustava fascija u ljudskom tijelu može se razmatrati na nekoliko načina dok njezinu inervaciju omogućuju specijalizirani receptori. Svaki fascijalni receptor osjetljiv je na određenu vrstu podražaja. Fascija i fascijalni sustav obavljaju različite funkcije, a među njih ubrajamo i zaštitnu funkciju. Kako bi ljudsko tijelo normalno funkcioniralo od iznimne je važnosti shvatiti važnu ulogu fascije.

Ključne riječi: anatomija, lokomotorni sustav, vezivno tkivo, mišići

FASCIAL SYSTEM OF THE HUMAN BODY

Abstract

Fascia is a type of connective tissue that stretches continuously like a network in the human body. Recent research highlights the complexity of the fascia and its role in the human locomotor system. In addition to the fact that the fascia performs a structural role (i.e., holds the structures together), it also participates in the transmission of the force and allows muscle fibres to slide over each other because the fascia can be placed in several directions. The main goal of this thesis is to provide a more comprehensive insight into the fascial system of the human body. The nomenclature of the fascia changed throughout the years and it is necessary to determine its exact definition and what it includes, both in anatomical and functional terms. The classification of the fascial system in the human body can be defined in several ways while its innervation is caused by specialised receptors. Each fascial receptor is sensitive to a particular type of stimulus. The fascia and the fascial system perform different functions, and among them is the protective function. For the human body to function normally, it is extremely important to understand the important role of the fascia.

Key words: anatomy, locomotor system, connective tissue, muscles

Sadržaj

1	UVOD.....	1
2	DEFINICIJA I PODJELA SUSTAVA FASCIJA U TIJELU	2
2.1	POVRŠINSKA ILI SUPERFICIJALNA FASCIJA	6
2.2	DUBOKA FASCIJA	6
2.2.1	APONEUROTIČNA FASCIJA.....	7
2.2.2	EPIMIZIJSKA FASCIJA	8
3	FASCIJALNA INERVACIJA	11
4	FASCIJALNI RECEPTORI	13
4.1	STIMULACIJA MIŠIĆNIH VRETENA	13
4.2	STIMULACIJA GOLGIJEVIH RECEPTORA.....	14
4.3	STIMULACIJA PACINIJEVIH TJELEŠCA.....	15
4.4	STIMULACIJA RUFFINIJEVIH TJELEŠCA.....	15
4.5	STIMULACIJA SLOBODNIH ŽIVČANIH ZAVRŠETAKA	16
5	FUNKCIJE FASCIJE.....	18
5.1	FORMIRANJE MIŠIĆNIH PREGRADA I FUNKCIJA MIŠIĆNOG HVATIŠTA	18
5.2	CIRKULACIJSKO-POTPORNA FUNKCIJA DUBOKE FASCIJE.....	21
5.3	ZAŠTITNA ULOGA FASCIJE.....	22
6	REGIONALNA PODJELA FASCIJE	24
6.1	DLANSKA FASCIJA	25
6.2	TABANSKA FASCIJA.....	28
6.3	TORAKOLUMBALNA FASCIJA.....	30
6.4	ŠIROKA FASCIJA I ILIOTIBIJALNI SNOP	31
7	ZAKLJUČAK	33
8	LITERATURA.....	34

1 UVOD

Interes za istraživanje fascije i fascijalnog sustava ljudskoga tijela sve je veći što dokazuju i nove spoznaje do kojih znanstvenici svakodnevno dolaze. Napredak u znanosti potaknuo je i razvio drugačiji pogled i pristup temi fascije. Iako se prije smatralo da je ona samo opna, danas su njezin značaj i uloga puno veći dok se njezina složenost i dalje istražuje.

Fasciju je teško, pa gotovo i nemoguće odvojiti od mišića jer djelovanje mišića za sobom povlači djelovanje fascije, stoga ih je najbolje promatrati kroz njihovo međudjelovanje. Neprekinuta mreža fascije proteže se cijelim tijelom, obavija i prožima najsitnije strukture u našem organizmu te na taj način usklađuje različite funkcije.

Postojanje mnogobrojnih različitih definicija dovelo je do pomutnje oko samog pojma fascije i toga što ona obuhvaća. Zbog toga je osnovan i poseban odbor koji se bavi nomenklaturom fascije te se razdijelila njezina anatomska i funkcionalna uloga. Osim toga, postoje i različite podjele sustava fascije.

Iako se kroz povijest pretežito isticala mehanička uloga fascije, u posljednje vrijeme sve više se ističe i njezin funkcionalni aspekt. Tako su, primjerice, za fascijalnu inervaciju zaslužni različiti receptori koji su osjetljivi na točno određenu vrstu dodira, tj. podražaja. Osim toga, receptori su smješteni i na različitim mjestima.

Neki znanstvenici smatraju da je fasciju nepotrebno dijeliti na regije jer je njihov stav da fasciju treba promatrati isključivo kao neprekinutu mrežu koja se proteže cijelim tijelom. S druge strane, postoje znanstvenici koji tvrde da se određene fascije treba proučavati izolirano. U ovom diplomskom radu kroz narednih nekoliko poglavlja, čitatelju će se pokušati približiti ova kompleksna tema. Na početku, odnosno u prvom poglavlju će se opisati kako se definicija fascije kroz godine mijenjala te će se istaknuti i podjela sustava same fascije. Zatim će se objasniti na koji način je organizirana fascijalna inervacija i koja je uloga pojedinih receptora u složenom procesu. Nadalje, pokušat će se prikazati najznačajnije od dosad utvrđenih funkcija fascije. U zadnjem poglavlju navest će se regionalna podjela fascijalnog sustava ljudskoga tijela. Iznijet će se neke od najnovijih spoznaja vezanih uz fascijalni sustav ljudskoga tijela i njegovu kompleksnu ulogu.

2 DEFINICIJA I PODJELA SUSTAVA FASCIJA U TIJELU

Kako bismo mogli opisivati fasciju, najprije je potrebno utvrditi što taj pojam točno označava. Definicija i značenje pojma fascija mijenjali su se u skladu sa spoznajama do kojih su pojedini znanstvenici dolazili.

Značenje riječi fascija kroz godine se mijenjalo te se ona definirala na različite načine poput: vezivne tetive (Crooke, 1651), vezivnog dijela (Hall, 1788), zasebnog dijela gustog fibroznog tkiva (Godman, 1824), površinskog ili dubokog sloja vezivnog tkiva (Ellis, 1840), vrste vezivnog tkiva (Gray, 1858), globalnog sustava vezivnog tkiva (Still, 1899) i dr. (Adstrum i suradnici, 2017).

Posljednjih godina bilježi se povećan interes za istraživanje fascije. Iako je fascija odavno poznat pojam, detaljnije istraživanje ovog područja počelo je relativno nedavno i zato ju nije jednostavno definirati. Dugo vremena fascija se poistovjećivala s mišićnom ovojnicom, ali ona obuhvaća i druga tkiva i organe.

U svojoj generalnoj definiciji fascija obuhvaća izvanstanični matriks i stanice koje tvore trodimenzionalnu mrežu koja obavija, podupire, ograničuje, štiti i povezuje različite mišićne, skeletne i visceralne sastavnice tijela (Bordoni i suradnici, 2018; Tozzi, 2012). Prema Findleyju i Schleipu (2007) fasciju možemo definirati kao vezivnu opnu koja obavija i povezuje meka tkiva te na taj način obuhvaća i povezuje svaki mišić i organ u tijelu.

Osim što ima strukturalne značajke, fascija je uključena i u biomehaniku sustava za kretanje što znači da sudjeluje u prijenosu sila (Holt i Lambourne, 2008; MacDonald i suradnici, 2013) i prema novijoj definiciji možemo je opisati kao fibrozno kolageno tkivo koje je dio cjelokupnog sustava prijenosa sila (Škarabot i suradnici, 2015).

Fascija je ovojnica, ali ona u određenoj mjeri sudjeluje u izvođenju svih voljnih pokreta čovjeka jer je teško odvojiti djelovanje mišića i tetiva. Zbog mnogobrojnih različitih značenja riječi fascija i onoga što ona obuhvaća, kroz povijest su se razvila dva temeljna pristupa – tradicionalan i holistički. Tradicionalan pristup povezuje se prije svega s anatomijom, dok je holistički pristup usmjereniji na funkcionalnost.

Neprecizno, nedosljedno i/ili neselektivno korištenje pojma fascija može djelovati zbunjujuće i otežavati međunarodnu znanstvenu komunikaciju, istraživanja i medicinsku edukaciju povezanu s fascijom (Wendell-Smith, 1998; Langevin i Huijing, 2009; Schleip i suradnici, 2012; Kumka i Bonar 2012). Iznimno je bitno da svaki anatomski pojam, pa tako i fascija, bude jednoznačno i međunarodno određen i prihvaćen. Stecco (2014) naglašava važnost usklađivanja i dopune terminologije vezane uz pojam fascije, što potvrđuje i niz drugih autora interdisciplinarne zajednice istraživača koji se bave istraživanjem fascije (Chaitow, 2014; Kumka, 2014; Langevin, 2014; Myers, 2014; Natale i suradnici, 2014; Schleip i Klinger, 2014; Tozzi, 2014; Adstrum 2015).

'*The Fascia Research Society*' ustanovljava radnu skupinu pod nazivom '*The Fascia Nomenclature Committee*' te je njezin zadatak usmjeren na unaprjeđenje terminologije vezane uz fasciju. Krajem 2014., odnosno početkom 2015. provedena je rasprava s ciljem uspostavljanja konsenzusa stručnjaka korištenjem Delphi strukturirane komunikacijske tehnike (Stecco i Schleip, 2016). Iako tada nije postignut precizan konsenzus o definiciji fascije, istaknuto je da je fascija u istraživačkoj zajednici percipirana na dva glavna načina - morfološki i funkcionalni. Sukladno tome, ni terminološki zahtjevi u ta dva istraživačka pristupa nisu potpuno sukladni. Drugim riječima, za istraživanja morfologije fascije bolje služi manje obuhvatna definicija fascije poput definicije predložene od strane '*Federative Committee on Anatomical Terminology*' (1998), dok je za istraživanja funkcionalnih aspekata fascije (npr. prijenos sile ili senzorni kapaciteti) potrebna šira definicija (Stecco i Schleip, 2016; Adstrum i suradnici, 2017).

ČETIRI TRADICIONALNE (MORFOLOŠKE) DEFINICIJE FASCIJE (prema Adstrum i suradnici, 2017):

Terminologia Anatomica: „Fascija se sastoji od ovojnica, listova ili drugih odvojivih vezivnih tkiva. Ovaj pojam ne uključuje samo mišićne ovojnice nego također i ovojnice unutarnjih organa i odvojive strukture koje su s njima povezane“ (FIPAT 2011).

Gray's Anatomy fasciju definira na sljedeći način: „Fascija je pojam koji se odnosi na nakupine vezivnog tkiva koje su dovoljno velike da budu vidljive golim okom. Tu se ubrajaju različite strukture, ali općenito su kolagena vlakna fascije isprepletana, a rijetko imaju kompaktnu, paralelnu orijentaciju karakterističnu za tetive i aponeuroze“ (Standring, 2008).

Prema *Dorland's Illustrated Medical Dictionary*: „Fascija je list ili snop vezivnog tkiva koji je smješten duboko pod kožom ili formira ovojnici mišića i drugih različitih organa u tijelu“ (Anderson 2012).

Stedman's Medical Dictionary: „Fascija je list vezivnog tkiva koje omata tijelo ispod kože; također omata mišiće i skupine mišića te razdvaja njihove slojeve ili same mišićne skupine“ (Stegman 2006).

ČETIRI HOLISTIČKE (FUNKCIONALNE) DEFINICIJE FASCIJE (prema Adstrum i suradnici, 2017):

Prema *Fascia Research Congress*, fascija je mekotkivna sastavnica sustava vezivnog tkiva koja se proteže ljudskim tijelom i formira trodimenzionalni matriks koji čitavom tijelu pruža strukturalnu podršku. Okružuje i prodire u sve organe, mišiće, kosti i živčana vlakna čime kreira unutarnje okruženje za funkciju organskih sustava. *Fascia Research Congress* definicijom i istraživačkim interesom za fasciju obuhvaća sva vezivna tkiva, uključujući i aponeuroze, ligamente, tetive, retinakule, zglobne čahure, organe i krvne žile, epineurij, moždane ovojnice, pokosnicu te sva endomizijska i međumišićna vlakna miofascije (Findley i Schleip, 2007).

Fascija je čvrsto vezivno tkivo koje se širi tijelom i formira trodimenzionalnu funkcionalnu neprekinutu mrežu od glave do stopala. Sustav fascije okružuje, ulazi u i funkcijski utječe na mišiće, kosti, živce, krvne žile, organe i stanice tijela. Fascija također odvaja, podupire, povezuje i štiti, osjetljiva je i mijenja se u odnosu na zahtjeve tijela. To je mreža u kojoj se informacije izmjenjuju i utječu na svaku strukturu, sustav i stanicu u organizmu (Barnes, 1990).

Fascija je sačinjena od neprekinutih listova vezivnog tkiva koji se protežu od glave do stopala te su povezani s koštanim strukturama s kojima čine integriranu strukturu. Osim vanjske površine različitih struktura tijela poput mišića, organa, živaca, krvnih žila, fascija obuhvaća i unutarnji matriks koji podupire cjelovitost ovih struktura (Paoletti, 2006).

Prema Kumki i Bonaru: (2012) „Fascija je neprekinuto viskoelastično tkivo koje tvori funkcionalni trodimenzionalni kolageni matriks. Obavija i prožima sve dijelove tijela od glave do nožnih prstiju, pa ju je stoga teško odvojiti od ostalih struktura i razviti njenu nomenklaturu.

Praktično ju je nemoguće odvojiti od ostalih dijelova tijela jer povezuje sva tkiva kako bi poboljšala njihovu funkciju i izdržljivost“.

Iako smo već istaknuli mnogobrojne definicije fascije, niti jedna nije bila dovoljno obuhvatna ni precizna. Zbog potrebe za definiranjem fascije i u anatomskom i u funkcionalnom smislu, znanstvenici su osmislili nove definicije za jasan i precizan način opisa fascije i fascijalnog sustava.

S anatomskog stajališta, fascija se odnosi na ovojnica, list ili bilo koju drugu vrstu vezivnog tkiva. Ona se može sekcijom odvojiti, a nalazi se ispod površine kože te povezuje, obavija i odvaja mišiće i druge unutarnje organe (Schleip, 2017).

S funkcionalnog stajališta, ustanovljeno je da se fascijalni sustav sastoji od trodimenzionalnog kontinuuma mekih tkiva koja sadrže kolagen, rahlo i gusto raspoređeno vezivno tkivo koje obavija tijelo. Takav sustav uključuje elemente poput masnog tkiva, vanjskih ovojnica krvnih žila, neuromišićnih ovojnica, aponeuroza, duboke i površinske fascije, epineurijuma, zglobnih čahura, ligamenata, membrana, moždanih ovojnica, periosta, retinakula, septa, tetiva, visceralne fascije i svih ostalih unutar-mišićnih i međumišićnih vezivnih tkiva uključujući endomizij, perimizij i epimizij. Poput neprekidne mreže, fascijalni sustav međusobno prožima i obavija sve unutarnje organe, mišiće, kosti i živčana vlakna, tijelu daje funkcionalnu strukturu te pruža okruženje u kojem svi sustavi tijela funkcioniraju na usklađen način (Schleip, 2017).

