

**Znanstveno-raziskovalno središče Koper
Garibaldijska 1, 6000 Koper**

ANALIZA USPEŠNOSTI REHABILITACIJE MIŠIČNIH POŠKODB OB TOČKI VRAČANJA V ŠPORT

Končno raziskovalno poročilo

Boštjan ŠIMUNIČ¹, Matej KLEVA¹, Rado PIŠOT¹

¹ Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Inštitut za kineziološke raziskave, Slovenija

Koper, 20.12.2022

UVOD

Inštitut za kineziološke raziskave Znanstveno raziskovalnega središča Koper je v letu 2021 pričel izvajati aplikativni projekt ARRS na področju športa: SIDB - *Prospektivna analiza športnih poškodb elitnih športnikov: epidemiologija, napovedovanje in varno vračanje v šport* (L7-3187). Izvajajo ga skupaj z Medicinsko fakulteto Univerze v Mariboru in podjetjem TMG-BMC d.o.o.

Znanstvena izhodišča:

Udeležba v športu je zelo razširjena in ima dobro znane fizične, psihološke in socialne posledice za vključene športnike (Maffulli et al., 2010). Na kratko, redno ukvarjanje s športom je povezano z boljšo kakovostjo življenja in manjšim tveganjem za številne bolezni (Shanmugam & Maffulli, 2008), kar ljudem, ki se z njim ukvarjajo, omogoča izboljšanje zdravja srca in ožilja (de Mozzi et al., 2008), zmanjšan odstotek telesne maščobe (Brites et al., 2004), večja mišična moč, vzdržljivost in moč (Tsunawake et al., 2003), športi z veliko količino vadbe oz. veliko teka ali veliko udarcev, so povezani z večjo vsebnostjo in gostoto mineralnih snovi v celotnem telesu in posameznih regijah (Ginty et al., 2005) in z več psihološkimi in čustvenimi koristmi (Caine et al., 2008).

Čeprav ima šport številne zdravstvene koristi, pa tudi povečuje tveganje za poškodbe (Caine et al., 2008; Maffulli et al., 2011). V vsaki starosti tekmovalni in rekreativni športniki utrpijo najrazličnejše poškodbe mehkih tkiv, kosti, vezi, kit in živcev, ki jih povzroči neposredna travma ali ponavljajoči se stres (Beynon et al., 2005; Longo et al., 2008). Različni športi so povezani z različnimi vzorci in vrstami poškodb, medtem ko starost, spol in vrsta športne dejavnosti vplivajo na razširjenost poškodb (Dehaven & Lintner, 1986; Nelson et al., 2007).

Športne travme najbolj prizadenejo okončine (npr. koleno, gleženj, kolk, rame, komolec, zapestje) ali hrbtenico; kjer so poškodbe kolena med najpogostejšimi (Dehaven & Lintner, 1986). V zadnjih nekaj letih narašča športno udejstvovanje (pri otrocih in odraslih), z naraščajočo priljubljenostjo vadbe in organiziranega športa pa se povečuje tudi število športnih poškodb (Ekegren et al., 2016; Sheu et al., 2016). S tem se je povečalo tudi finančno breme za javno zdravje, športne klube in posameznike (Öztürk & Kiliç, 2013).

Številne študije poročajo povečanje športnih poškodb med profesionalnimi nogometaši v zadnjih letih. Od leta 2001 se poškodbe tetive - najpogostejša vrsta poškodb (Ekstrand et al., 2011) - letno povečujejo za 4 %. Hkrati opazamo tudi trend naraščanja pogostosti poškodb v amaterskem in nižje-ligaškem nogometu, ki se povečuje, ko se dvigujemo v višje lige. Enako se dogaja pri ženskem nogometu. Znanstveno dokazani vzroki za ta pojav so večplastni: zgostitev tekem, potovanja, manj treningov z večjo intenzivnostjo, hitrost igre, duševni stres, pretečena razdalja gibanja in utrujenost. Podobno tudi pri drugih športih, zlasti hitrem teku, manipulaciji z žogo, športu kjer je potrebno premagovati velike sile (Bueno et al., 2018). Zanimivo je, da smo med pandemijo COVID-19 že ugotovili 36-64 % več športnih poškodb v nogometu v primerjavi s pred pandemično dobo, kar še dodatno upravičuje strategije, ki temeljijo na dokazih, za vrnitev k športni dejavnosti po zaustavitvi COVID-19 (Bisciotti et al., 2020).

