



Manca Zupančič,
Matevž Arčon¹

Pretres možganov v kontaktnih športih – preventiva in okrevanje

Izvleček

S športom povezan pretres možganov (angl. sports-related concussion, SRC) je pogosta in problematična poškodba med mladostniki, ki se udeležujejo v športu. Velja za najpogostejšo športno poškodbo glave, posebno v kontaktnih športih (boks, borilne veščine, ameriški nogomet, ragbi, hokej na ledu in drugi kontaktni športi). Zaradi možnih posledic po poškodbah sta za trenerje in športnike ključnega pomena preventiva in okrevanje. Zato smo v naš pregled vključili pregledne članke, ki so poročali o preventivi in/ali okrevanju ob poškodbi SRC, ter s tem zbrali ključne preventivne nasvete in napotke za uspešno okrevanje. Ti so lahko v pomoč trenerjem, športnikom, zdravstvenim delavcem in drugemu osebju, povezanemu s športniki. Poleg tega smo našli glavne napredne nevrološke slikovne tehnike in krvne biomarkerje, ki jih je smiselno uporabljati pri diagnozi SRC ter spremljanju okrevanja. Potrebni so več raziskav pri različnih športih, na podlagi katerih bi lahko oblikovali preventivne programe, prilagojene posameznemu športu, in smernice za čim boljše okrevanje.

Ključne besede: pretres možganov, kontaktni športi, preventiva, okrevanje



stock.adobe.com

Concussion in Contact Sport: Prevention and Recovery

Abstract

Sport-related concussions (SRCs) are a prevalent and problematic injury occurring among adolescents participating in sports. It is considered the most common sports-related head injury, particularly in contact sports such as boxing, martial arts, American football, rugby, ice hockey, and other contact sports. Due to the potential consequences of these injuries, prevention and recovery are crucial for coaches and athletes. Therefore, our review included articles reporting on the prevention and/or recovery of SRCs, gathering key preventive guidelines and recovery recommendations that can benefit coaches, athletes, healthcare professionals, and other personnel associated with athletes. Additionally, we listed the main advanced neurological imaging techniques and blood biomarkers that are useful for diagnosing SRCs and monitoring recovery. More research is needed for different sports to develop sport-specific preventive programs and optimize recovery.

Keywords: concussion, contact sports, prevention, recovery

¹Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede o zdravju, Izola, Slovenija

■ Uvod

Pretres možganov se pojavi kot posledica biomehanskih sil, ki povzročijo premik možganov znotraj lobanje. To sproži motnje v delovanju možganov ali celo izgubo zavesti, običajno pa vpliva na spomin in orientacijo posameznika (Giza idr., 2013; Patricios idr., 2023). V literaturi lahko najdemo tudi izraze blaga poškodba možganov, blaga travmatična poškodba možganov ali blaga poškodba glave (Blennow idr., 2016; Hon idr., 2019; Lumba-Brown idr., 2018). V kontaktnih športih so igralci lahko izpostavljeni ponavljajočim se udarcem, fenomenu pravimo blažji pretres. Nanaša se na veliko številno lažjih udarcev v glavo, a se to na podlagi kliničnih testov ne izkaže za diagnozo SRC, saj sile ne povzročijo simptomov, povezanih s pretresom (Bailes idr., 2013; Broglio idr., 2012). Kljub temu je zaznati čedalje več opozoril, da ima lahko izpostavljenost ponavljajočim se udarcem kronične učinke na funkcijo in zdravje možganov (Rawlings idr., 2020). Omenjeni fenomen lahko zasledimo pri nogometu, kjer igralci žogo udarjajo z glavo (Díaz-Rodríguez in Salvatore, 2019; Mainwaring idr., 2018; Tarnutzer idr., 2017), ter v kontaktnih športih, kot je ragbi (McNabb idr., 2020; Rawlings idr., 2020). Pri športu se uporablja specifičen izraz – pretres možganov, povezan s športom, angl. sports-related concussion (SRC). Opredeljen je kot travmatska poškodba možganov, nastala zaradi biomehanske sile ob neposrednem udarcu v glavo, obraz, vrat ali drug del telesa z impulzivno silo, ki se prenese na glavo (McCrory, Feddermann-Demont idr., 2017). Med poškodbami glave v športu je po pogostosti na prvem mestu, posebej pogosta pa je v kontaktnih športih, kot so boks in druge borilne veščine, ameriški nogomet, ragbi ter hokej na ledu (Gallo idr., 2020; Prien idr., 2018). V preostalih kontaktnih športih (nogomet ali košarka) ter v nekontaktnih športih (kolesarjenje, smučanje, tenis) je manj pogosta (Musumeci idr., 2019). Po podatkih raziskav