Fasciju u ljudskom tijelu možemo podijeliti na više načina, a općenita podjela podrazumijeva površinsku i duboku fasciju, dok duboka fascija obuhvaća još aponeurotičnu i epimizijsku fasciju. Nije isto obavija li fascija mišić, živac ili određeni organ, zato i postoje različiti slojevi odnosno vrste fascije. Svaka od tih fascija obavlja određenu funkciju.

Iako mnogi kirurzi pod pojmom fascija smatraju samo duboku fasciju, znanstvenici proučavajući ljudsko tijelo ističu podjelu na površinsku i duboku fasciju. Za površinsku fasciju se smatra da je poput sloja areolarnog vezivnog tkiva ili masnog tkiva te da se nalazi neposredno ispod površine kože. Za duboku fasciju karakteristično je da je ona čvršće, gusto vezivno tkivo koje je neprekidno te je uređena poput listova i oblikuje prostor oko, ali i ispod mišića i tetiva (Benjamin, 2009).

2.1 POVRŠINSKA ILI SUPERFICIJALNA FASCIJA

Ukratko, superficijalna ili površinska fascija nalazi se neposredno ispod kože te prožima cijelo tijelo poput neprekidne mreže, a njezina debljina varira ovisno o regiji i površini tijela te spolu, o čemu će biti više govora u narednom tekstu.

Prema talijanskoj i njemačkoj školi, termin 'superficijalna' fascija je vezivni sloj koji dijeli donji sloj kože na površinsku i duboku, labavo organiziranu i bogatu masnim tkivom. Sastavljena je od labavo zbijenih i isprepletenih kolagenih vlakana pomiješanih s obilnim elastičnim vlaknima (Stecco i suradnici, 2016). Abu-Hijleh i suradnici (2006) ističu da se raspored i debljina mijenjaju ovisno o regiji tijela, površini tijela, a razlike također postoje između spolova. Tako je fascija deblja u donjim nego u gornjim ekstremitetima, posteriorno u odnosu na anteriorni dio tijela te kod žena u usporedbi sa muškarcima. Makroskopski, superficijalna fascija pojavljuje se kao dobro definirana membrana i može se secirati skalpelom. Mikroskopski se njezina struktura može opisati kao multilamelarna ili kao tijesno nabijeno saće. Superficijalna fascija usko je povezana s površinskim venama i limfnim žilama.

2.2 DUBOKA FASCIJA

Duboka fascija odnosi se na dobro organizirane, guste, vezivne slojeve koji se međusobno prožimaju i obavijaju mišiće, kosti, živce i krvne žile te se zajednički povezuju i čine čvrstu, kompaktnu i stalnu materiju. Duboka fascija oko kostiju naziva se periost, oko tetiva ju nazivamo paratenon, a oko krvnih žila i živaca neurovaskularne ovojnice. Oko zglobova ojačava čahure i ligamente. Smatra se da su paratenon, neurovaskularna ovojnica i periost posebne vrste duboke fascije, ne samo zbog njihove neprekidnosti nego i zbog istih histoloških značajki (Stecco i suradnici, 2016).

Osim što duboka fascija obavija sve mišiće, ona obavija i mišićna vlakna i mišićne snopove. Stecco i suradnici (2016) ističu da obzirom na debljinu sloja i povezanost s podležećim mišićima, razlikujemo aponeurotičnu i epimizijsku fasciju. U odnosu na površinsku fasciju, duboka fascija nije toliko elastična.

Aponeurotična fascija se sastoji od snopova kolagenih vlakana usklađenih s glavnim osima tijela. Posljedično, uzdužne i kose linije duboke fascije su poput tetive koje omogućavaju prijenos sile kroz udove. Još jedna važna karakteristika aponeurotične fascije je sposobnost prilagodbe na različit volumen mišića u kontrakciji. U poprečnom smjeru, snopovi kolagenog tkiva su manje kompaktni pa se rahlo vezivno tkivo lako odvaja jedno od drugog. Povećana pokretljivost snopova kolagenog tkiva omogućava aponeurotičnoj fasciji da se adaptira na različit volumen mišića, naročito ako sadrže manje elastičnog tkiva (Stecco i suradnici, 2013a).

Kako je već rečeno, razlikuju se dvije glavne vrste mišićnih fascija s obzirom na njihovu debljinu i povezanost s podležecim mišićima, a to su aponeurotična fascija i epimizijska fascija.

2.2.1 APONEUROTIČNA FASCIJA

Jedan dio duboke fascije čini aponeurotična fascija – tu ubrajamo torakolumbalnu fasciju, široku fasciju, kruralnu fasciju i druge.

Prema Stedman's medicinskom rječniku (1995), pojam aponeurotična fascija podrazumijeva sve dobro definirane vezivne ovojnice koje obuhvaćaju i zajedno drže skupinu mišića ili služe za umetanje širokog mišića. Unutar aponeurotične fascije mnogi vezivni snopovi raspoređeni su u različitim smjerovima te su vidljivi golim okom. Zbog tog je razloga aponeurotična fascija dugo vremena bila opisivana kao nepravilno gusto vezivno tkivo (Stecco, Gesi i suradnici, 2013b).

Brojni znanstvenici su dokazali da se aponeurotična fascija sastoji od dva ili tri sloja paralelnih snopova kolagenskih vlakana te da svaki sloj ima debljinu od 277 mikrometara (+- SD 86,1 mm). Slojevi paralelnih snopova kolagenskih vlakana imaju isprepleteni raspored. Kolagenska vlakna susjednih slojeva imaju različito usmjerene pravce te formiraju kutove od 75 do 80 stupnjeva. Ovakav obrazac potvrđen je pomoću 3D rekonstrukcije kruralne i torakolumbalne fascije. Svaki je sloj odvojen od susjednih jednim tankim slojem rahlog vezivnog tkiva (debljine 43 +-12 mm) koji dozvoljava međusobno klizanje slojeva. Mehanički gledano, svaki sloj se može smatrati nezavisnim, ali funkcionalno ima utjecaj na susjedno tkivo (Stecco i suradnici, 2009; Benetazzo i suradnici, 2011; Tesarz i suradnici, 2011).

Osim toga, Stecco, Gesi i suradnici (2013) navode da je aponeurotična fascija bogato inervirana pretežito u površinskom podslaju. Slobodni živčani završeci i čahure receptornih tjelešaca povezani su s okolnim kolagenskim vlaknima. Na temelju toga se može pretpostaviti da će živčani završeci biti istegnuti ili aktivirani prilikom istezanja okolne/susjedne duboke fascije. Mehanoreceptori uklopljeni u fibroznu stromu osjetljivi su na povlačenje uslijed kontrakcije podležućih mišića koje se tetivnim nastavcima prenosi na fasciju. Ovu pretpostavku potvrđuju embriogenetske studije kojima je utvrđeno da vezivna čahura svih mehanoreceptora potječe od okolnog vezivnog tkiva te je moguće da ovi elementi ostaju povezani i postnatalno, tj. tijekom čitavog života Stecco, Gesi i suradnici (2013).

2.2.2 EPIMIZIJSKA FASCIJA

Duboka fascija osim aponeurotične, obuhvaća i epimizijsku fasciju. Prema definiciji, epimizij je ovojnica građena od gustoga vezivnog tkiva koje obavija pojedinačne skeletne mišiće, a perimizij je vezivno tkivo koje u obliku tankih ovojnica obavija i odjeljuje snopove mišićnih vlakana unutar skeletnog mišića (Struna, 2022a i 2022b).

Pojam epimizijska fascija stoga označava sve tanke kolagene slojeve koji su strogo povezani s mišićima. Osim što obavijaju dijelove mišića, sposobni su prenositi silu između okolnih sinergističkih snopova mišićnih vlakana koja pripadaju ili ne pripadaju istoj motoričkoj jedinici. Prema ovoj definiciji epimizijska fascija odgovara dubokoj fasciji velikog prsnog mišića, širokog leđnog mišića, deltoidnog mišića i dubokoj fasciji većine mišića trupa (Purslow, 2010).

Epimizijska fascija ima jednaku organizaciju kao i aponeurotična fascija – višeslojno raspoređena kolagena vlakna. Smjer mišićnih vlakana mijenja se u skladu s kontrakcijom i relaksacijom mišića što potvrđuje da je stanje epimizijske fascije povezano s djelovanjem pojedinog mišića (Trotter i Purslow, 1992; Passerieux i suradnici, 2006; Purslow 1989). Npr., kolagenska vlakna vretenastog mišića često su pod kutem od 55 stupnjeva u odnosu na mišićna vlakna u mirovanju (Purslow, 2010).

McCombe i suradnici (2001) ističu da je prostor između kolagenih vlakana i epimizijske fascije ispunjen matriksom koji je bogat proteoglikanima, osobito hijaluronskom kiselinom. Velik udio

ovih makromolekula omogućuje kolagenim vlaknima da klize uz malo trenje pa je time svaki mišićni trbuh relativno neovisan od okolnih elemenata (Stecco, Gesi i suradnici, 2013).

Nadalje, epimizijska fascija sadrži i slobodne živčane završetke, ali ne i Pacinijeva i Ruffinijeva tjelešca (Stecco, Gesi i suradnici, 2013). Slobodni živčani završeci su naročito mnogobrojni oko krvnih žila. Svaki put za vrijeme mišićne akcije, mišić isteže specifični dio odgovarajuće fascije zahvaljujući svojoj čvrstoj povezanosti s epimizijskom fascijom. Primjerice, mišićna vlakana velikog prsnog mišića su različito aktivirana ovisno o stupnju pokreta u ramenom zglobu, pri čemu će se istežati različiti dijelovi fascije i, u skladu s time, aktivirati različiti intrafascijalni receptori. Stoga, između ostaloga, epimizijska fascija ima i proprioceptivnu ulogu (Stecco, Gesi i suradnici, 2013).

Općenito, čovjek je u svakom trenutku svjestan položaja svojega tijela u prostoru i međuodnosa pojedinih dijelova tijela – taj osjet nazivamo kinestezija. U tome važnu ulogu imaju kinestetički receptori koji su smješteni u mišićima, tetivama, zglobovima i koži. Epimizijska fascija povezana je s čahuram mišićnog vretena, kinestetičkog receptora smještenog u mišićima (Boyd-Clark i suradnici, 2002; Maier, 1999; Mikulić i Marković, 2016).

Povezanost mišićnih vretena i fascije potvrđena je različitim istraživanjima (Strasmann i suradnici, 1990; Von Doring i Andres, 1994). Strasmann i suradnici (1990) su analizirali septum mišića supinatora te su utvrdili da je velik broj mišićnih vretena izravno umetnut u vezivno tkivo septuma. Mišićna vretena su osjetni receptori unutar trbuha mišića koji prvenstveno reagiraju na promjene u duljini mišića, a stimulirani su već minimalnim istežanjem praga napetosti od 3 grama. U njihovoj funkciji fascija igra važnu ulogu, jer se vretena mogu skratiti pod utjecajem gama podražaja jedino ako je perimizij elastičan i prilagodljiv. Ako je epimizijska fascija gušća, onemogućit će skraćivanje mišićnih vretena i ko-aktivaciju mišićnih vlakana povezanih s dotičnim vretenom (Stecco, Gesi i suradnici, 2013). U kliničkom smislu to će značiti da neki dijelovi mišića neće biti uključeni u pokret, što modificira silu koja djeluje na zglob, što može uzrokovati neuravnoteženo kretanje zgloba, nekoordiniran pokret i bol (Stecco, Gesi i suradnici, 2013). Drugim riječima, podrijetlo boli koja se manifestira u području zgloba može zapravo biti u vezivnom tkivu mišića koji taj zglob pokreće (Stecco, Gesi i suradnici, 2013).

Mišićna vretena mogu biti aktivirana i pasivnim istezanjem, što refleksno potiče kontrakciju odgovarajućih mišićnih vlakana (npr. patelarni refleks). Ako je u tom slučaju epimizijska fascija pretjerano istegnuta, moguće je da će s njom povezana mišićna vretena biti kronično istegnuta i aktivirana, što će povezana mišićna vlakna konstantno stimulirati na kontrakciju, čime se može objasniti povišena razina acetilkolina u miofascijalnoj boli, posebno oko trigger točaka (Hubbard i Berkoff, 1993; Mense, 2001; Stecco, Gesi i suradnici, 2013). To također može rezultirati neuravnoteženim korištenjem mišića, kao i neuravnoteženim pokretom u zglobu (Stecco, Gesi i suradnici, 2013).

3 FASCIJALNA INERVACIJA

Fascijalna inervacija je složeni proces koji ovisi o većem broju čimbenika, od kojih je viskoelastičnost fascije jedan od važnijih. U fascijalnu inervaciju uključeno je više već spomenutih receptora. Nazivamo ih kinestetički receptori, neki se nalaze u mišićima, drugi u tetivama, treći u koži i četvrti u zglobovima. Svaki od navedenih kinestetičkih receptora obavlja specifičnu funkciju.

Osim kinestetičkih receptora, od iznimne važnosti su i vestibularni receptori za ravnotežu smješteni u unutrašnjem uhu. Kinestetički i vestibularni receptori čine proprioceptore, odnosno receptore koji su zaduženi za prijenos informacija o relativnoj konfiguraciji segmenata tijela. Tako se i pojam proprioceptija odnosi na informacije o orijentaciji i kretanju (dijelova) tijela u prostoru, a navedene informacije, kako je rečeno, prenose kinestetički i vestibularni receptori (Mikulić i Marković, 2016).

Moguće je da viskoelastičnost fascije može modificirati djelovanje živčanih receptora smještenih unutar fascije (Stecco, Gesi i suradnici, 2013). Mehanoreceptori reagiraju na viskoelastičnost okolnog tkiva te viskoelastičnost fascije i udio hijaluronske kiseline može modificirati njihov dinamički odgovor (Bell i Holmes, 1992; Damiano, 1999; Loewenstein i Skalak, 1966; Swerup i Rydqvist, 1996; Husmark i Ottoson, 1971; Wilkinson i Fukami, 1983). S povećanjem viskoznosti fascije slabi funkcija hijaluronske kiseline u „kliznom podmazivanju“. Isto se događa i zbog smanjenja udjela hijaluronske kiseline. Fascija se na to u određenoj mjeri može prilagoditi, ali ukoliko to prijeđe određene granice, slobodni živčani završeci postaju hiperaktivni i odašilju informaciju „boli“ (Stecco, Gesi i suradnici, 2013). Deising i suradnici (2012) su utvrdili dugotrajnu senzibilizaciju fascijalnih nociceptora na mehaničke i kemijske podražaje u području mišića uspravljača kralježnice, pri čemu je preosjetljivost bila ograničena na dublja tkiva čime se ukazalo na ulogu senzibilizacije nociceptora fascije u patofiziologiji kronične boli mišićno-koštanog sustava (Stecco, Gesi i suradnici, 2013). Pritom su slobodni završeci živčanih vlakana unutar mišićne fascije učinkovitije stimulirani kada je fascija prethodno istegnuta kontrakcijom mišića (Deising i suradnici, 2012; Stecco, Gesi i suradnici, 2013).