Prejšnja športna poškodba je dobro uveljavljen dejavnik nadaljnje športne poškodbe, bodisi iste ali drugačne (Shrier et al., 2017). Vendar tega dejstva ne bi smeli upoštevati v vzročni zvezi, npr. da ni bilo ustrezne rehabilitacije ali so nastale trajne poškodbe tkiva, kot se je nedavno pokazalo (Hamilton et al., 2011). To bi lahko pomenilo le, da je športnik zaradi svojih nalog v športu ali tehnike gibanja nagnjen k večjemu tveganju poškodb. Zato je zelo pomembno, da se osredotočimo na homogeno skupino športnih poškodb – strukturne in ali nestrukturne poškodbe upogibalk kolena, saj so najpogostejše poškodbe v športu z najvišjo stopnjo ponovitve (29 %) (DeWitt & Vidale, 2014). Zdi se, da je zelo pomembno, da pred vrnitvijo v šport posebej obnovimo ali celo izboljšamo mišično funkcijo, da preprečimo ponovno poškodbo upogibalk kolena. Ni enotnega mnenja o enem samem testu, kliničnem pregledu ali slikovni preiskavi, ki bi zagotovil stroga merila za varno vrnitev v šport po poškodbi mišic upogibalk kolena (Askling, 2011; Brukner, 2015; Ekstrand et al., 2020).

Pozna fizioterapija bi morala vključiti kondicijske trenerje, pa tudi biomehanike za pripravo športnika in za odločanje za varno vrnitev v šport. Poškodbe skeletnih mišic so najpogostejše športne poškodbe. Celični odziv na poškodbe mišic lahko med rehabilitacijo pogosto povzročijo spremembe na mišičnih vlaknih in zunajcelični matriki. To lahko negativno vpliva na silo in obseg poškodovane mišice tudi po športnikovi vrnitvi na tekmovanje³⁶. Diagnostika poškodbe skeletnih mišic vključuje anamnezo in fizične preglede ter načine slikanja (npr. ultrazvočno slikanje in magnetna resonanca - MRI). Trenutne raziskave preučujejo potencialne metode, vključno s kliničnimi dejavniki, MRI, testi mišične funkcionalnosti, s katerimi lahko napovedo pacientovo

varno vrnitev v šport (Wong et al., 2015). Časovni raspored za vrnitev v šport po akutni poškodbi mišic je odvisen od več dejavnikov, vključno z mehanizmom poškodbe, resnostjo mišične poškodbe in mišično skupino. Med najpogosteje poškodovanimi mišicami v nogometu imajo poškodbe upogibalk kolena daleč (65%) najdaljši čas okrevanja v primerjavi z mišicami adduktorjev ali iztegovalk kolena (Hallén & Ekstrand, 2014). Poleg tega se ponavljajoče se poškodbe biceps femorisa pojavljajo pogosteje v primerjavi z drugimi mišicami (Hallén & Ekstrand, 2014). Uporaba slikovnih tehnik za predvidevanje časa za vrnitev v šport po akutni poškodbi mišic je sporna, saj je več študij pokazalo, da MRI kot orodje za napovedovanje časa za vrnitev v šport ni bilo primerno pri najbolj razširjenih manjših poškodbah (brez strukturnih spremembe, z edemi); vendar so bile za poškodbe 2. in 3. stopnje dobljene bolj zanesljive napovedne vrednosti (Ekstrand et al., 2012). Pomembno je, da tudi po tem, ko se športnik lahko vrne v šport, je njegovo delovanje po akutni poškodbi mišic še vedno vprašljivo. Funkcija po vrnitvi v šport se je s časom po vrnitvi v igro izboljšala (Mendiguchia et al., 2014), saj je počasnejši sprint, nižja sila in moč, izboljšani po dveh mesecih po vrnitvi v šport. Na voljo pa je le malo študij za raziskovanje funkcionalnega stanja športnikov ob točki vrnitve v šport.