Pfister idr. (2016), Prien idr. (2018) ter Walshe idr. (2022) je najvišja incidenca SRC v ragbiju (3,89–16,11 SRC na 1000 ur treninga in/ali tekem), sledita hokej na ledu (1,20–5,13) in nogomet (2,08–4,04). Za poškodbo so bolj dovzetne ženske, po prvem pretresu je tveganje za ponovni pretres od 2- do 5,8-krat večje. Tveganje se z vsakim nadaljnjim pretresom še povečuje, simptomi so čedalje hujši (Nagahiro in Mizobuchi, 2014). SRC se večinoma pojavi ob močnejšem trku z drugim igralcem, igralno površino ali opremo (Lynall idr., 2017). Chandran idr. (2021) poročajo, da je trk z igralcem najpogostejši mehanizem pri moških (77,0 % vseh SRC), medtem ko se pri ženskah SRC pogostejše pojavi ob trku z opremo (39,2 % vseh SRC). Klinično gledano, pri SRC ne gre nujno za izgubo zavesti, je pa povezan z drugimi telesnimi (glavobol, težave z ravnotežjem in/ali vidom), kognitivnimi (izguba spomina, manjša koncentracija), čustvenimi, vedenjskimi in spinalnimi spremembami. Najpogostejši simptom je glavobol, sledijo omotica in težave s koncentracijo. Pri približno 70–90 % pretresov simptomi pri odraslih izginejo po 14 dneh, pri mladostnikih in otrocih pa v 27 dneh (Cheever idr., 2021; Rice idr., 2018). Ob neustreznem okrevanju se lahko simptomi razvijejo v trajne popretresne simptome (> dva tedna pri odraslih, > štiri tedne pri otrocih). Ti se kažejo kot kombinacija telesnih (glavobol, omotica, zamegljen vid, motnje spanja, bolečine v vratu in utrujenost), kognitivnih (upočasnjeno mišljenje, težave s koncentracijo, spominom ali izvršilnimi funkcijami, samokontrolo, upravljanjem časa, organizacijo, načrtovanjem) in čustvenih ali vedenjskih simptomov (spremenjena čustvena odzivnost, razdražljivost, hitrejša vznemirljenost, čustvena labilnost) ter so lahko povezani s spremembami osebnosti in težavami, povezanimi z lastno identiteto (Belanger idr., 2013; Rice idr., 2018; Snell idr., 2017).

V literaturi se med možnimi posledicami SRC, ki so ga posamezniki doživeli vsaj enkrat v športni karieri, najpogostejše omenja področje kognitivnih funkcij in duševnega zdravja. Nekdanji športniki, ki so utrpeli najmanj en SRC, so poročali o težavah z depresijo (10,4 %), anksioznostjo (16,2 %), odvisnostjo od alkohola (5,8 %) in uživanjem prepovedanih substanc (2,9 %) ter kognitivnih težavah (3,8 %) (Manley idr., 2017). Pri igralcih, ki so med kariero doživeli tri SRC ali več, je bilo tveganje za diagnozo blage kognitivne motnje po 50. letu do petkrat večje kot pri igralcih brez SRC (Guskiewicz idr., 2005). Dodatno Guskiewicz idr. (2007) ugo-

tavljajo, da so na vzorcu 2522 upokojenih igralcev iz najmočnejše lige ameriškega nogometa NFL pri 1,3 % odkrili Alzheimerjevo bolezen, pri 12,0 % so se pojavile težave s spominom. Pomembno področje, na katerem so prav tako vidnejše posledice SRC, je srčno-žilno zdravje. Po poročanju Izzy idr. (2023) so epidemiološke raziskave pokazale povečano tveganje za srčno-žilne bolezni pri igralcih ameriškega nogometa in nekaterih drugih športih, pri katerih so igralci izpostavljeni ponavljajočim se udarcem z glavo. Tveganje smrti zaradi bolezni srca naj bi bilo pri omenjeni populaciji za kar 52 % večje kot v splošni populaciji. Memmini idr. (2021) dodajajo, da je več opazovalnih študij med športniki, ki so utrpeli SRC, pokazalo večjo razširjenost hipertenzije in sladkorne bolezni ter večjo variabilnost srčnega utripa. Avtorji Grashow idr. (2023) so v svoji študiji odkrili povezanost med SRC in povečanim tveganjem za možgansko kap. Pri nekdanjih športnikih so ugotovili tudi številna nevropatološka stanja z makro- in mikroskopskimi posledicami, kot so frontalna in temporalna atrofija, stanjšanje hipotalamičnega dna, skleroza hipokampusa, zmanjšanje mase možganov in bolezni motoričnega nevrona (Manley idr., 2017).