S obzirom da je fascije i mišiće nemoguće odvojiti, tj. može ih se promatrati samo kroz njihovo međudjelovanje, teško je u potpunosti odrediti i definirati i fascijalnu inervaciju (Stecco i suradnici, 2008). Razumijevanje fascijalne inervacije je stoga još uvijek vrlo nepotpuno i vjerojatno postoje regionalne razlike od funkcionalnog značaja, kao što je slučaj kod ligamenata. Npr. Hagert i suradnici (2007) opisuju ligamente zapešća koji su mehanički bitni, ali slabo inervirani i, s druge strane, ligamente koji imaju ključnu ulogu u osjetilnoj percepciji te su bogato inervirani, a uočeno je i da su krvne žile istaknutije u bolje inerviranim ligamentima (Hagert i sur. 2005). Analogno tome, Stecco i suradnici (2007a) navode da su aponeuroza dvoglavoga mišića nadlaktice i tendinozna ekspanzija velikog prsnog mišića puno slabije inervirane od fascije s kojom se spajaju.

Uspoređujući s histološkom građom tetiva i ligamenata, u kojima su živci i krvne žile uklopljeni u rahlo vezivno tkivo (Hagert i suradnici, 2007), moglo bi se očekivati da će fascijalni živci također biti okruženi areolarnim vezivnim tkivom. Također je za očekivati da razine mehaničkog opterećenja kojima je gusto vezivno tkivo prilagođeno ne pogoduju bliskom smještaju živaca i gusto zbijenih kolagenih vlakana, te da bi abnormalne razine mehaničkog opterećenja mogle biti i u podlozi oštećenja živca, npr. u retinakulu koljena (Sanchis-Alfonso i Rosselo-Sastre, 2000). Ipak, Stecco i suradnici (2007a) tvrde da su fascijalni živci usko povezani s gusto zbijenim kolagenim vlaknima i da su smješteni unutar same fascije.

Neka od živčanih vlakana povezanih s fascijom su adrenergička i vjerojatno će sudjelovati u kontroli lokalnog protoka krvi, a druga mogu imati proprioceptivnu i nociceptivnu ulogu. Zanimljivo je, međutim, da Bednar i suradnici (1995) u mikroskopskoj studiji nisu uspjeli pronaći niti jedno živčano vlakno u uzorcima torakolumbalne fascije uzetima tijekom operacije pacijenata s kroničnom boli leđa.

Ukupno gledano, fascijalna inervacija je vrlo složeni proces koji još nije posve objašnjen i istražen. U nastavku teksta bit će opisani poznati fascijalni receptori i njihove funkcije.

4 FASCIJALNI RECEPTORI

Fascijalna mreža jedan je od naših najbogatijih osjetilnih organa (Schleip, 2017). Fascija sadrži četiri tipa osjetnih živčanih završetaka koji reagiraju na mehaničku stimulaciju: Golgijeve tetivne organe, Ruffinijeve receptore, Pacinijeva tjelešca i intersticijske receptore. Nazivamo ih još i fascijalnim mehanoreceptorima jer reagiraju na mehaničku napetost i/ili pritisak. Nalaze se unutar mišića, kao i izvan mišića te u fascijalnim tkivima. Svaki od ovih mehanoreceptora reagira na određenu vrstu taktilnog podražaja ili dodira, pa se i u manualnoj terapiji koriste specifične tehnike kako bi se optimizirala stimulacija specifičnih mehanoreceptora u fascijalnim tkivima (Schleip, 2017).

4.1 STIMULACIJA MIŠIĆNIH VRETENA

Mišićna vretena su najvažniji kinestetički receptori u mišiću, a posebno ih je velik broj u površinskih manjih skeletnih mišića koji precizno kontroliraju pokret (npr. mišići šake) (Mikulić i Marković, 2016). Mišićno vreteno se sastoji od infrafuzalnih i ektrafuzalnih mišićnih vlakana, pri čemu su intrafuzalna na oba kraja spojena na ektrafuzalna vlakna te mijenjaju svoju duljinu ovisno o promjeni duljine ektrafuzalnih vlakana (Mikulić i Marković, 2016).

U manualnoj terapiji gnječenje (*petrissage*), tehnika švedske masaže, može dobro stimulirati mišićna vretena (Schleip, 2017). Kako bi se miotatički refleksni luk koristio u smjeru opuštanja mišića, terapeut rukama hvata dva veća dijela mišićnog tkiva i pomiče ih jedno prema drugome, smanjujući dužinu mišićnih vretena u području između obje ruke, čime se smanjuje tonus unutar vlakana vretena što bi trebalo izazvati smanjenje mišićnog tonusa (Schleip, 2017). Drugačiji oblik ove tehnike ponekad se koristi u sportskoj masaži s ciljem povećanja tonusa mišića prije samog sportskog nastupa (Schleip, 2017). U ovom slučaju ruke se odmiču jedna od druge u ritmu čime se izaziva učinak istežanja, aktivira miotatički refleks koji isteže mišićna vretena i stimulira regulaciju aktivnog mišićnog tonusa (Schleip, 2017).

4.2 STIMULACIJA GOLGIJEVIH RECEPTORA

Golgijevi receptori smješteni su u tetivama, nalaze se u blizini površine mišićno-tetivnog tkiva te ih nazivamo i Golgijevi tetivni organi. Reagiraju na količinu napetosti u tetivi. S obzirom da se napetost tetive povećava pri kontrakciji mišića, a smanjuje se pri relaksaciji mišića, ovi receptori su najviše podraženi kad je mišić najkraći. Dakle, mišićna vretena su najaktivnija pri istezanju mišića, a Golgijevi receptori pri kontrakciji. Golgijevi receptori imaju dvije uloge: informativnu i zaštitnu. Zaštitna im je funkcija da signaliziraju prisutnost opasno visoke razine napetosti u mišiću, a informativna funkcija obuhvaća prijenos osjetnih informacija prema kralježničnoj moždini (Mikulić i Marković, 2016).

Za miofascijalnu mobilizaciju tipično je izazivanje sporijih deformacija tkiva pri čemu je fokus na opuštanju tonusa (Schleip, 2017). Stimulacija Golgijevih receptora potaknut će opuštanje mišićnih vlakana koja su mehanički povezana s područjem stimulacije. Da bi se pritom osiguralo da se istezanje postigne i u mišićnim i u rigidnijim kolagenim vlaknima, mobilizacija tkiva vrši se preko područja mišićnog trbuha, a ne hvatišta, čime se nastoji potaknuti aktivacija Golgijevih receptora i u mišićnim i u kolagenim vlaknima. Uobičajena tehnika za to, koja je dio Bowenove metode, uključuje poprečno trenje preko trbuha mišića radi poticanja barem privremenog lokalnog mišićnog opuštanja stimuliranjem Golgijevih receptora (Schleip, 2017). Ukoliko se pak tretiraju tetivna područja, od klijenta se traži da dotični mišić kontrahira protiv vanjskog otpora dok terapeut primjenjuje umjerenu do jaku stimulaciju (uobičajeno 10-50 N/cm²) na kolageno tkivo napete tetive tog mišića, što se može postići korištenjem tehnike post-izometričke relaksacije, često korištene u proprioceptivnoj neuromuskularnoj facilitaciji (PNF) (Schleip, 2017). Osoba tad 60-90 s kontrahira muskulaturu protiv otpora koji pruža terapeut, nakon čega slijedi relaksacija, a ponekad se prije konačnog opuštanja uključuje i kratka kontrakcija antagonista (Schleip, 2017).

Napredniji pristup proprioceptivnoj stimulaciji su tzv. pandikulacije (Schleip, 2017), pri kojima terapeut primjenjuje vanjski otpor, ali klijent protiv tog otpora mora vršiti pokret ekstremiteta vrlo sporo i kontinuirano, nakon čega se ekstremitet ponovo povlači prema tijelu protiv umjerenog otpora terapeuta, što se također izvodi vrlo kontrolirano, sporo i bez naglih prekida – potrebno je postići „glatku“ koncentričnu i ekscentričnu aktivaciju u trajanju 60-90 s, nakon

čega slijedi kratka izometrična kontrakcija antagonističkih mišića uz stimulaciju fascijalnog tkiva tetivnog dijela mišića (Schleip, 2017).

U izduživanju tkiva, Golgijev tetivni organ igra i važnu ulogu u fiziološkom fenomenu naziva autogena inhibicija, često korištenom u statičkom istežanju. Ukoliko se zadržava istegnut položaj mišića, povećat će se napetost u mišiću i tetivama, što će podražiti i aktivirati Golgijev tetivni organ, poništiti djelovanje mišićnih vretena u dotičnom mišiću i opustiti ga (Mikulić i Marković, 2016).

4.3 STIMULACIJA PACINIJEVIH TJELEŠĆA

Pacinijeva tjelešca su dublje smješteni kožni receptori zaduženi za registriranje i prijenos osjetnih informacija povezanih s vibracijama visoke frekvencije, posebno za početak i prestanak vibracija. Postoje i modificirana Pacinijeva tjelešca smještena u zglobnim čahurama, koja se mogu aktivirati u manualnoj stimulaciji fascijalnih tkiva (Mikulić i Marković, 2016; Schleip, 2017).

Primjer je stimulacija receptora intervertebralnih zglobova u cervikalno-torakalnoj regiji. Osoba leži na desnom boku, a terapeut sjedi iza nje. Terapeut započinje s laganim podizanjem trnastog nastavka C6, C7 ili T1 za nekoliko milimetara u smjeru prema gore. Uхваćeni nastavak terapeut zatim lagano pomiče dva do četiri puta u nasumičnom smjeru prije nego što ga ponovno spusti u početnu poziciju. Postupak se ponavlja u različitim pravcima podizanja, varirajući između kranijalnih i kaudalnih smjerova, svaki se kralježak na taj način tretira jednu do dvije minute, duž navedenih regija, a tretman mora biti usklađen s obrascem disanja klijenta. Cilj je pomicanje susjednih mobilnih segmenata i utjecaj na svojevrsno kortikalno re-mapiranje sheme tijela u mozgu (Schleip, 2017).

4.4 STIMULACIJA RUFFINIJEVIH TJELEŠĆA

Ruffinijeva tjelešca su kožni receptori koji, za razliku od Pacinijevih tjelešćaca, registriraju i prenose informacije o blagom dodiru, tj. vibracijama niske frekvencije, a smješteni su uz površinu kože (Mikulić i Marković, 2016). U zglobnim čahurama se nalaze modificirana

Ruffinijeva tjelešca koja se također mogu stimulirati u tehnikama fascijalne mobilizacije (Mikulić i Marković, 2016; Schleip, 2017).

Terapeut polaganim, ali čvrstim dodirima treba primijeniti bočno tangencijalno smicanje na kožu i fascijalne membrane ispod potkožnog rahlog vezivnog tkiva (Schleip, 2017). Klizanje ruke terapeuta po koži klijenta mora se izvoditi najsporijom mogućom kontinuiranom brzinom (kod iskusnog terapeuta čak i ≤ 1 cm u sekundi) (Schleip, 2017). Terapeut prema osjećaju određuje položaj svojih ruku radi osiguranja što bolje relaksacije tkiva, a ponekad se i od klijenta traži da aktivnim pokretom podupre ovu tehniku (Schleip, 2017).

4.5 STIMULACIJA SLOBODNIH ŽIVČANIH ZAVRŠETAKA

Slobodni živčani završeci ubrajaju se u kožne receptore te se, kao i Ruffinijeva tjelešca, nalaze uz površinu kože – npr. taktilna C-afrentna vlakna u dermisu dlakave kože ljudi (i drugih sisavaca) (Schleip, 2017). U cilju njihove stimulacije koriste se terapijske metode koje obično uključuju nježno i sporo glaćenje koje u inzularnom režnju potiče osjet tzv. 'socijalnog dodira' koji pogoduje općem osjećaju dobrobiti i relaksacije, a u literaturi se opisuje i utjecaj ovakve tehnike na promjene u imunološkim, psihosocijalnim i neurofiziološkim pokazateljima (McGlone i suradnici, 2014; Schleip, 2017).

Slobodni živčani završeci C-vlakana i A-delta vlakana visoko su zastupljeni i u fascijalnom tkivu periosta, na čemu se temelji stimulacija snažnim pritiskom na površine kosti dok se u klijenta ne primijeti blaga simpatička aktivnost, poput proširenja zjenica, pojačanog i produženog udisaja, pojačane cirkulacije lica i/ili okretanja glave i očiju prema dotičnom dijelu tijela (Hertling i Kessler, 2006; Schleip, 2017). Pritom terapeut treba pripaziti da klijent ne reagira reakcijom povlačenja (npr. fleksija i odmicanje trupa, zadržavanje daha i sl.). Dapače, od klijenta se može tražiti da aktivnim pokretom još dodatno poveća osjećaj pritiska. Nakon postizanja opisanog simpatičkog odgovora, terapeut prestaje s dodirima u trajanju od barem tri do pet ciklusa disanja klijenta dok se ne primijeti relaksacija te se prelazi na stimulaciju susjedne regije periosta (Schleip, 2017). U slučaju hiperalgezije određene regije, tretman se započinje u susjednim regijama normalnog osjeta te se njihovom relaksacijom dalje približava zoni hiperalgezije postizujući postupnu desenzitizaciju i povećanje otpornosti na bol (Bingel i Tracey, 2008; Schleip, 2017).

Zaključno, svi opisani fascijalni mehanoreceptori smješteni su u različitim regijama, osjetljivi su na određenu vrstu dodira ili druge vrste podražaja i obavljaju zasebne funkcije. Stimulacija fascijalnih receptora u terapijskom smislu je vrlo kompleksna i zahtijeva njihovo dobro poznavanje. Smještaj i funkcija receptora sažeti su u Tablici 1.

Tablica 1. Mehanoreceptori i njihova uloga

Anatomski smještaj	Receptor	Što registrira (na što je osjetljiv)
Mišić	Mišićno vreteno	Duljina, tj. veličina istegnutosti mišića i brzina promjene istegnutosti mišića
Tetiva	Golgijev tetivni organ	Sila (količina napetosti u tetivi)
Koža	Pacinijeva i Ruffinijeva tjelešca, slobodni živčani završeci	Pritisak na kožu, pomak kože

Modificirano prema Mikulić i Marković, 2016, *Motorička kontrola*, str. 20 i Schleip, 2017.

5 FUNKCIJE FASCIJE

5.1 FORMIRANJE MIŠIĆNIH PREGRADA I FUNKCIJA MIŠIĆNOG HVATIŠTA

Osim potporne, fascija ima i funkcionalnu ulogu. I jedna i druga uloga imaju svoje posebnosti, a fascijalni sustav djeluje zajednički, i u mirovanju i u izvođenju pokreta. Benjamin (2009) ističe da je jedna od glavnih uloga duboke fascije da služi kao sredstvo za zadržavanje i odvajanje skupina mišića u relativno dobro definirane prostore koje nazivamo odjeljci. Duboka fascija povezuje ove odjeljke, ali ujedno prenosi i opterećenje između njih. U izgradnji odjeljaka (kompartmenta) fascija djeluje zajedno s kostima i intermuskularnim pregradama, pa se odjeljci ponekad nazivaju i osteofascijalnim odjeljcima. Na ekstremitetima su smješteni karakteristični odjeljci koji odvajaju funkcionalne skupine mišića s karakterističnim embriološkim podrijetlom, opskrbom krvlju i inervacijom. Odjeljci se nazivaju u skladu sa svojim položajem (anteriorni, posteriori, medijalni, lateralni, itd.) ili djelovanjem mišića koji se u njima nalaze (fleksori, ekstenzori, evertori, aduktori, itd.) (Benjamin, 2009).