Predstavitev problema:

Ponavljajoče se poškodbe so pogosto močno povezane s prejšnjimi poškodbami in se pogosto ponavljajo zaradi več hkratnih dejavnikov tveganja (de Visser et al., 2012) ali zaradi (pre)zgodnjih največjih obremenitev po predhodni poškodbi (Creighton et al., 2010). Zato so odločitve o pravem trenutku in načinu vrnitve v šport zelo pomembne, vendar je informacije o tem težko dobiti s trenutno razpoložljivimi metodami. Pomembno je odpraviti razlog za poškodbo, ki je pogosto prekomerna obremenitev, mišična utrujenost, mišično neravnovesje, nezadostna sila, oslavljen del telesa zaradi predhodnih poškodb itd. Pomembno je vedeti, da je veliko dejavnikov za ponavljajoče se poškodbe mišic izhajajo iz iste skeletne mišice same (mišična zgradba in arhitektura) ali z mišično funkcionalnostjo (tehnika teka, fleksibilnost) (Opar et al., 2012). S pregledom literature so ugotovili, da ni dovolj znanstvenih dokazov, zato se je treba osredotočiti na celovit razmislek o skeletni mišici, njeni strukturi in funkcionalnosti za zagotovitev varnega vračanja. In tenziomiografija bi lahko bila eden izmed takih pristopov: oddelka za športno medicino Aspeta in FC Barcelona sta v FC Barcelona

muscle injuries clinical guide 3.0 da "*Tensiomyography is used for follow-up the functional recovery of muscle and to help decide return to play*".

Cilj:

Analizirali bomo poškodbe nogometašev 1. slovenske nogometne lige. Spremljali bomo poškodovane, ki so si akutno poškodovali mišice stegna in meča. Po poškodbi bomo spremljali njen mehanizem in stanje mišic po zaključeni rehabilitaciji, po trenutku vračanja v šport. Zanimale nas bodo tudi morebitne ponovne poškodbe v obdobju 3 mesecev po vračanju v šport.

METODE

Preiskovanci:

Metode dela so sledile metodam dela projekta ARRS SIDB - *Prospektivna analiza športnih poškodb elitnih športnikov: epidemiologija, napovedovanje in varno vračanje v šport* (L7-3187) in Komisije za medicinsko etiko RS. Na kratko, vse igralce 1. slovenske nogometne lige smo vključili v raziskavo. Po rednem periodičnem merjenju smo spremljali njihove poškodbe in jih ponovno izmerili po zaključeni rehabilitaciji, ob varnem vračanju v šport.

Raziskovalni načrt:

Po zaznani poškodbi je sledila klinična ocena vrste in obsega poškodbe. Po zaključeni rehabilitaciji smo izvedli meritve po spodaj navedeni bateriji testov.

Ocena obsega poškodbe:

Poškodbe so bile registrirane s strani zdravstvenega osebja vsakega kluba. Največkrat na osnovi pregleda MRI in/ali ultrazvočne preiskave, v okviru referenčnega športno-medicinsko-terapevtskega centra ZRS Koper. Izpolnitev vprašalnika po priporočilih Munchenskega sporazuma (Mueller-Wohlfahrt et al., 2013).

Baterija testov:

Poleg kliničnih testov, bomo športnikov ob povratku na igrišče izmerili že validirane dejavnike športnih poškodb, validiranih v sklopu prejšnjega projekta ARRS L5-8245 *Razvoj modela spremljanja športnih poškodb za učinkovitejšo preventivo, diagnostiko in rehabilitacijo*. Te meritve so obsegale: mišično maso (bioimpedanca), mišični tonus in mišična hitrost (Tenziomoigrafija). Poleg tega bomo izvedli še nekaj splošnih testov iz nabora vaj FMS in psiho-sociološki vprašalnik o psihični-sociološki pripravljenosti vračanja v šport, kateri pa ni predmet te analize.

Statistična obdelava:

Po zagotovitvi normalnosti podatkov in homogenosti varianc smo uporabili parametrično statistiko. Poročali smo epidemiološke mere pojavnosti poškodb. Potem smo poročali razlike med poškodovanimi in nepoškodovanimi za sklope poškodb zadnjih stegenskih mišic, sprednjih stegenskih mišic, sprednjih in zadnjih stegenskih mišic in sprednjih/zadnjih stegenskih mišic, kolena ter mišic meč. Razlike smo poročali pri stopnji tveganja $p < 0,100$; $p < 0,050$ in $p < 0,010$.

REZULTATI

V Tabeli 1 so prikazani deskriptivni podatki našega vzorca športnikov, vključenih v raziskavo. Vsi prihajajo iz nogometa – 1. slovenska nogometna liga.