Zaradi nepraktičnosti tradicionalnega modela nevropsihološkega testiranja, ki traja 4–6 ur (Momin idr., 2023), so se razvile različne ocenjevalne metode, pri katerih ni nujno potrebna ocena nevrologa, temveč jih lahko uporabljajo trenerji in drugo osebje na kraju športnega dogodka (McCrory idr., 1997). Ocenjevalne metode pogosto vključujejo ocene simptomov, nevrokognicije in ravnotežja ter delovanja vestibularnega in očesnega sistema (Borich idr., 2013; Harmon idr., 2013; Hubertus idr., 2019; Ianof idr., 2014; Le idr., 2023; Momin idr., 2023; Putukian, 2017). To so »Post-Concussion Symptom Scale«, »Graded Symptom Checklist«, »Standardized Assessment of Concussion (SAC)«, »Balance Error Scoring System«, »The Sensory Organization Test«, »The King-Devick test«, »The Vestibular/Ocular Motor Screening«, »Sport Concussion Assessment Tool (SCAT)«, test tandem-ske hoje in »Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Testing (ImPACT)«. Najpogostejše se uporabljajo diagnostična orodja SCAT, SAC in ImPACT (Borich idr., 2013; Momin idr., 2023). Čeprav ne gre za strogo nevropsihološko ocenjevalno orodje, se je športni ocenjevalni pripomoček SCAT in otroški SCAT, zdaj v svoji šesti različici, izkazal kot najprimernejše orodje za akutno oceno SRC do sedem dni po po-

Seznam kratic

SRC	Sports-related concussion, s športom povezan pretres možganov
SAC	Standardized Assessment of Concussion
SCAT	Sport Concussion Assessment Tool
ImPACT	Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Testing

škodbi, najbolje v 72 urah po poškodbi (Davis idr., 2023). Otroški SCAT6 je primeren za otroke od 8. do 12. leta, SCAT6 pa za mladostnike (13–18 let) in starejše športnike. Drugi ocenjevalni instrument, SAC, je oblikovan tako, da v šestih minutah preverimo štiri nevropsihološka področja, in sicer orientacijo, delovni spomin, koncentracijo in sposobnost priklica v spomin (McCrea, 2001). Prav tako je pogosto uporabljen pri prepoznavanju pretresa v zgodnji fazi poškodbe (McCrea idr., 2003). Med najpogostejšimi testi je še računalniška nevropsihološka testna baterija ImPACT, s katero ocenjujemo časovno zaznavanje, besedni spomin, vizualni spomin in reakcijski čas (Alsalaheen idr., 2016; Iverson idr., 2003). Zasnovana je za uporabo kot izhodiščna ocena in ocena po pojavu SRC (Quigley idr., 2023). Ob tem je treba poudariti, da omenjena orodja niso nadomestilo za temeljitejšo nevrološke ali nevropsihološke ocene in jih ni mogoče uporabiti za popolno diagnozo SRC (Ianof idr., 2014).

Namen tega prispevka je iz preglednih člankov povzeti ključne učinkovite preventivne napotke in navodila pri okrevanju po poškodbi SRC.

Metode

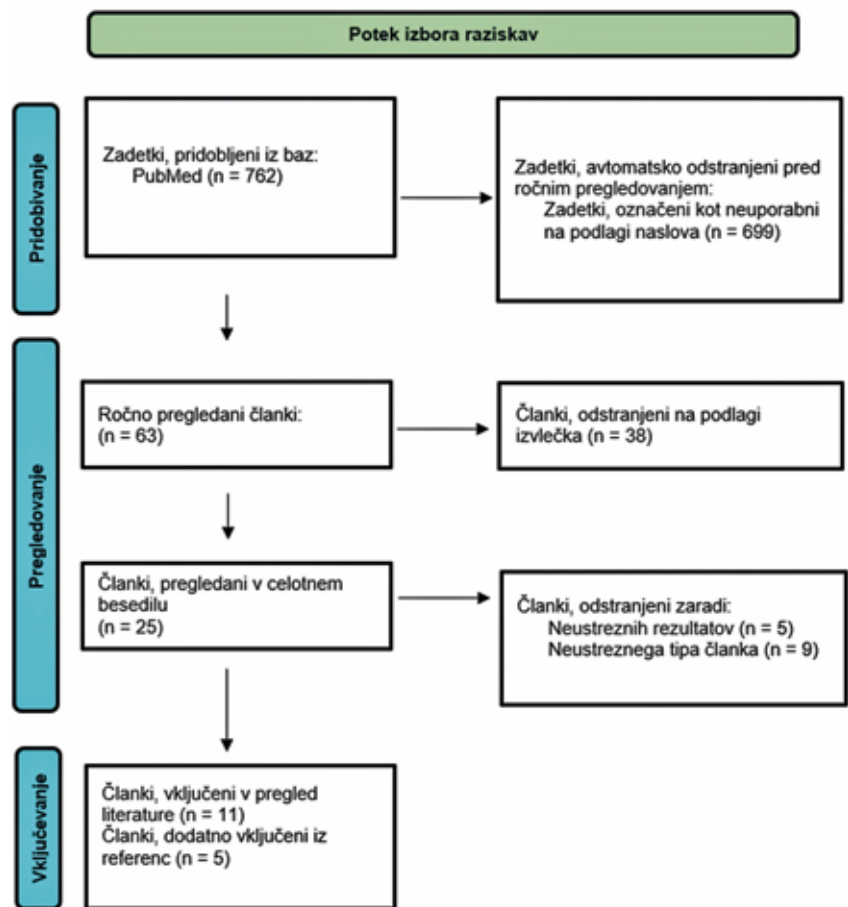
Iskanje literature je potekalo med 20. 2. in 6. 3. 2024 v podatkovni bazi PubMed. Uporabili smo naslednji iskalni niz: (*concussion OR »traumatic brain injuries« OR »Mild traumatic brain injuries« OR ((Head OR Brain) AND injuries) AND (prevent* OR (recovery* OR »return to play« OR rehab*)) AND contact AND sport**). Pri tem smo se omejili na prikaz člankov iz zadnjih desetih let (2014–2024). Skupno je bilo 762 zadetkov.