Fascijalne međumišićne pregrade se često hvataju na periost, tj. fascija najčešće ostvaruje kontakt s kosti tako da se na nju pričvrsti (Grant, 1948). Stoga su fascijalne enteze često uključene i u sindrome prenaprezanja, poput, npr. medijalnog tibijalnog stres sindroma u kojem učinak tetiva uslijed ekscentrične mišićne kontrakcije povećava vlačno opterećenje na duboku fasciju i konačno se prenosi na mjesto hvatanja fascije na tibiju, pri čemu postoji linearna povezanost između napetosti tetiva i razine naprezanja u tibijalnoj fasciji (Bouche i Johnson, 2007).

Na mjestima na kojima duboka fascija i međumišićne pregrade razdjeljuju mišiće, mogu poslužiti i kao njihovo hvatište, zbog čega je takva fascija posebno debela (Grant, 1948). Jedan od najutjecajnih anatoma dvadesetog stoljeća, Frederic Wood Jones uveo je pojam *ektoskelet* kojim opisuje ulogu fascije kao hvatišta mišića, kao svojevrzni „mekotkivni kostur“ koji u ulozi hvatišta nadopunjuje funkciju kostiju (Wood Jones, 1944). To se slaže i sa suvremenim konceptom miofascije, odnosno miofascijalnog prijenosa sile unutar skeletnog mišića (sila se ne prenosi samo na tetivu nego i na elemente vezivnog tkiva unutar i izvan skeletnog mišića) (Huijing i suradnici, 1998; Huijing, 1999). Postavlja se pitanje u kojoj mjeri se mišići hvataju

na kost, a u kojoj na fascijalne strukture. Tako su Kalin i Hirsch (1987) utvrdili da samo osam od 69 seciranih tabanskih međukoštanih mišića ima hvatište isključivo na kosti, a ostali su imali hvatišta i na ligamentima i fascijama što ih je međusobno povezivalo u funkcionalnu jedinicu. Chang i Blair (1985) su utvrdili da se poprečna glava aduktora palca šake hvata na fasciju dlanskih međukoštanih mišića, što ranije nije utvrđeno, a može objasniti koordiniranu aktivnosti ovih mišića putem međusobnih fascijalnih veza (Mardel i Underwood, 1991).

Fascijalni put prijenosa sile među mišićima istražuju brojne studije (Huijing i Baan, 2001a). Huijing i suradnici (2003) ističu da mišiće koje općenito promatramo kao anatomski izolirane jedinice, ne možemo smatrati funkcionalno izoliranim jedinicama te se sugerira i koncept da su agonisti i antagonisti mehanički spojeni preko fascije (Huijing, 2007). Tako, prema Huijing (2007), sile koje se stvaraju unutar mišića glavnog agonista mogu djelovati na tetivu antagonističkog mišića te se miofascijalni prijenos sile može odvijati između svih mišića određenog dijela ekstremiteta.

Znanstvenici ističu i međudjelovanje fascije koja formira mišićne pregrade i kostura (Huijing i suradnici, 2003; Wood Jones, 1944) te sugeriraju da je jedna od funkcija prijenosa miofascijalne sile stabilizacija kostura i time povećanje njegove funkcije. Posljedično se otvara i pitanje mijenjaju li operacije poput fasciotomije (poduzete radi smanjenja intrakompartmentalnog tlaka) kapacitet stvaranja mišićne sile, pri čemu Huijing i Baan (2001b) izvještavaju o značajnim promjenama u silama koje stvaraju mišići donjeg ekstremiteta štakora nakon fasciotomije. Na sličan način i zahvati tenotomije mogu utjecati na prijenos sile susjednih mišića, budući da susjedni mišići mogu međusobno biti čvrsto vezani ekstramuskularnim vezivnim tkivom.

Wood Jones (1944) je ektoskeletnu funkciju fascije donjih ekstremiteta povezo s čovjekovim uspravnim stavom, pri čemu neki mišići imaju posebnu važnost u funkciji donjeg ekstremiteta kao „stupa“ koji podupire težinu tijela u uspravnom stavu. U tom su smislu posebno važni veliki stražnjični mišić i mišić zatezač široke fascije, kao primjeri mišića koji se vežu pretežno na duboku fasciju, a ne na kost (Wood Jones, 1944).

Ektoskeletna uloga fascije je posebno očita u odnosu na unutarnje mišiće stopala i prednji goljenični mišić u proksimalnom dijelu potkoljenice. Prednji goljenični mišić ima čvrsto fascijalno hvatište s uzdužnom orijentacijom fascijalnih vlakana paralelno s uzdužnom osi

mišića. Nasuprot tome, duboka fascija na stražnjoj strani potkoljenice uopće ne služi kao hvatište mišića (Grant, 1948). To omogućuje gastroknemijusu kretanje neovisno o svojoj fasciji tijekom snažnih kontrakcija koje izvodi u funkciji prije spomenutog podnošenja težine. Nevezanost mišića za fasciju važna je i za kirurške intervencije na ovoj anatomskej lokaciji (Niechajev, 2005).

Duboka fascija koja pokriva plosnate prsne mišiće je tanka i odgovara funkciji širenja i sužavanja prsnog koša tijekom disanja (Grant, 1948). Nasuprot tome, duboka fascija potkoljenice je osobito velike debljine s obzirom na njezine funkcije ektošketa i formiranja mišićnih pregrada. Mišićne pregrade se iz duboke fascije spajaju s pokosnicom goljenične i lisne kosti i oblikuju odjeljke za mišiće dorzalne fleksore, peronealne mišiće i plantarne ekstenzore. Ukoliko se tlak unutar odjeljka koji je obavijen čvrstom dubokom fascijom poveća, umanju se ili onemoguću protok krvi. To se naziva sindrom odjeljka ili kompartment sindrom. Posebno je značajan ovaj sindrom u području prednjeg kompartmenta u kojemu su smješteni mišići koji vrše dorzalnu fleksiju (uključujući i prednji goljenični mišić). Radi se o opasnom stanju koje se može pojaviti kao rezultat iznenadne ozljede (npr. hematoma u odjeljku) ili kao posljedica sindroma prenaprežanja (Benjamin, 2009). Ishemija mišića koja se razvija može zahtijevati hitnu fasciotomiju, a izostanak ovog zahvata potencijalno može izazvati i ozbiljne sistemske komplikacije uključujući zatajenje bubrega (Mubarak i Owen, 1975). Kompartment sindromi se mogu razviti na različitim mjestima, a bitno je naglasiti da su fascijalni odjeljci u području šake i stopala maleni (odgovaraju veličini mišića; Grant, 1948) te se u njima pritisak i opstrukcija krvog protoka mogu razviti brzo (Benjamin, 2009).

Hvatanje naizgled različitih mišića na zajedničku fasciju znači da fascija u funkcijskom smislu usklađuje mišićnu aktivnost (Benjamin, 2009). Tako su Vleeming i suradnici (1995) istaknuli važnost torakolumbalne fascije u integraciji aktivnosti mišića za koje se tradicionalno smatra da pripadaju donjim ekstremitetima, gornjim ekstremitetima, kralježnici ili zdjelici što zapravo ukazuje na važnu ulogu fascije u integraciji prijenosa opterećenja između tih različitih regija (Benjamin, 2009). Vleeming i suradnici (1995) su tako sugerirali da veliki stražnjični mišić i široki leđni mišić zbog zajedničkog hvatišta na torakolumbalnoj fasciji sudjeluju u koordiniranju kontralateralnih pokreta ruku i nogu tijekom trčanja ili plivanja. Barker i suradnici (2007) opisuju mehaničku vezu između poprečnih trbušnih mišića i pokreta u leđnim segmentima putem torakolumbalne fascije što se može koristiti kao temelj za manualnu terapiju u određenih oblika križobolje. Stecco i suradnici (2007a,b; 2008) sugeriraju da bazična razina

napetosti koju u fasciji zajednički vrše mišići pregibači i ispružači doprinosi miofascijalnom kontinuitetu i možda aktivira specifične obrasce fascijalnih proprioceptora (Benjamin, 2009). Jedan od najboljih primjera fascijalne povezanosti mišića je hvatište mišića podlaktice koji se hvataju u području lateralnog epikondila nadlaktične kosti. Radi se o relativno maloj koštanoj površini koja se općenito opisuje kao zajedničko polazište mišića ekstenzora. Zapravo se ti mišići međusobno vežu jedan za drugi putem fascije i na taj se način mogu hvatati i na vrlo ograničenu površinu kosti (Benjamin, 2009). Briggs i Elliott (1985) su sekcijom 139 ekstremiteta otkrili da se mišić kratki palčani ispružatelj zapešća izravno hvata za područje epikondila samo u 29 slučajeva, dok je daleko češće fascijom bio povezan s mišićem dugim palčanim ispružateljem zapešća, ispružateljem prstiju, supinatorom i palčanim kolateralnim ligamentom.

5.2 CIRKULACIJSKO-POTPORNA FUNKCIJA DUBOKE FASCIJE

Važna funkcija duboke fascije ekstremiteta je da ovija duboko smještene mišiće. Kad se mišići kontrahiraju protiv čvrste, guste i otporne fascije, vene i limfne žile unutar mišića se stisnu, što, uz njihove zaliske, osigurava protok krvi i limfe u smjeru prema srcu. To se naziva fenomenom mišićne pumpe (Benjamin, 2009). Wood Jones (1944) naglašava da je važnost mišićne pumpe za venski i limfni povratak jedan od razloga zašto je duboka fascija u donjem ekstremitetu općenito razvijenija nego u gornjem.

Antigravitacijska priroda mišićne pumpe posebno je jasno vidljiva u slučajevima dugotrajnog mirnog stajanja (npr. vojnici u ceremonijalnoj straži) kad može nastupiti značajno nakupljanje krvi u potkoljenicama i stopalima pri čemu zbog neadekvatnog venskog povrata može doći do nesvjestice (Benjamin, 2009). Također, mišićna pumpa je vrlo važna u etiologiji duboke venske tromboze. Stagnacija perifernog krvotoka koja proizlazi iz dugih razdoblja nekretanja (tj. izostanka mišićne aktivnosti) može dovesti do stvaranja krvnih ugrušaka (Benjamin, 2009). U ekstremitetima se s jedne, odnosno druge strane duboke fascije nalaze površinske i duboke vene koje su međusobno povezane perforirajućim venama koje prolaze kroz duboku fasciju (Meissner i suradnici, 2007). Površinske, duboke i perforirajuće vene imaju zaliske koji sprječavaju povratni tok i pomažu u podjeli hidrostatskog stupca krvi u segmente, a ukoliko su insuficijentni, umanjuju učinak mišićne pumpe (Meissner i suradnici, 2007). Perforirajuće vene u stopalu nemaju zaliske te omogućuju dvosmjerni protok krvi (Benjamin, 2009). Prema

Meissneru i suradnicima (2007), mišićna pumpa potkoljenice lista je najznačajnija i ima najveći kapacitet, ali cijeli proces započinje u mišićnoj pumpi stopala, dok mišićne pumpe u natkoljenici imaju minimalan utjecaj.

Već su u prethodnom odjeljku spomenuti slučajevi kompartment sindroma ili sindroma odjeljka u kojima duboka fascija može imati i previše sputavajući utjecaj na mišiće koji se nalaze u njoj te može doći do opasnosti od neadekvatne perfuzije jer žile mogu dulje vrijeme biti začepljene. Sindrom može biti akutan i kroničan, pri čemu akutni kompartment sindromi mogu biti povezani s traumom i krvarenjem unutar odjeljka ili prečvrstim sadrenim zavojem, a kronični mogu proizlaziti iz povećanja tlaka u odjeljku uslijed vježbanja, čime se može ugroziti normalna neuromuskularna funkcija (Bourne i Rorabeck, 1989). Akutni sindrom, kako je već spomenuto, može izazvati mišićnu ishemiju koja zahtijeva hitnu kiruršku intervenciju fasciotomije duboke fascije radi smanjenja pritiska jer se značajna nekroza može razviti i unutar 3 sata (Vaillancourt i suradnici, 2004). U lakšim slučajevima kada je kompartment sindrom uzrokovan vježbanjem, pritisak na mišiće moguće je smanjiti primjenom leda.

S obzirom na (anti)gravitacijsku važnost duboke fascije u nozi, može se pretpostaviti da bi zahvat fasciotomije mogao ozbiljno narušiti funkciju venske pumpe mišića potkoljenice. Ris i suradnici (1993) nisu utvrdili takve promjene, no Bermudez i suradnici (1998) su u kasnijem istraživanju upozorili da su pacijenti koji su imali fasciotomiju izloženi riziku od razvoja kronične venske insuficijencije dugoročno.

5.3 ZAŠTITNA ULOGA FASCIJE

U određenim regijama tijela opisuje se zaštitna uloga fascije. Athwal i suradnici (2007) tvrde da aponeuroza dvoglavoga mišića nadlaktice (lacertus fibrosus) koja proizlazi iz tetive kratke glave bicepsa brachii štiti podležće žile, uz njezinu mehaničku funkciju prijenosa sile i distalne stabilizacije same tetive (Eames i suradnici, 2007). Dlanska i tabanska aponeuroza štite žile i živce smještene dublje od njih u šaci i stopalu. One također vežu kožu za kostur i na taj način kontroliraju njezino pomicanje tijekom kretanja (Bojsen-Moller i Flagstad, 1976). No, s obzirom da fasciju čini gusto vezivno tkivo, ono nije idealno prilagođeno za zaštitu od tlačnih sila koje djeluju tijekom hodanja ili stiska šake, pa tu ulogu preuzima nestlačivo masno tkivo raspoređeno u obliku, npr. ovojnica oko digitalnih živaca u stopalu. Masno tkivo štiti i

metatarzalne kosti u obliku submetatarzalnih jastučića koji u tom području štite i tetive mišića fleksora i njihove ovojnice (Bojsen-Moller i Flagstad, 1976).

6 REGIONALNA PODJELA FASCIJE

Regionalna podjela fascija obuhvaća široku fasciju natkoljenice i iliotibijalni snop, klavipektoralnu, aksilarnu, brahijalnu, antebrahijalnu, torakolumbalnu, palmarnu, plantarnu, kruralnu i glutealnu fasciju te mnoge retinakule i ostale vezivne tvorbe koje su sve brojnije u distalnim dijelovima udova (Benjamin, 2009). Wood Jones u svojem radu (1944) argumentira da je ovakva podjela suvišna i da smeta razumijevanju općih principa fascijalne biologije te da je bitnije da se fascija promatra kao kontinuum vezivnog tkiva u cijelom tijelu koji ujedinjuje i integrira njegove različite regije (Benjamin, 2009). Ključno je da rahlo vezivno tkivo u tijelu čini cjelinu kojom krvne žile, živci i limfni sustav povezuju različite anatomske regije (Wood Jones, 1944; Le Gros Clark, 1945). Sve je više dokaza i da fascija ima važnu integracijsku funkciju kao proprioceptivni organ i da u različitim regijama tijela koordinira djelovanje različitih mišića djelujući kao zajednički ektoskelet, odnosno kao mjesto hvatanja mišića (Wood Jones, 1944). U nastavku će biti opisane karakteristike fascije u pojedinim anatomskim regijama tijela.