Tabela 1: Deskriptivni podatki izmerjenih nogometašev 1. slovenske nogometne lige.

Spremenljivka	Povprečje ± standardni odklon
N	151
Telesna višina / cm	182,5 ± 6,0
Telesna masa / kg	77,2 ± 6,3
Indeks telesne mase / m/kg ²	23,2 ± 1,4
Maščobna masa / %	14,4 ± 3,6

Pusta masa / %	85,6 ± 3,6
Mišična masa / %	46,5 ± 5,1
Indeks maščobne mase / kg/m ²	3,3 ± 0,9
Indeks puste mase / kg/m ²	19,8 ± 1,3
Rectus femoris	
Td / ms	25,1 ± 2,0
Tc / ms	29,4 ± 3,8
Ts / ms	99,2 ± 46,9
Tr / ms	58,3 ± 40,1
Dm / mm	8,8 ± 2,0
Vastus lateralis	
Td / ms	22,6 ± 1,7
Tc / ms	22,4 ± 1,9
Ts / ms	71,3 ± 37,6
Tr / ms	41,3 ± 31,5
Dm / mm	6,1 ± 1,3
Vastus medialis	
Td / ms	23,2 ± 1,4
Tc / ms	23,7 ± 2,0
Ts / ms	184,2 ± 27,9
Tr / ms	61,8 ± 34,9
Dm / mm	8,3 ± 1,7
Biceps femoris	
Td / ms	23,9 ± 2,0
Tc / ms	35,8 ± 6,1
Ts / ms	209,8 ± 35,3
Tr / ms	45,0 ± 18,3

Dm / mm	5,4 ± 1,7
Semitendinosus	
Td / ms	26,3 ± 2,7
Tc / ms	42,3 ± 9,6
Ts / ms	163,5 ± 28,9
Tr / ms	61,7 ± 23,1
Dm / mm	8,5 ± 2,4

Parametri TMG: Td...čas zakasnitve; Tc...čas krčenja; Ts...čas zadržka; Tr...polovični čas sproščanja Dm...največja amplituda.

V Tabeli 2 je prikazana poškodbeno statistika igralcev v enem letu. Zabeležili smo skupno 60 poškodb, od tega 55% na tekmah in 78 % ne kontaktnih poškodb. Največja prevalenca poškodb je bila poškodbe kolen (20%), zadnjih stegenskih mišic (18,3%), gležnja (11,7%) in stegna (11,7%). Te štiri lokacije poškodb so bile predmet nadaljnjih analiz.

Tabela 2: Epidemiološka poškodbeno statistika.

Vrsta poškodbe	Prevalenca	Delež od vseh poškodb	[delež na treningih; delež na tekmah]	[delež ne kontaktnih; delež kontaktnih]
Lokacija poškodbe	60	100 %	[45 %; 55 %]	[78 %; 18 %]
Koleno	12	20 %	[50 %; 50 %]	[83 %; 17 %]
Zadnje stegenske mišice	11	18,3 %	[27 %; 73 %]	[91 %; 9 %]
Gleženj	7	11,7 %	[57 %; 43 %]	[43 %; 57 %]
Stegno	7	11,7 %	[29 %; 71 %]	[86 %; 14 %]
Primikalke	5	8,3 %	[60 %; 40 %]	[80 %; 20 %]
Medenica	5	8,3 %	[100%; 0 %]	[100 %; 0 %]
Ahilova tetiva	4	6,7 %	[50 %; 50 %]	[100 %; 0 %]

Spodnje hrbtne mišice	1	1,7 %	[0 %; 100 %]	[100 %; 0 %]
Stopalo	1	1,7 %	[100 %; 0 %]	[100 %; 0 %]
Fibula	1	1,7 %	[0 %; 100 %]	[0 %; 100 %]
Prepona	1	1,7 %	[0 %; 100 %]	[100 %; 0 %]
Zapestje	1	1,7 %	[0 %; 100 %]	[100 %; 0 %]
Ključnica	1	1,7 %	[0 %; 100 %]	[100 %; 0 %]
Trebuh	1	1,7 %	[100 %; 0 %]	[100 %; 0 %]
Peta	1	1,7 %	[0 %; 100 %]	[100 %; 0 %]
Glava	1	1,7 %	[0 %; 100 %]	[0 %; 100 %]