DLANSKA I TABANSKA FASCIJA

Dlan šake i taban stopala sadrže čvrstu ploču gustog vezivnog tkiva koja štiti podležeće žile i živce od pritiska povezanog s hvatom (u šaci) ili tjelesnom težinom (u stopalu). Obje vezivne ploče su čvrsto pričvršćene za debelu kožu koja ih prekriva, što ujedno i ograničava pomake između kože i susjednih struktura, a obje ploče šalju vezivne produžetke koji se protežu do prstiju (Benjamin, 2009). Opisana vezivna ploča u dlanu se naziva dlanska ili palmarna fascija, a u stopalu tabanska ili plantarna fascija. Obje su usko povezane s tetivama zakržljalih mišića (u dlanu je to tetiva dugog dlanskog mišića), iako neki autori (Caughell i suradnici, 1988) sugeriraju da bi dlansku fasciju i tetivu dugog dlanskog mišića trebalo promatrati kao zasebne anatomske strukture koje se razvijaju neovisno. Dugi dlanski mišić ipak služi kao zatezač dlanske i tenarne fascije (Stecco i sur. 2007b) te pomaže pri hvatanju jer osigurava čvrsto hvatište za dlansku aponeurozu (Botte, 2003).

6.1 DLANSKA FASCIJA

Dlanska fascija ili dlanska aponeuroza je trokutastog oblika, a smještena je u udubini dlana (Slika 1). Njezin vrh leži proksimalno blizu zapešća i nastavlja se u pregibnu mrežicu i tetivu dugog dlanskog mišića, a baza fascije leži distalno blizu prstiju i u prste šalje četiri vezivna produžetka koji se spajaju s fibroznim ovojnica fleksornih tetiva (Fifield, 1939; de-Ary-Pires i suradnici, 2007). Ogranci vezivnih snopova formiraju kožne ligamente koji se nazivaju Clelandovi i Graysonovi ligamenti, a funkcija im je da stabiliziraju neurovaskularne strukture prstiju tijekom pokreta prstiju te da učvršćuju kožu da bi se ograničilo njezino pomicanje tijekom pregibanja prstiju (de-Ary-Pires i suradnici, 2007). Između četiri digitalna nastavka nalaze se tri prostora ispunjena masnim tkivom koji sadrže neurovaskularne snopove i glistolike mišiće, a imaju kliničku važnost vezanu uz širenje infekcija s prstiju u subaponeurotične prostore dlana (Fifield, 1939). Sličnu važnost ima i list međukoštane fascije koja prekriva međukoštane mišiće i metakarpalne kosti i doprinosi formiranju potencijalnog dubokog fascijalnog prostora dlana između tog vezivnog lista i tetiva dubokog fleksora prstiju i glistolikih mišića u koji se mogu širiti infekcije (Fifield, 1939). Za treću metakarpalnu kost hvata se vertikalni septum koji duboki fascijalni prostor dijeli na medijalne i lateralne odjeljke i ograničava širenje infekcije i nakupljanje gnoja samo na jednoj strani (Fifield, 1939). Fascijalni listovi formiraju još dva potencijalna prostora sa sličnom kliničkom važnošću, tj. tenarni i srednji palmarni prostor (Fifield, 1939).

Jedna od najčešće viđenih promjena vezanih uz palmarnu fasciju i njezine odjeljke je Dupuytrenova kontraktura, u kojoj osobe imaju različit stupanj trajne digitalne fleksije, posebno na medijalnoj strani šake, zbog čega se nekad pogrešno pretpostavljalo da je uzrok vezan uz lakatni ili ulnarni živac (Clay, 1944; Hart i Hooper, 2005). Prvenstveno su zahvaćeni metakarpofalangealni i proksimalni interfalangealni zglobovi, a od terapijskih pristupa najviše se koristi operacija (npr. palmarna fasciotomija ili fasciektomija), u pacijenata koji imaju više od 30° metakarpofalangealne zglobne kontrakture (Badalamente i suradnici, 2002; de-Ary-Pires i suradnici, 2007; Townley i suradnici, 2006). Bolest se uobičajeno razvija zadebljanjem i udubljenjem kože nakon čega slijedi razvoj fibroznih čvorića koji su čvrsto povezani s kožom i na kraju tvore izdanke koji flektiraju metakarpofalangealne i proksimalne interfalangealne zglobove i stvaraju karakterističan deformitet (Townley i suradnici, 2006). Radi se o proliferativnoj fascijalnoj bolesti koja dijeli značajke sa zacjeljivanjem rana i stvaranjem

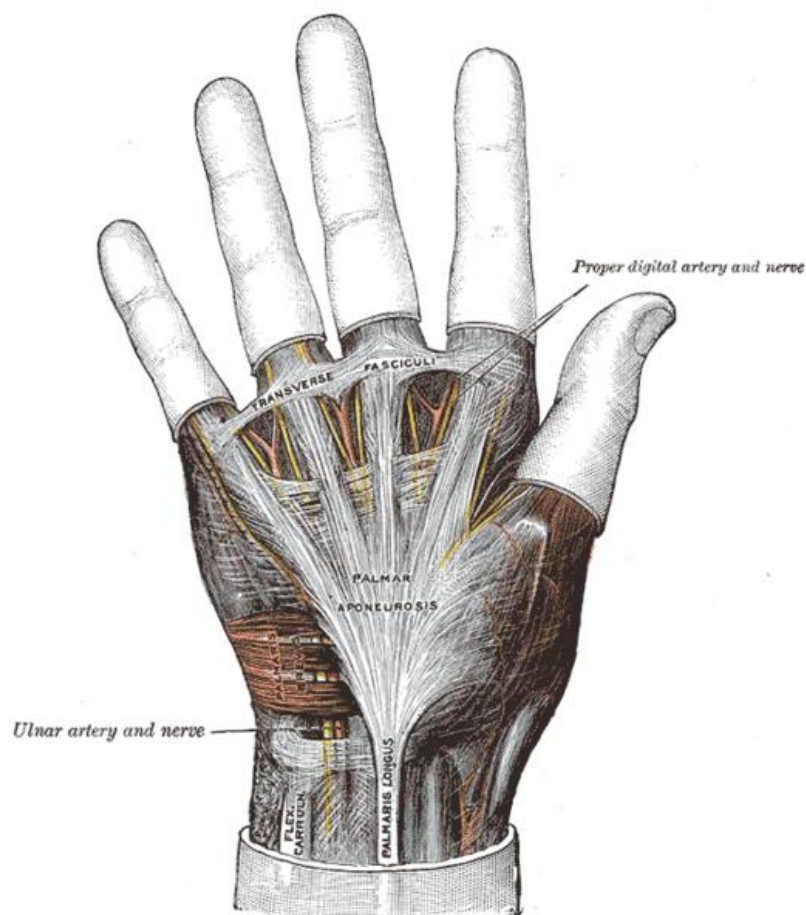
ožiljaka (Jemec i suradnici, 1999; Fitzgerald i suradnici, 1999; Townley i suradnici, 2006) te neki autori (Murrell i suradnici, 1987) tvrde da povećana proizvodnja slobodnih radikala može uzrokovati oštećenje tkiva koje potom pokreće reparativnu fibrozu i konačno rezultira kontrakturom. Dupuytrenova bolest se u povijesti medicine odavno opisuje te se čak smatra da potječe od Vikinga (Benjamin, 2009; Elliot, 1988; Flatt, 2001). Obično je bilateralna i karakteristično zahvaća muškarce starije od 50 godina, značajno utječući na funkciju šake, obavljanje svakodnevnih aktivnosti i neovisnost starijih osoba (Townley i suradnici, 2006; de-Ary-Pires i suradnici, 2007). Ova je pojava dominantna u muškaraca te je utvrđeno da su androgeni receptori više izraženi u palmarnoj fasciji pacijenata s tim stanjem nego u osoba bez takvih promjena (Pagnotta i suradnici, 2002).

Zahvaljujući učestaloj pojavi Dupuytrenove kontrakture dobro je proučen histološki sastav i profil genske ekspresije stanica u palmarnoj fasciji. Utvrđeno je da prevladava kolagen tip I (Brickley-Parsons i suradnici, 1981), dok se kolagen tipa III nakuplja u bolesnika s Dupuytrenovom bolešću, a u normalnoj palmarnoj fasciji ga praktički uopće nema (Brickley-Parsons i suradnici, 1981; Melling i suradnici, 1999). Murrell i suradnici (1991) to povezuju s visokom gustoćom fibroblasta u Dupuytrenovoj fasciji. Povećana je i ekspresija kolagena tipa IV (zajedno s fibronektinom, lamininom i tenascinom) (Berndt i suradnici, 1994). Dekorin je glavni proteoglikan, a biglikan i kondroitin sulfat prisutni su u manjoj mjeri (Kozma i suradnici, 2005). Dekorin i biglikan također su pronađeni u širokoj fasciji, a kondroitin sulfat u ožiljno promijenjenoj fasciji (Kozma i suradnici, 2000, prema Benjamin, 2009).

U patološkim stanjima palmarne aponeuroze, ali i široke fascije, utvrđene su značajne promjene i u sastavu izvanstaničnog matriksa, poput povećanja ekspresije biglikana u odnosu na dekorin te promjena u interakciji kolagen-glikozaminoglikani što može utjecati na povećanje fibrogeneze (Cordova i suradnici, 2005; Kozma i suradnici, 2000; 2005; 2007). Qian i suradnici (2004) zabilježili su pojačanu ekspresiju gena za velik broj komponenti izvanstaničnog matriksa, odnosno gena uključenih u apoptozu, upalu i proteolizu, diferencijaciju i staničnu aktivnost miofibroblasta. Promjene regulacije niza gena u fascijalnim poremećajima poput Dupuytrenove kontrakture predmet su mnogih istraživanja (Augoff i suradnici, 2006; Evan i suradnici, 1994; Forsman i suradnici, 2008; Johnston i suradnici, 2007; Lee i suradnici, 2006; Rehman i suradnici, 2008; Satish i suradnici, 2008). Rehman i suradnici (2008) stavljaju poseban naglasak na uključenost gena povezanih s formiranjem citoskeleta. Ova istraživanja su izuzetno značajna radi potencijalnog razvoja dijagnostičkih ili terapijskih agenasa (Cordova i

suradnici, 2005), iako je značajan broj promjena još nedovoljno istražen – npr. 29 disreguliranih gena iz fascijalnih fibroblasta u Dupuytrenovoj kontrakturi koje su u svojem istraživanju identificirali Satish i suradnici (2008) bilo je nepoznate funkcije.

Bisson i suradnici (2003; 2004) su naglasili značajke koje povezuju proces zacjeljivanja rana i formiranja Dupuytrenovih čvorova, osobito velik udio miofibroblasta i njihovu moguću ulogu u kontrakciji tkiva, što može igrati ulogu u objašnjenju terapijskih rezultata, ali i recidiva ove bolesti. S proliferativnom fazom ove bolesti i povećanjem broja miofibroblasta povezane su i visoke razine neuralnog faktora rasta (Lubahn i suradnici, 2007) te promijenjena ekspresija trombocitnog (Terek i suradnici, 1995) i epidermalnog (Augoff i suradnici, 2005) faktora rasta.



Slika 1. *Ilustracija palmarne aponeuroze.*
(<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gray425.png>). Public domain

6.2 TABANSKA FASCIJA

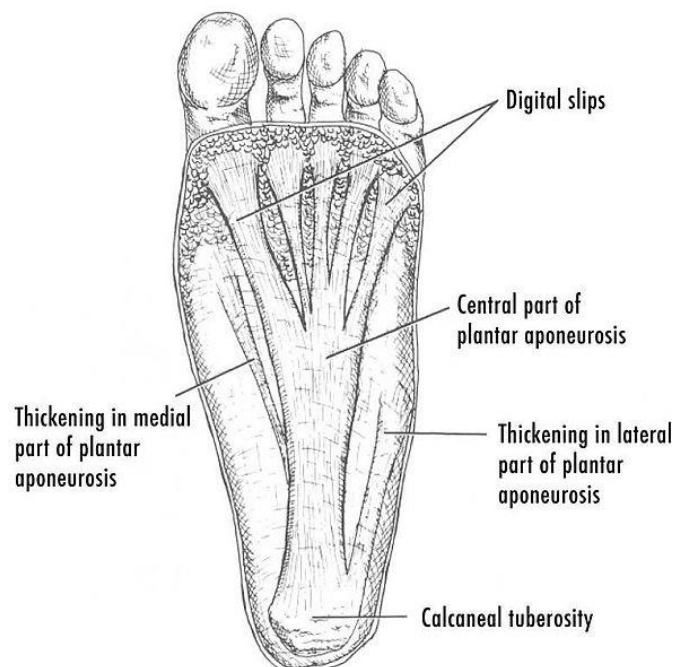
Tabanska fascija ili tabanska aponeuroza je površinski smještena ploča gustog vezivnog tkiva koja prekriva i štiti unutarnje mišiće stopala (Slika 2). Pomaže u održavanju medijalnog uzdužnog luka stopala i prenosi sile sa stražnje strane na prednju stranu stopala (Erdemir i suradnici, 2004). U mehaničkom smislu tabanska aponeuroza ima važnu ulogu tijekom propulzije kada su metatarzalne kosti pod utjecajem značajnih sila i kod kontakta stopala s tlom i ublažavanja sile reakcije podloge (Hicks, 1954; Salathe i suradnici, 1986). Sarrafian (1987) opisuje funkciju tabanske aponeuroze kao spojne grede koja ublažava opterećenje stopala jer je pod utjecajem tjelesne težine stražnji dio stopala pod tlačnim, a prednji dio pod vlačnim opterećenjem.

Tabanska ili plantarna fascija proteže se od petne kosti do distalnog dijela metatarzofalangealnih zglobova gdje se dijeli na pet dijelova – po jedan za svaki prst. Navedeni dijelovi prolaze distalno od metatarzofalangealnih zglobova stapajući se sa volarnim (tabanskim) pločama preko kojih su pričvršćeni za kostur (Bojsen-Moller i Flagstad, 1976). Također su pričvršćeni za kožu prednjeg dijela stopala u ovoj regiji. Kako se fascija hvata distalno od metatarzofalangealnih zglobova, ona se zakreće oko glava metatarzalnih kostiju dok se tijelo podiže na nožne prste i omogućuje podizanje medijalnog uzdužnog svoda stopala bez mišićnog napora (Benjamin, 2009; Hicks, 1954). Zatezanje plantarne fascije koje se odvija ovim tzv. mehanizmom „vitla“ pri odizanju stopala povećava visinu medijalnog longitudinalnog luka i pomaže da se stopalo pretvori u krutu polugu tijekom nošenja težine (Benjamin, 2009). U toj su fazi koraka metatarzalne kosti učvršćene uz tlo kako bi održale tjelesnu težinu na prstima, peta se podiže, a zatezanje plantarne fascije čije je hvatište pretežno s medijalne strane petne kosti automatski vrši inverziju, odnosno supinaciju stopala (Barthold, 2001).

U kliničkom smislu, najčešća patološka promjena u ovom području je razvoj plantarnog fasciitisa, koji je čest sindrom prenaprezanja, npr. u trkača, te uzrok petne osjetljivosti i boli, posebno u inferomedijalnom dijelu pete, na mjestu hvatanja plantarne fascije na medijalnu kvrgu petne kosti (Neufeld i Cerrato, 2008; Warren, 1990). Bol je karakteristično jača ujutro ili nakon razdoblja tjelesne neaktivnosti, a ova promjena se često povezuje s biomehaničkim odstupanjima stopala, poput prekomjerne pronacije ili visokog medijalnog uzdužnog svoda

(Bolgia i Malone, 2004). Može biti prisutan i petni trn (Abreu i suradnici, 2003; Kumai i Benjamin, 2002).

Plantarni fascitis se obično liječi konzervativno. Rjeđe je potrebna i fasciotomija, koja može imati i negativne posljedice poput smanjene stabilnosti medijalnog uzdužnog svoda i povećanog kompenzatornog opterećenja ostalih ligamenata stopala (Cheung i suradnici, 2004). Debljina plantarne fascije obično se utvrđuje ultrazvučno, iako ova metoda ima određena ograničenja - debljina plantarne fascije varira regionalno u iste osobe te mjesto mjerenja nije uvijek jasno definirano (Pascual Huerta i Alarcon Garcia, 2007). Ipak, debljina ove fascije povećana je u osoba s plantarnim fasciitisom i u dijabetičara, u kojih je zadebljanje vjerojatno posljedica glikozilacije kolagenom bogatih tkiva uslijed hiperglikemije (Barbagallo i suradnici, 1993; Duffin i suradnici, 2002; Kane i suradnici, 2001; Pascual Huerta i Alarcon Garcia, 2007). Opseg zadebljanja plantarne fascije dobar je prediktor mogućih komplikacija u osoba koje boluju od dijabetesa tipa I, a samo zadebljanje može povećati vjerojatnost nastanka ulkusa stopala zbog promijenjene biomehanike stopala i formiranja tzv. cavus (izdubljenog) stopala visokog luka (Craig i suradnici, 2008; Giacomozzi i suradnici, 2005).



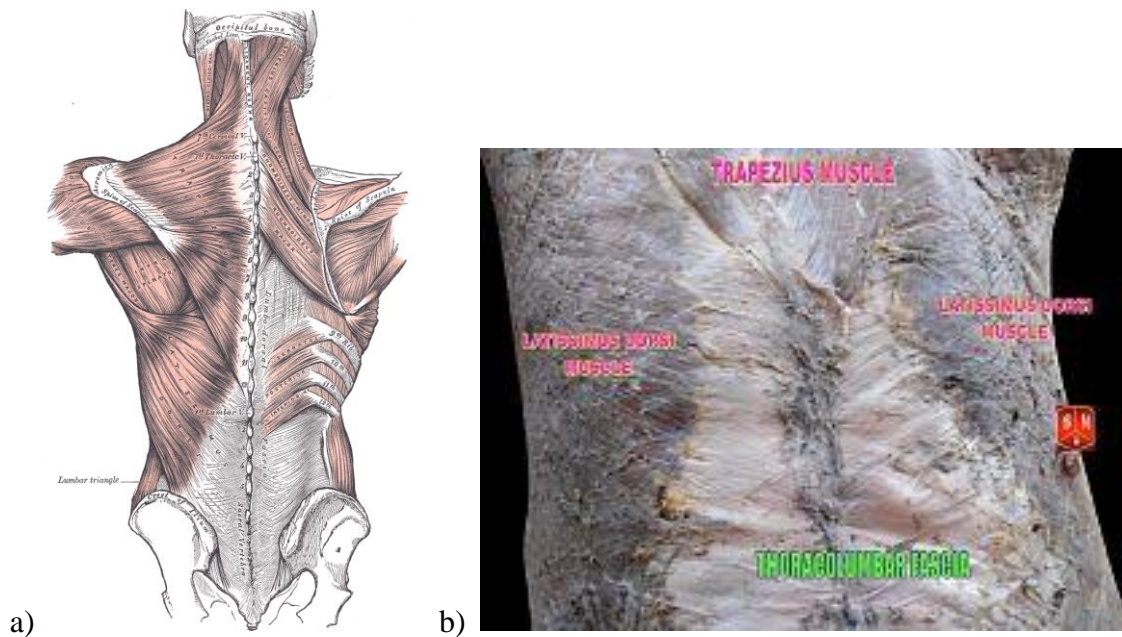
Slika 2. *Ilustracija tabanske fascije (aponeuroze).*
(<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PF-PlantarDesignCrop.jpg>). Public domain

6.3 TORAKOLUMBALNA FASCIJA

Torakolumbalna fascija, još se naziva i lumbalna ili torakodorzalna fascija, a odnosi se na duboku fasciju leđa (Slika 3). Smještena je u torakalnom i lumbalnom dijelu trupa, a pokriva i područje mišića uspravljača kralježnice (Benjamin, 2009; Standring, 2004; Vleeming i suradnici, 2007). Medijalno se hvata na trnaste nastavke prsnih kralježaka, a lateralno na rebra, blizu njihovih kutova. U lumbalnom dijelu se također hvata za trnaste nastavke kralježaka, ali uz to tvori čvrstu aponeurozu koja je lateralno povezana s plosnatim mišićima trbušnog zida. Medijalno se dijeli na prednji, srednji i stražnji sloj. Prednji i srednji sloj obavijaju četverokutni slabinski mišić, a srednji i stražnji obavijaju mišić uspravljač kralježnice i multifidus. Na donjoj strani pričvršćena je na bočnoslabinsku svezu, bočni greben i križno-bočni zglob. Putem hvatišta na trnastim nastavcima, torakolumbalna fascija se hvata i za nadtrnastu i međutrnatu svezu te na čahuru zglobova između kralježaka, pružajući centralnu potporu lumbalnoj kralježnici i raspoređujući opterećenje s mišića na zglobove (Benjamin, 2009).

Stražnji sloj torakolumbalne fascije je posebno važan u prijenosu sila između kralježnice, zdjelice i donjih ekstremiteta (Vleeming i Stoeckart, 2007). To je površinski postavljena ploča vezivnog tkiva koja (funkcionalno) povezuje dva najveća mišića tijela – *latissimus dorsi* (najširi leđni mišić) i *gluteus maximus* (veliki stražnjični mišić), koordinirajući aktivnosti gornjih i donjih ekstremiteta, npr. kontralateralne pokrete tijekom hodanja i trčanja (Vleeming i suradnici, 1995), funkcionalno povezujući regije gornjih i donjih ekstremiteta (Vleeming i Stoeckart, 2007).

Poprečni trbušni mišić i unutarnji kosi trbušni mišić se putem srednjeg sloja torakolumbalne fascije hvataju za vrhove poprečnih nastavaka kralježaka, a utvrđeno je da je fascijalno hvatište toliko čvrsto da bi snažne kontrakcije poprečnog trbušnog mišića mogle izazvati i avulziju poprečnih nastavaka, a poprečni trbušni mišići svojom povezanošću s torakolumbalnom fascijom funkcijski djeluju i u lumbalnoj segmentalnoj kontroli (Barker i suradnici, 2004; 2007).



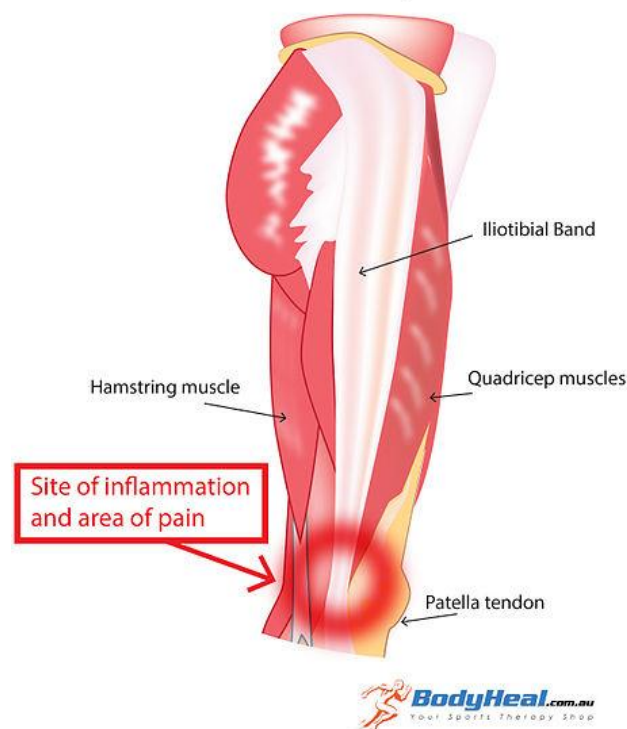
Slika 3. Prikaz torakolumbalne fascije. a) (https://en.wikipedia.org/wiki/Thoracolumbar_fascia#/media/File:Gray409.png). Public domain; b) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thoracolumbar_fascia.JPG). CC BY-SA 3.0

6.4 ŠIROKA FASCIJA I ILIOTIBIJALNI SNOG

Fascia lata ili široka fascija je duboka fascija bedra – ovojnica koja tvori ektoskelet za bedrene mišiće. Deblja je lateralno nego medijalno, a zadebljanje se naziva *tractus iliotibialis*, iliotibijalni trakt ili bočnogoljenični snop (Slika 4). Iliotibijalni snop također služi kao tetiva za mišić zatezač široke fascije i veliki stražnjični mišić. Ima opsežne spojeve s lateralnom međumišićnom pregradom bedra (zasebna fascija), hvata se za distalni dio bedrene kosti i konačno se hvata za Gerdyev tuberkul (kvržicu) na gornjem kraju goljenične kosti (Fairclough i suradnici, 2006). Iliotibijalni snop je često mjesto ozljeda prenaprezanja, npr. u trkača i biciklista, posebno na mjestu prelaska snopa preko lateralnog epikondila bedrene kosti (Fredericson i Wolf, 2005). I široka fascija i iliotibijalni snop se često koriste za uzimanje autotransplantata gustog vezivnog tkiva za širok raspon kirurških zahvata zahvaljujući smanjenoj gustoći stanica i time manjim nutritivnim zahtjevima ovoga tkiva (Flanagan i Campbell, 1981; Joseph, 1988; Molnar i suradnici, 2003).

Sindrom iliotibijalnog snopa obično se pripisuje prekomjernom trenju između snopa i lateralnog epikondila femura neposredno iznad koljena (Fredericson i Wolf, 2005), iako neki autori (Fairclough i suradnici, 2006) tvrde da su na tom mjestu značajniji čimbenik tlačne sile između kosti i fascije, s obzirom da je iliotibijalni snop opsežno povezan s lateralnim intermuskularnim septumom i pričvršćen za donji dio bedrene kosti te se ne može slobodno pomicati u smjeru naprijed-natrag tijekom fleksije i ekstenzije koljena te tenzija prelazi iz njegovih prednjih prema stražnjim vlaknima kako pokret napreduje od pune ekstenzije do 30° fleksije, kad su simptomi obično naizraženiji. Brojna koštana hvatišta iliotibijalnog snopa od kuka do tibije potvrđuju i Vieira i suradnici (2007), naglašavajući njegovu ulogu lateralnog stabilizatora ili potpore za koljeno, dok neki autori (Gerlach i Lierse, 1990) zastupaju suprotan stav, argumentirajući da iliotibijalni snop nije dio široke fascije, odnosno da je to struktura koja klizi u vlastitoj fascijalnoj ovojnici.

Iliotibial Band Syndrome



Slika 4. *Ilustracija iliotibijalnog snopa i čestog mjesta upalnih promjena.* (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Iliotibial_Band_Syndrome.jpg). CC BY-SA 4.0

7 ZAKLJUČAK

Fasciju se opisuje kao vrstu vezivnog tkiva koje se neprekinuto poput mreže proteže u ljudskom tijelu. U odnosu na ostale sustave ljudskog tijela, možemo i dalje reći da je fascijalni sustav među manje istraženim područjima. Brojni znanstvenici i njihovi radovi omogućili su bolje upoznavanje i razumijevanje fascijalnog sustava, a definicija i značenje pojma fascija mijenjali su se i nadopunjavali u skladu sa spoznajama do kojih su pojedini znanstvenici dolazili. Novija istraživanja ističu složenost građe i funkcije fascije, posebno u lokomotornom sustavu čovjeka.

Fascija obavlja više uloga, a od posebnog su značaja formiranje mišićnih pregrada, funkcija mišićnog hvatišta, cirkulacijsko-potporna te zaštitna funkcija. Uz to, ona ima i biomehanički i funkcionalni značaj prilikom izvođenja pokreta. Osim što se fascija najviše proučava u anatomskom smislu, u posljednje vrijeme povećao se interes za ovom temom i među sportskim, ali i terapijskim krugovima. U terapijskom je smislu od velikog interesa i složena fascijalna inervacija te poznavanje i adekvatna stimulacija brojnih fascijalnih receptora.

Fasciju u ljudskom tijelu možemo podijeliti na više načina, a općenita podjela podrazumijeva površinsku i duboku fasciju, dok duboka fascija obuhvaća još aponeurotičnu i epimizijsku fasciju. Također, od velikog je interesa podjela i izučavanje fascije pojedinih anatomskih regija tijela, posebno u povezanosti s patološkim promjenama karakterističnima za pojedina područja. Kao i većina struktura u ljudskom tijelu tako je i fascija podložna promjenama te uvelike ovisi o tjelesnoj aktivnosti ili neaktivnosti.

Zahvaljujući brojnim istraživanjima, fascija i njezina funkcija počele su se razmatrati na obuhvatniji način. Uz očiglednu ulogu fascije u lokomotornom sustavu čovjeka od velike je važnosti i njezina povezanost s ostalim organima, što zahtijeva integrativan pristup istraživanju i opisivanju fascije. U tom smislu postoji još niz otvorenih pitanja koja će zasigurno biti predmet nekih budućih istraživanja.

8 LITERATURA

- Abreu, M. R., Chung, C. B., Mendes, L., Mohana-Borges, A., Trudell, D. i Resnick, D. (2003). Plantar calcaneal enthesophytes: new observations regarding sites of origin based on radiographic, MR imaging, anatomic, and paleopathologic analysis. *Skeletal Radiology*, 32, 13–21.
- Abu-Hijleh, MF., Roshier, AL., Al-Shboul, Q., Dharap, AS. i Harris, PF. (2006). The membranous layer of superficial fascia: Evidence for its widespread distribution in the body. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 28, 606-619.
- Adstrum, S. (2015). Fascial eponyms may help elucidate terminological and nomenclatural development. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 19(3), 516-525. doi: 10.1016/j.jbmt.2015.04.002
- Adstrum, S., Hedley, G., Schleip, R., Stecco, C. i Yucesoy, CA. (2017). Defining the fascial system. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 21(1), 173-177.
- Anderson, DM. (2012). *Dorland's illustrated medical dictionary (32nd ed.)*. Philadelphia: Elsevier Saunders.
- Athwal, G. S., Steinmann, S. P. i Rispoli, D. M. (2007). The distal biceps tendon: footprint and relevant clinical anatomy. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 32, 1225-1229.
- Augoff, K., Kula, J., Gosk, J. i Rutowski, R. (2005). Epidermal growth factor in Dupuytren's disease. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 115, 128–133.
- Augoff, K., Ratajczak, K., Gosk, J., Tabola, R. i Rutowski, R. (2006). Gelatinase A activity in Dupuytren's disease. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 31, 1635-1639.
- Badalamente, M. A., Hurst, L. C. i Hentz, V. R. (2002). Collagen as a clinical target: nonoperative treatment of Dupuytren's disease. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 27, 788-798.
- Barbagallo, M., Novo, S., Licata, G. i Resnick, L. M. (1993). Diabetes, hypertension and atherosclerosis: pathophysiological role of intracellular ions. *International Angiology*, 12, 365–370.
- Barker, P. J., Briggs, C. A. i Bogeski, G. (2004). Tensile transmission across the lumbar fasciae in unembalmed cadavers: effects of tension to various muscular attachments. *Spine*, 29, 129–138.
- Barker, P. J., Urquhart, D. M., Story, I. H., Fahrer, M. i Briggs, C. A. (2007). The middle layer of lumbar fascia and attachments to lumbar transverse processes: implications for segmental control and fracture. *European Spine Journal*, 16, 2232–2237.
- Barnes, JF. (1990). *Myofascial release: the search for excellence: a comprehensive evaluatory and treatment approach* (str.3-5). Paoli, PA: MFR Seminars.
- Barthold, S. J. (2001). Biomechanical problems of the lower limb – the key to overuse injury? In *Sports Medicine for Specific Ages and Abilities*. N. Maffulli, K. M. Chan, R. MacDonald, R. M. Malina, A. W. Parker (ur.), (425-436). Edinburgh: Churchill Livingstone.