Tabela 3 prikazuje neskladnosti mišic po poškodbah stegna (zadnjih stegenskih mišic, sprednjih stegenskih mišic, kolena) in meč v primerjavi z nepoškodovanimi. Razlike smo poročali pri treh stopnjah zaupanja, kjer si lahko bralec sam izbere stopnjo statistične značilnosti. Hitro ugotovimo, da so nekatere razlike poškodovanih pričakovane, kot sta npr. višji Dm in daljši Tr. Medtem, ko sta krajši Td in Tc poškodovanih verjetno rezultat kratkotrajne zmanjšane gibalne/športne aktivnosti po poškodbah. Lateralne simetrije Dm in Tc pa so bile v nekaterih primerih manjše (posledice športa in poškodb) in v drugih primerih višje (posledice rehabilitacije) od lateralnih simetrij nepoškodovanih.

Tabela 3: Ugotovljene razlike (pri treh različnih stopnjah zaupanja - p) med poškodovanimi in nepoškodovanimi po zaključeni rehabilitaciji, oziroma vračanju v šport.

		Število	p < 0,010	p < 0,050	p < 0,100
		poškodb			
Zadnje stegenske mišice	11	STTr↑	FFMI↓; SimRFDm↓	ITM↓; RFTc↓; VMTc↓	
Sprednje stegenske mišice	7	VMDm↑	VLDm↑; VMTr↑; BFTd↓; BFTr↑	STTd↓; SimVMDm↑	

Zadnje in sprednje stegenske mišice	18	STTr↑	FFMI↓; BFTr↑; STDm↑; SimVLDm↓; SimVMDm↑; SimRFTc↓
Zadnje in sprednje stegenske mišice, koleno in meča	37		TM↓; VMDm↑; STTr↑; SimSTTc↑

TM...telesna masa; ITM...indeks telesne mase; FFMI...indeks maščobne mase; Sim...lateralna simetrija.

Mišice: RF...rectus femoris; BF...biceps femoris; ST...semitendinosus; VL...vastus lateralis; VM...vastus medialis.

Parametri TMG: Td...čas zakasnitve; Tc...čas krčenja; Tr...polovični čas sproščanja; Dm...največja amplituda.

DISKUSIJA

Ugotovili smo razlike med poškodovanimi in nepoškodovanimi po vrnitvi v šport. Žal ne moremo vedeti, če so razlike obstajale tudi pred poškodbo in so tako bile morebiti tudi mehanizem poškodbe. A žal prospektivni pristop pri tako kratkem projektnem obdobju ni bil možen.

Vseeno pa lahko potrdimo povišan Dm mišic, ki nakazuje manjši tonus mišic (Šimunič et al., 2019) ali mišično atrofijo po poškodbi (Pišot et al., 2008). Potrebno se je zavedati, da je manjši mišični tonus in/ali atrofičnost mišice prisotna še dolgo po koncu zmanjšane aktivnosti mišic (Šimunič et al., 2019).

Potrdimo lahko tudi daljši Tr. Nam ni znane študije, ki bi primerjala Tr po obdobju zmanjšane gibalne/športne aktivnosti. A daljši Tr gre interpretirati kot zmanjšano sposobnost mišice hitrega sproščanja po krčenju, kar je izjemnega pomena pri veliki frekvenci gibov in ko-kontrakciji agonističnih in antagonističnih mišic.

Krajša Td in Tc, tipično ugotovljena po zaključeni rehabilitaciji nakazujeta boljšo kapaciteto mišic po hitrih mišičnih akcijah. Krajša Td in Tc smo ugotovili tudi po pliometrični vadbi (Zubac et al., 2019; Zubac & Šimunič, 2017), a v tem primeru to ni mehanizme sprememb. Pohitritev mišičnih vlaken so poročali tudi po obdobjih kratkotrajne gibalne/športne neaktivnosti (Zhou et al., 1995), saj se skrajša razdalja med aktinom in miozinom, kar omogoča hitrejši stik med obema kontraktilnimi proteinoma.

Enoznačnih zaključkov za lateralne simetrije ne moremo postaviti, saj se ta v nekaterih primerih zmanjšala v drugih pa povečala. Zavedati se moramo, da že izbrani šport vnaša asimetričnost telesa, saj je bila ugotovljena asimetrija Dm nepoškodovanih nižja (85,5 do 87,7 %) od pričakovane (> 90 %). Je pa tudi res, da so imeli vsi poškodovani nogometaši rehabilitacijo, v kateri so ciljno zniževali asimetrijo in pri tem bili verjetno uspešni.