- Bednar, DA., Orr, FW. i Simon, GT. (1995). Observations on the pathomorphology of the thoracolumbar fascia in chronic mechanical back pain. A microscopic study. *Spine*, 20, 1161–1164.
- Bell, J. i Holmes, M. (1992). Model of the dynamics of receptor potential in a mechanoreceptor. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 110, 139-174.
- Benetazzo, L., Bizzego, A., De Caro, R., Frigo, G., Guidolin, D. i Stecco, C. (2011). 3D reconstruction of the crural and thoracolumbar fasciae. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 33, 855-862.
- Benjamin, M. (2009). The fascia of the limbs and back - a review. *Journal of Anatomy*, 214(1), 1-18. doi: 10.1111/j.1469-7580.2008.01011.x
- Bermudez, K., Knudson, M. M., Morabito, D. i Kessel, O. (1998). Fasciotomy, chronic venous insufficiency, and the calf muscle pump. *Archives of Surgery*, 133, 1356–1361.
- Berndt, A., Kosmehl, H., Katenkamp, D. i Tauchmann, V. (1994). Appearance of the myofibroblastic phenotype in Dupuytren’s disease is associated with a fibronectin, laminin, collagen type IV and tenascin extracellular matrix. *Pathobiology*, 62, 55–58.
- Bingel, U. i Tracey, I. (2008). Imaging CNS modulation of pain in humans. *The Journal of Physiology*, 23, 371-380.
- Bisson, M. A., McGrouther, D. A., Mudera, V. i Grobbelaar, A. O. (2003). The different characteristics of Dupuytren’s disease fibroblasts derived from either nodule or cord: expression of alpha-smooth muscle actin and the response to stimulation by TGF-beta1. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 28, 351-356.
- Bisson, M. A., Mudera, V., McGrouther, D. A. i Grobbelaar, A. O. (2004). The contractile properties and responses to tensional loading of Dupuytren’s disease-derived fibroblasts are altered: a cause of the contracture? *Plastic and Reconstructive Surgery*, 11, 611–621.
- Bojsen-Moller, F. i Flagstad, K. E. (1976). Plantar aponeurosis and internal architecture of the ball of the foot. *Journal of Anatomy*, 121, 599-611.
- Bolgia, L. A., Malone, T. R. (2004). Plantar fasciitis and the windlass mechanism: a biomechanical link to clinical practice. *Journal of Athletic Training*, 39, 77–82.
- Bordoni, B., Marelli, F., Morabito, B., Castagna, R., Sacconi, B. i Mazzucco, P. (2018). New Proposal to Define the Fascial System. *Complementary Medicine Research*, 25, 257–262.
- Botte, M. J. (2003). *Surgical Anatomy of the Hand and Upper Extremity*. J. R. Doyle i M. J. Boyle (ur.), *Muscle Anatomy* (str. 92-184). Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins.
- Bouche, R. T. i Johnson, C. H. (2007). Medial tibial stress syndrome (tibial fasciitis): a proposed pathomechanical model involving fascial traction. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 97(1), 31-36.
- Bourne, R. B. i Rorabeck, C. H. (1989). Compartment syndromes of the lower leg. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 240, 97–104.
- Boyd-Clark, LC., Briggs, CA. i Galea, MP. (2002). Muscle spindle distribution, morphology, and density in longus colli and multifidus muscles of the cervical spine. *Spine*, 27, 694-701.

- Brickley-Parsons, D., Glimcher, M. J., Smith, R. J., Albin, R. i Adams, J. P. (1981). Biochemical changes in the collagen of the palmar fascia in patients with Dupuytren's disease. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 63, 787–797.
- Briggs, C. A. i Elliott, B. G. (1985). Lateral epicondylitis. A review of structures associated with tennis elbow. *Clinical Anatomy*, 7, 149–153.
- Caughell, K. A., McFarlane, R. M., McGrouther, D. A. i Martin, A. H. (1988). Developmental anatomy of the palmar aponeurosis and its relationship to the palmaris longus tendon. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 13, 485-493.
- Chaitow, L. (2014). The fascia debate. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 18(3), 443. doi: 10.1016/j.jbmt.2014.04.019
- Chang, L. i Blair, W. F. (1985). The origin and innervation of the adductor pollicis muscle. *Journal of Anatomy*, 140, 381-388.
- Cheung, J. T., Zhang, M. i An, K. N. (2004). Effects of plantar fascia stiffness on the biomechanical responses of the ankle-foot complex. *Clinical Biomechanics*, 19, 839–846.
- Clay, R. C. (1944). Dupuytren's contracture: fibroma of the palmar fascia. *Annals of Surgery*, 120, 224–231.
- Cordova, A., Tripoli, M., Corradino, B., Napoli, P. i Moschella, F. (2005). Dupuytren's contracture: an update of biomolecular aspects and therapeutic perspectives. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 30, 557-562.
- Craig, M. E., Duffin, A. C., Gallego, P. H., Lam, A., Cusumano, J., Hing, S. i Donaghue, K. C. (2008). Plantar fascia thickness, a measure of tissue glycation, predicts the development of complications in adolescents with type 1 diabetes. *Diabetes Care*, 31, 1201-1206.
- Crooke, H. (1651). A description of the body of man together with the controversies and figures thereto belonging. *John Clarke*.
- Damiano, RE. (1999). Late onset regression after myopic keratomileusis. *Journal of Refractive Surgery*, 15, 160.
- de-Ary-Pires, B., Valdez, C. F., Shecaira, A. P., de Ary-Pires, R. i Ary Pires-Neto, M. (2007). Cleland's and Grayson's ligaments of the hand: a morphometrical investigation. *Clinical Anatomy*, 20, 68–76.
- Deising, S., Weinkauff, B., Blunk, J., Obreja, O., Schmelz, M. i Rukwied, R. (2012). NGF-evoked sensitization of muscle fascia nociceptors in humans. *Pain*, 153, 1673-1679.
- Duffin, A. C., Lam, A., Kidd, R., Chan, A. K. i Donaghue, K.C. (2002). Ultrasonography of plantar soft tissues thickness in young people with diabetes. *Diabetic Medicine*, 19, 1009–1013.
- Eames, M. H., Bain, G. I., Fogg, Q. A. i von Riet, R. P. (2007). Distal biceps tendon anatomy: a cadaveric study. . *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 89, 1044–1049.

- Elliot, D. (1988). The early history of contracture of the palmar fascia. Part 1: the origin of the disease: the curse of the MacCrimmons: the hand of benediction: Cline's contracture. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 13, 246-253.
- Ellis, GV. (1840). Demonstrations of anatomy; A guide to dissection of the human body. *Taylor and Walton*.
- Erdemir, A., Hamel, A. J., Fauth, A. R., Piazza, S. J. i Sharkey, N. A. (2004). Dynamic loading of the plantar aponeurosis in walking. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 86, 546–552.
- Evan, G., Harrington, E., Fanidi, A., Land, H., Amati, B. i Bennett, M. (1994). Integrated control of cell proliferation and cell death by the c-myc oncogene. *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences*, 345, 269–275.
- Fairclough, J., Hayashi, K., Toumi, H., Lyons, K., Bydder, G., Phillips, N., Best, TM. i Benjamin, M. (2006). The functional anatomy of the iliotibial band during flexion and extension of the knee: implications for understanding iliotibial band syndrome. *Journal of Anatomy*, 208(3), 309-316.
- Federative Committee on Anatomical Terminology [FCAT] (Eds.) (1998). *Terminologia Anatomica: international anatomical terminology*. New York: Thieme.
- Federative International Programme on Anatomical Terminologies [FIPAT] (eds.) (2011). *Terminologia Anatomica: international anatomical terminology (2nd ed.)*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Fifield, L. R. (1939). *Infections of the Hand*. London: H.K. Lewis.
- Findley, T. i Schleip, R. (2007). *Fascia research: basic science and implications for conventional and complementary health care* (str.2-9). München : Elsevier/Urban & Fischer.
- Fitzgerald, A. M., Kirkpatrick, J. J. i Naylor, I.L. (1999). Dupuytren's disease. The way forward? *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 24, 395-399.
- Flanagan, J.C. i Campbell, C. B. (1981). The use of autogenous fascia lata to correct lid and orbital deformities. *Transactions of the American Ophthalmological Society*, 79, 227–242.
- Flatt, A. E. (2001). The Vikings and Baron Dupuytren's disease. *Proceedings (Baylor University Medical Center)*, 14, 378–384.
- Forsman, M., Pääkkönen, V., Tjäderhane, L., Vuoristo, J., Kallioinen, L., Salo, T., Kallioinen, M. i Ryhänen, J. (2008). The expression of myoglobin and ROR2 protein in Dupuytren's disease. *Journal of Surgical Research*, 146, 271-275.
- Fredericson, M. i Wolf, C. (2005). Iliotibial band syndrome in runners: innovations in treatment. *Sports Medicine*, 35, 451–459.
- Gerlach, U. J. i Lierse, W. (1990). Functional construction of the superficial and deep fascia system of the lower limb in man. *Acta Anatomica*, 139, 11–25.
- Giacomozzi, C., D'Ambrogi, E., Uccioli, L. i Macellari, V. (2005). Does the thickening of Achilles tendon and plantar fascia contribute to the alteration of diabetic foot loading? *Clinical Biomechanics*, 20, 532–539.

- Godman, J.D. (1824). Anatomical investigations comprising descriptions of various fasciæ of the human body. *H. C. Carey & I. Lea*.
- Grant, J.C.B. (1948). *A Method of Anatomy*. London: Baillière, Tindall and Cox.
- Gray. H. (1858). *Anatomy: Descriptive and surgical*. John W. Parker and Son.
- Hagert, E., Forsgren, S. i Ljung, BO. (2005). Differences in the presence of mechanoreceptors and nerve structures between wrist ligaments may imply differential roles in wrist stabilization. *Journal of Orthopaedic Research*, 23, 757-763.
- Hagert, E., Garcia-Elias, M., Forsgren, S. i Ljung, BO. (2007). Immunohistochemical analysis of wrist ligament innervation in relation to their structural composition. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 32, 30-36.
- Hall, WH. (1788). The new Royal enclopedia; Or complete modern dictionary of arts and sciences, on a new and improved plan. *C. Cooke. (Vol 2.)*.
- Hart, M. G. i Hooper, G. (2005). Clinical associations of Dupuytren's disease. *Postgraduate Medical Journal*, 81, 425–428.
- Hertling, D. i Kessler, R. M. (2006). *Management of Common Musculoskeletal Disorders*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Hicks, J.H. (1954). The mechanics of the foot. II. The plantar aponeurosis and the arch. *Journal of Anatomy*, 88, 25–30.
- Holt, BW. i Lambourne, K. (2008). The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 226-229.
- Hubbard, DR. i Berkoff, GM. (1993). Myofascial trigger points show spontaneous needle EMG activity. *Spine*, 18, 1803-1807.
- Huijing, P. A. (1999). Muscular force transmission: a unfield, dual or multiple system? A review and some explorative experimental results. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 107, 292-311.
- Huijing, P. A. (2007). Epimuscular myofascial force transmission between antagonistic and synergistic muscles can explain movement limitation in spastic paresis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 17, 708-724.
- Huijing, P. A. i Baan, G. C. (2001a). Extramuscular myofascial force transmission within the rat anterior tibial compartment: proximo-distal differences in muscle force. *Acta Physiologica Scandinavica*, 173, 297-311.
- Huijing, P. A. i Baan, G. C. (2001b). Myofascial force transmission causes interaction between adjacent muscles and connective tissue: effects of blunt dissection and compartmental fasciotomy on length force characteristics of rat extensor digitorum longus muscle. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 109, 97-109.
- Huijing, P. A., Bann G. C. i Rebel, G. T. (1998). Non-myotendinous force transmission in rat extensor digitorum longus muscle. *Journal of Experimental Biology*, 201, 683-691.

- Huijing, P. A., Mass, H. i Baan, G. C. (2003). Compartmental fasciotomy and isolating a muscle from neighboring muscles interfere with myofascial force transmission within the rat anterior crural compartment. *Journal of Morphology*, 256, 306-321.
- Husmark, I. i Ottoson, D. (1971). The contribution of mechanical factors to the early adaptation of the spindle response. *The Journal of Physiology*, 212, 577-592.
- Jemec, B., Grobbelaar, A. O., Wilson, G. D., Smith, P. J., Sanders, R. i McGrouther, D. A. (1999). Is Dupuytren's disease caused by an imbalance between proliferation and cell death? *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 24, 511-614.
- Johnston, P., Chojnowski, A. J., Davidson, R. K., Riley, G. P., Donell, S. T. i Clark, I. M. (2007). A complete expression profile of matrix-degrading metalloproteinases in Dupuytren's disease. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 32, 343-351.
- Joseph, D. M. (1988). Reconstruction of the anterior cruciate ligament using the bone-block iliotibial-tract transfer. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 70, 790-791.
- Kalin, P. J. i Hirsch, B. E. (1987). The origins and function of the interosseous muscles of the foot. *Journal of Anatomy*, 152, 83-91.
- Kane, D., Greaney, T., Shanahan, M., Duffy, G., Bresnihan, B., Gibney, R. i FitzGerald, O. (2001). The role of ultrasonography in the diagnosis and management of idiopathic plantar fasciitis. *Rheumatology*, 40, 1002-1028.
- Kozma ,E. M., Olczyk, K., Wisowski, G., Glowacki, A. i Bobinski, R. (2005). Alterations in the extracellular matrix proteoglycan profile in Dupuytren's contracture affect the palmar fascia. *Journal of Biochemisty*, 137, 463-476.
- Kozma, E. M., Glowacki, A., Olczyk, K. i Ciecierska, M. (2007). Dermatan sulfate remodeling associated with advanced Dupuytren's contracture. *Acta Biochimica Polonica*, 54, 821-830.
- Kozma, E. M., Olczyk, K., Glowacki, A. i Bobinski, R. (2000). An accumulation of proteoglycans in scarred fascia. *Molecular and Cell Biochemistry*, 203, 103- 112.
- Kumai, T. i Benjamin, M. (2002). Heel spur formation and the subcalcaneal entheses of the plantar fascia. *The Journal of Rheumatology*, 29, 1957- 1964.
- Kumka, M. (2014). Kumka's response to Stecco's fascial nomenclature editorial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 18(4), 591-598. doi: 10. 1016/j.jbmt.2014.06.003
- Kumka, M. i Bonar, J. (2012). Fascia: A morphological description and classification system based on a literature review. *Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 56(3), 179-191.
- Langevin, H. (2014). Langevin's response to Stecco's fascial nomenclature editorial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 18(3), 444. doi: 10. 1016/j.jbmt.2014.04.017
- Langevin, HM. i Huijing, PA. (2009). Communicating about fascia: history, pitfalls, and recommendations. *International Journal of Therapeutic Massage and Bodywork*, 2(4), 3-8.
- Le Gros Clark, W. E. (1945). *The Tissues of the Body. An Introduction to the Study of Anatomy*. Oxford: Clarendon Press.