ZAKLUČEK

Žal nam kratko obdobje projekta ni dovolilo prospektivnega raziskovalnega pristopa in tudi spremljanja ponovnih poškodb. Kljub temu smo ponovne poškodbe ugotovili pri 11,3% poškodovanih. Ugotovili smo razlike med poškodovanimi in nepoškodovanimi ob točki vračanja v izbrani šport in največkrat so te bile v daljšem polovičnem času sproščanja, višji amplitud odziva TMG in krajšem času zakasnitve ter časa krčenja.

ZAHVALA

Izvedbo programa je omogočilo sofinanciranje Fundacije za šport.

LITERATURA

- Askling, C. (2011). Types of hamstring injuries in sports. *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjism.2010.081570.15>
- Beynon, B. D., Vacek, P. M., Murphy, D., Alosa, D., & Paller, D. (2005). First-time inversion ankle ligament trauma: The effects of sex, level of competition, and sport on the incidence of injury. *American Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1177/0363546505275490>
- Bisciotti, G. N., Eirale, C., Corsini, A., Baudot, C., Saillant, G., & Chalabi, H. (2020). Return to football training and competition after lockdown caused by the COVID-19 pandemic: Medical recommendations. In *Biology of Sport*. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2020.96652>
- Brites, F., Verona, J., de Geitere, C., Fruchart, J. C., Castro, G., & Wikinski, R. (2004). Enhanced cholesterol efflux promotion in well-trained soccer players. *Metabolism: Clinical and Experimental*. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2004.05.002>
- Brukner, P. (2015). Hamstring injuries: Prevention and treatment - An update. *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094427>

- Bueno, A. M., Pilgaard, M., Hulme, A., Forsberg, P., Ramskov, D., Damsted, C., & Nielsen, R. O. (2018). Injury prevalence across sports: a descriptive analysis on a representative sample of the Danish population. *Injury Epidemiology*. <https://doi.org/10.1186/s40621-018-0136-0>
- Caine, D., Maffulli, N., & Caine, C. (2008). Epidemiology of Injury in Child and Adolescent Sports: Injury Rates, Risk Factors, and Prevention. In *Clinics in Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2007.10.008>
- Creighton, D. W., Shrier, I., Shultz, R., Meeuwisse, W. H., & Matheson, G. O. (2010). Return-to-play in sport: A decision-based model. In *Clinical Journal of Sport Medicine*. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3181f3c0fe>
- de Mozzi, P., Longo, U. G., Galanti, G., & Maffulli, N. (2008). Bicuspid aortic valve: A literature review and its impact on sport activity. *British Medical Bulletin*. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldn002>
- de Visser, H. M., Reijman, M., Heijboer, M. P., & Bos, P. K. (2012). Risk factors of recurrent hamstring injuries: A systematic review. In *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090317>
- Dehaven, K. E., & Lintner, D. M. (1986). Athletic injuries: Comparison by age, sport, and gender. *The American Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1177/036354658601400307>
- DeWitt, J., & Vidale, T. (2014). Recurrent hamstring injury: consideration following operative and non-operative management. *International Journal of Sports Physical Therapy*.
- Ekegren, C. L., Gabbe, B. J., & Finch, C. F. (2016). Sports Injury Surveillance Systems: A Review of Methods and Data Quality. In *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0410-z>
- Ekstrand, J., Häggglund, M., & Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: The UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.060582>
- Ekstrand, J., Healy, J. C., Waldén, M., Lee, J. C., English, B., & Häggglund, M. (2012). Hamstring muscle injuries in professional football: The correlation of MRI findings with return to play. *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090155>
- Ekstrand, J., Krutsch, W., Spreco, A., van Zoest, W., Roberts, C., Meyer, T., & Bengtsson, H. (2020). Time before return to play for the most common injuries in professional football: A 16-year follow-up of the UEFA Elite Club Injury Study. *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100666>
- Ginty, F., Rennie, K. L., Mills, L., Stear, S., Jones, S., & Prentice, A. (2005). Positive, site-specific associations between bone mineral status, fitness, and time spent at high-impact activities in 16- to 18-year-old boys. *Bone*. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2004.10.001>
- Hallén, A., & Ekstrand, J. (2014). Return to play following muscle injuries in professional footballers. *Journal of Sports Sciences*. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.905695>
- Hamilton, G. M., Meeuwisse, W. H., Emery, C. A., Steele, R. J., & Shrier, I. (2011). Past injury as a risk factor: An illustrative example where appearances are deceiving. *American Journal of Epidemiology*. <https://doi.org/10.1093/aje/kwq461>

- Longo, U. G., Garau, G., Denaro, V., & Maffulli, N. (2008). Surgical management of tendinopathy of biceps femoris tendon in athletes. *Disability and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1080/09638280701786120>
- Maffulli, N., Longo, U. G., Gougoulias, N., Caine, D., & Denaro, V. (2011). Sport injuries: A review of outcomes. In *British Medical Bulletin*. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldq026>
- Maffulli, N., Longo, U. G., Spiezia, F., & Denaro, V. (2010). Sports injuries in young athletes: Long-term outcome and prevention strategies. *Physician and Sportsmedicine*. <https://doi.org/10.3810/psm.2010.06.1780>
- Mendiguchia, J., Samozino, P., Martinez-Ruiz, E., Brughelli, M., Schmikli, S., Morin, J. B., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Progression of mechanical properties during on-field sprint running after returning to sports from a hamstring muscle injury in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1363192>
- Nelson, A. J., Collins, C. L., Yard, E. E., Fields, S. K., & Comstock, R. D. (2007). Ankle injuries among United States high school sports athletes, 2005-2006. *Journal of Athletic Training*.
- Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2012). Hamstring strain injuries: Factors that Lead to injury and re-Injury. In *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.2165/11594800-000000000-00000>
- Öztürk, S., & Kiliç, D. (2013). What is the economic burden of sports injuries? *Eklemler Hastalıkları ve Cerrahisi*. <https://doi.org/10.5606/ehc.2013.24>
- Pišot, R., Narici, M. V., Šimunič, B., de Boer, M., Seynnes, O., Jurdana, M., Biolo, G., & Mekjavič, I. B. (2008). Whole muscle contractile parameters and thickness loss during 35-day bed rest. *European Journal of Applied Physiology*, 104(2). <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0698-6>
- Shanmugam, C., & Maffulli, N. (2008). Sports injuries in children. In *British Medical Bulletin*. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldn001>
- Sheu, Y., Chen, L. H., & Hedegaard, H. (2016). Sports-and recreation-related injury episodes in the United States, 2011–2014. *National Health Statistics Reports*.
- Shrier, I., Zhao, M., Piché, A., Slavchev, P., & Steele, R. J. (2017). A higher sport-related reinjury risk does not mean inadequate rehabilitation: The methodological challenge of choosing the correct comparison group. *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096922>
- Šimunič, B., Koren, K., Rittweger, J., Lazzer, S., Reggiani, C., Rejc, E., Pišot, R., Narici, M., & Degens, H. (2019). Tensiomyography detects early hallmarks of bed-rest-induced atrophy before changes in muscle architecture. *Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00880.2018>
- Tsunawake, N., Tahara, Y., Moji, K., Muraki, S., Minowa, K., & Yukawa, K. (2003). Body composition and physical fitness of female volleyball and basketball players of the Japan inter-high school championship teams. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*. <https://doi.org/10.2114/jpa.22.195>
- Wong, S., Ning, A., Lee, C., & Feeley, B. T. (2015). Return to sport after muscle injury. In *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s12178-015-9262-2>

- Zhou, M. Y., Klitgaard, H., Saltin, B., Roy, R. R., Edgerton, V. R., & Gollnick, P. D. (1995). Myosin heavy chain isoforms of human muscle after short-term spaceflight. *Journal of Applied Physiology*, 78(5), 1740–1744. <https://doi.org/10.1152/jappl.1995.78.5.1740>
- Zubac, D., Paravlić, A., Koren, K., Felicita, U., & Šimunič, B. (2019). Plyometric exercise improves jumping performance and skeletal muscle contractile properties in seniors. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions*, 19(1).
- Zubac, D., & Šimunič, B. (2017). Skeletal Muscle Contraction Time and Tone Decrease After 8 Weeks of Plyometric Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(6), 1610–1619. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001626>