- Lee, L. C., Zhang, A. Y., Chong, A. K., Pham, H., Longaker, M. T. i Chang, J. (2006). Expression of a novel gene, MafB, in Dupuytren's disease. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 31, 211-218.
- Lloyd, D. M., McGlone, F.P. i Yosipovitch, G. (2015). Somatosensory pleasure Circuit: from skin to brain and back. *Experimental Dermatology*, 24(5), 321-324.
- Loewenstein, WR. i Skalak, R. (1966). Mechanical transmission in a Pacinian corpuscle. An analysis and a theory. *The Journal of Physiology*, 182, 346-378.
- Lubahn, J. D., Pollard, M. i Cooney, T. (2007). Immunohistochemical evidence of nerve growth factor in Dupuytren's diseased palmar fascia. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 32, 337-342.
- MacDonald, GZ., Penney, MD., Mullaley, ME., Cuconato, AL., Drake, CD., Behm, DG. i Button, DC (2013). An acute bout of self-myofascial release increases range of motion without a subsequent decrease in muscle activation or force. *The Journal of Strength & Conditioning*, 27(3), 812-821.
- Maier, A. (1999). Proportions of slow myosin heavy chain-positive fibers in muscle spindles and adjoining extrafusal fascicles, and the positioning of spindles relative to these fascicles. *Journal of Morphology*, 242, 157-165.
- Mardel, S. i Underwood, M. (1991). Adductor pollicis. The missing interosseous. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 13, 49-52.
- McCombe, D., Brown, T., Slavin, J. i Morrison, WA. (2001), The histochemical structure of the deep fascia and its structural response to surgery. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 26, 89-97.
- Mcglone, F., Wessberg, J. i Olausson, H. (2014). Discriminative and affective touch: sensing and feeling. *Neuron*, 82(4), 737-755.
- Meissner, M. H., Moneta, G., Burnand, K., Gloviczki, P., Lohr, J. M., Lurie, F., Mattos, M. A., McLafferty, R. B., Mozes, G., Rutherford, R. B., Padberg, F. i Sumner, D. S. (2007). The hemodynamics and diagnosis of venous disease. *Journal of Vascular Surgery*, 46, 4-24.
- Melling, M., Reihnsner, R., Pfeiler, W., Schnallinger, M., Karimian-Teherani, D., Behnam, M., Mostler, S. i Menzel, E. J. (1999). Comparison of palmar aponeuroses from individuals with diabetes mellitus and Dupuytren's contracture. *The Anatomical Record*, 255(4), 401-406.
- Mense, S. (2001). Pathophysiology of low back pain and the transition to the chronic state - experimental data and new concepts. *Schmerz*, 15, 413-417.
- Mikulić, P. i Marković, G. (2016). *Odabrana poglavlja motoričke kontrole*. Interna skripta. Zagreb: Kineziološki fakultet.
- Molnar, T. F., Rendeki, S., Lukacs, L. i Horvath, O. P. (2003). Improvement of air tightness of stapled lung parenchyma using fascia lata. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*, 2, 503-505.

- Mubarak, S. i Owen, C. A. (1975). Compartmental syndrome and its relation to the crush syndrome: a spectrum of disease. A review of 11 cases of prolonged limb compression. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 113, 81–89.
- Murrell, G. A., Francis, M. J. i Bromley, L. (1987). Free radicals and Dupuytren's contracture. *British Medical Journal*, 295, 1373–1375.
- Murrell, G. A., Francis, M. J. i Bromley, L. (1991). The collagen changes of Dupuytren's contracture. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 16, 263-266.
- Myers, T. (2014). Myers' response to Stecco's fascial nomenclature editorial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 18(3), 445-446. doi: 10.1016/j.jbmt.2014.04.016
- Natale, G., Condino, S., Soldani, P., Formai, F., Mattioli Belmonte, M. i Gesi, M. (2014). Natale et. al.'s response to Stecco's fascial nomenclature editorial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 18(4), 588-590. doi: 10.1016/j.jbmt.2014.06.006
- Neufeld, S. K. i Cerrato, R. (2008). Plantar fasciitis: evaluation and treatment. *Journal of American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 16, 338–346.
- Niechajev, I. (2005). Calf augmentation and restoration. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 116, 295–305.
- Pagnotta, A., Specchia, N. i Greco, F. (2002). Androgen receptors in Dupuytren's contracture. *Journal of Orthopaedic Research*, 20, 163-168.
- Paoletti, S. (2006). *The fasciae: Anatomy, dysfunction & treatment*. Seattle: Eastland Press.
- Pascual Huerta, J., Alarcon Garcia, J. M. (2007). Effect of gender, age and anthropometric variables on plantar fascia thickness at different locations in asymptomatic subjects. *European Journal of Radiology*, 62, 449–453.
- Passerieux, E., Rossignol, R., Chopard, A., Carnino, A., Marini, JF., Letellier, T. i suradnici (2006). Structural organization of the perimysium in bovine skeletal muscle: junctional plates and associated intracellular subdomains. *Journal of Structural Biology*, 154, 206-216.
- Purslow, PP. (1989). Strain-induced reorientation of an intramuscular connective tissue network: implications for passive muscle elasticity. *Journal of Biomechanics*, 22, 21–31.
- Purslow, PP. (2010). Muscle fascia and force transmission. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 14, 411-417.
- Qian, A., Meals, R. A., Rajfer, J. i Gonzalez-Cadavid, N. F. (2004). Comparison of gene expression profiles between Peyronie's disease and Dupuytren's contracture. *Urology*, 64, 399–404.
- Rehman, S., Salway, F., Stanley, J. K., Ollier, W. E., Day, P. i Bayat, A. (2008). Molecular phenotypic descriptors of Dupuytren's disease defined using informatics analysis of the transcriptome. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 33, 359-372.
- Ris, H. B., Furrer, M., Stronsky, S., Walpoth, B. i Nachbur, B. (1993). Four-compartment fasciotomy and venous calf-pump function: long-term results. *Surgery*, 113, 55–58.

- Salathe, E. P. Jr., Arangio, G. A. i Salathe, E. P. (1986). A biomechanical model of the foot. *Journal of Biomechanics*, 19, 989–1001.
- Sanchis-Alfonso, V. i Rosello-Sastre, E. (2000). Immunohistochemical analysis for neural markers of the lateral retinaculum in patients with isolated symptomatic patellofemoral malalignment. A neuroanatomic basis for anterior knee pain in the active young patient. *The American Journal of Sports Medicine*, 28, 725–731.
- Sarrafian, S. K. (1987). Functional characteristics of the foot and plantar aponeurosis under tibiotalar loading. *Foot Ankle*, 8, 4–18.
- Satish, L., LaFramboise, W. A., O'Gorman, D. B., Johnson, S., Janto, B., Gan, B. S., Baratz, M. E., Hu, F. Z., Post, J. C., Ehrlich, G. D. i Kathju, S. (2008). Identification of differentially expressed genes in fibroblasts derived from patients with Dupuytren's Contracture. *BMC Medical Genomics*, 23, 1-10.
- Schleip, R. (2017). Fascia as a sensory organ: Clinical Applications. *Terra Rosa E-mag*, 20, 2-7.
- Schleip, R. i Klinger, W. (2014). Schleip & Klinger's response to Stecco's fascial nomenclature editorial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 18(3), 447-449. doi: 10.1016/j.jbmt.2014.04.018
- Schleip, R., Jäger, H. i Klinger, W. (2012). What is 'fascia'? A review of different nomenclatures. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 16(4), 496-502. doi: 10.1916/j.jbmt.2012.08.001
- Standring, S. (2004). *Gray's Anatomy: the Anatomical Basis of Clinical Practice*. Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Standring, S. (2008). *Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice (40th ed.)*. Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Stecco, A., Gesi, M., Stecco, C. i Stern, R. (2013). Fascial components of the myofascial pain syndrome. *Current Pain and Headache Reports*, 17(8), 352. doi: 10.1007/s11916-013-0352-9.
- Stecco, A., Stern, R., Fantoni, I., De Caro, R. i Stecco, C. (2016). Fascial Disorders: Implications for Treatment. *Pub Med*, 8(2), 161-168. doi: 10.1016/j.pmrj.2015.06.006.
- Stecco, C. (2014). Why are there so many discussions about the nomenclature of fasciae? *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 18(3), 441-442. doi: 10.1016/j.jbmt.2014.04.013
- Stecco, C. i Schleip, R. (2016). A fascia and the fascial system. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 20(1), 139-140. doi: 10.1016/j.jbmt.2015.11.012
- Stecco, C., Gagey, O., Belloni, A., Pozzuoli, A., Porzionato, A., Macchi, V., Aldegheri, R., De Caro, R. i Delmas, V. (2007a). Anatomy of the deep fascia of the upper limb. Second part: study of innervation. *Morphologie*, 91(292), 38-43.
- Stecco, C., Gagey, O., Macchi, V., Porzionato, A., De Caro, R., Aldegheri, R. i Delmas, V. (2007b). Tendinous muscular insertions onto the deep fascia of the upper limb. First part: anatomical study. *Morphologie*, 91(292), 29-37.

- Stecco, C., Pavan, PG., Porzionato, A., Macchi, V., Lancerotto, L., Carniel, EL. i suradnici (2009). Mechanics of crural fascia: from anatomy to constitutive modeling. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 31, 523-529.
- Stecco, C., Porzionato, A., Macchi, V., Stecco, A., Vigato, E., Parenti, A., Delmas, V., Aldegheri, R. i De Caro, R. (2008). The expansions of the pectoral girdle muscles onto the brachial fascia: morphological aspects and spatial disposition. *Cells Tissues Organs*, 188(3), 320-329.
- Stecco, C., Tiengo, C., Stecco, A., Porzionato, A., Macchi, V., Stern, R. i De Caro, R. (2013a). Fascia redefined: anatomical features and technical relevance in fascial flap surgery. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 35(5), 369-76. doi: 10.1007/s00276-012-1058-0.
- Stedman, T. L. (1995). *Stedman's medical dictionary*. 26th ed. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Stegman, JK. (2006). *Stedman's medical dictionary (28th ed.)*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Still, A.T. (1899). *Philosophy of osteopathy*. Academy of Osteopathy, Kirksville: Mo.
- Strasman, T., van der Wal, JC., Halata, Z. i Drukker, J. (1990). Functional topography and ultrastructure of periarticular mechanoreceptors in the lateral elbow region of the rat. *Acta Anatomica*, 138, 1-14.
- Struna – Hrvatsko strukovno nazivlje (2022a) (13.travnja 2022). Epimizij. Dostupno na <http://struna.ihjj.hr/naziv/epimizij/16625/>
- Struna – Hrvatsko strukovno nazivlje (2022b) (13.travnja 2022). Perimizij. Dostupno na <http://struna.ihjj.hr/naziv/perimizij/16639/>
- Swerup, C. i Rydqvist, B. (1996). A mathematical model of the crustacean stretch receptor neuron. Biomechanics of the receptor muscle, mechanosensitive ion channels, and macrotransducer properties. *Journal of Neurophysiology*, 76, 2211-2220.
- Škarabot, J., Beardsley, C. i Štirn I. (2015). Comparing the effects of self-myofascial release with static stretching on ankle range-of-motion in adolescent athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(2), 203-212.
- Terek, R. M., Jiranek, W. A., Goldberg, M. J., Wolfe, H. J. i Alman, B. A. (1995). The expression of platelet-derived growth-factor gene in Dupuytren contracture. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 77, 1-9.
- Tesarz, J., Hoheisel, U., Wiedenhöfer, B. i Mense, S. (2011). Sensory innervation of the thoracolumbar fascia in rats and humans. *Neuroscience*. 194, 302-308.
- Townley, W. A., Baker, R., Sheppard, N. i Grobbelaar, A. O. (2006). Dupuytren's contracture unfolded. *British Medical Journal*, 332, 397-400.
- Tozzi, P. (2012). Selected Fascial Aspects of Osteopathic Practice. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 16, 503-519.
- Tozzi, P. (2014). Tozzi's response to Stecco's fascial nomenclature editorial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 18(3), 450-451. doi: 10.1016/j.jbmt.2014.04.015

- Trotter, JA., Purslow, PP. (1992). Functional morphology of the endomysium in series fibered muscles. *Journal of Morphology*, 212, 109-122.
- Vaillancourt, C., Shrier, I., Vandal, A., Falk, M., Rossignol, M., Vernec, A. i Somogyi, D. (2004). Acute compartment syndrome: how long before muscle necrosis occurs? *Canadian Journal of Emergency Medicine*, 6(3), 147-154.
- Vieira, E. L., Vieira, E. A., da Silva, R. T., Berlfein, P. A., Abdalla, R. J. i Cohen, M. (2007). An anatomic study of the iliotibial tract. *Arthroscopy*, 23, 269–274.
- Vleeming, A., Pool-Goudzwaard, A. L., Stoeckart, R., van Wingerden, J. P. i Snijders, C. J. (1995). The posterior layer of the thoracolumbar fascia. Its function in load transfer from spine to legs. *Spine*, 20, 753–758.
- Vleeming, A. i Stoeckart, R. (2007). Movement, Stability and Lumbopelvic Pain. *The role of the pelvic girdle in coupling the spine and the legs: a clinical-anatomical persepective on pelvic stability* (str. 113-137). Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Vleeming, A., Mooney, V. i Stoeckart, R. (2007). *Movement, Stability & Lumbopelvic Pain. Integration of Research and Therapy*. Edinburgh: Churchill Livingstone Elsevier.
- Vleeming, A., Pool-Goudzwaard, A. L., Stoeckart, R., van Wingerden, J. P. i Snijders, C. J. (1995). The posterior layer of the thoracolumbar fascia. Its function in load transfer from spine to legs. *Spine*, 20, 753–758.
- Von Düring, M., Andres, KH. (1994). Topography and fine structure of proprioceptors in the hagfish. *Myxine glutinosa. European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 32, 248-256.
- Warren, B. L. (1990). Plantar fasciitis in runners. Treatment and prevention. *Sports Medicine*. 10, 338–345.
- Wendell-Smith, CP. (1998). Fascia: an illustrative problem in international terminology. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 19(5), 273-277. doi: 10.1007/s00276-997- 0273-6
- Wilkinson, RS. i Fukami, Y. (1983). Responses of isolated Golgi tendon organs of cat to sinusoidal stretch. *Journal of Neurophysiology*, 49, 976-988.
- Wood Jones, F. (1944). *Structure and Function as Seen in the Foot*. London: Bailliere, Tindall and Cox.