Vključeni so bili članki, ki (i) so pregledne vrste (kratki pregledni članki, narativni pregledni članki, sistematični pregledni članki, metaanalize ipd.), (ii) so raziskovali SRC v kontaktnih športih, ne glede na starost preiskovancev, ter (iii) so podali podatke o preventivi in/ali okrevanju po poškodbi SRC. Izključeni so bili članki oz. študije, ki (i) so bili opazovalne ali eksperimentalne vrste ter (ii) so raziskovali SRC v nekontaktnih športih.

V pregled smo vključili 16 člankov. Potek izbiranja literature je prikazan na Sliki 1.

Rezultati

V Preglednici 1 so zbrani članki, ki ponujajo napotke za preventivo pred poškodbo SRC.



Slika 1. Potek izbire ustrezne literature

Poleg avtorja so navedeni tudi podatki o namenu članka in ključni rezultati za naš pregled.

Preglednica 2 prikazuje nabor člankov, ki poročajo o napotkih in času okrevanja po poškodbi SRC. V preglednici so zbrani podatki o avtorju, namenu članka in ključni rezultati za naš pregled.

Razprava

S pregledom literature smo želeli zbrati ključne podatke o učinkoviti preventivi in okrevanju po poškodbi SRC. V pregled smo vključili 11 člankov, od teh jih je sedem poročalo o preventivi in pet o okrevanju po poškodbi (eden poroča tako o preventivi kot okrevanju). Pozneje smo v pregled vključili še pet člankov, ki smo jih pridobili na podlagi referenc iz prej omenjenih člankov, od teh so trije poročali o preventivi in dva o okrevanju. Skupno smo podatke o preventivi pridobili iz desetih člankov, o okrevanju pa iz sedmih.

Preventiva

Iskanju metod za preprečevanje SRC se v zadnjem času namenja vse več pozornosti (August in Torres, 2019; Patricios idr., 2023). V športu SRC ni mogoče popolnoma odpraviti, zato je primarna preventiva ključna, saj lahko pomembno vpliva na zmanjšanje števila in resnosti SRC (August in Torres, 2019; Enniss idr., 2018) ter morebitnih dolgoročnih posledic (Eliason idr., 2023). Glavne preventivne napotke lahko na podlagi pregledane literature razdelimo v štiri glavne sklope, podobno kot avtorji Emery idr. (2017), in sicer na uporabo zaščitne opreme (sedem člankov), pravila in športnikov odnos do igre/športa (trije članki), trenajzne intervencije (trije članki) ter druge strategije (osem člankov).

Zaščitna oprema

Avtorji August in Torres (2019), Eliason idr. (2023), Enniss idr. (2018), Hon idr. (2019), Nagahiro in Mizobuchi (2014), Pankow idr. (2022) ter Schneider idr. (2017) so poročali tako o uporabi čelade oziroma druge na-

Tabela 1
Preventivni napotki in drugi podatki o SRC v športu

Vir	Namen članka	Rezultati
Daly idr. (2021)	Ovrednotiti dokaze o vplivu okrepitve moči vratnih mišic na zmanjševanje tveganja za nastanek SRC in poškodb vratne hrbtenice pri odraslih amaterskih in profesionalnih športnikih.	Poročajo o pomanjkljivosti dokazov, ki bi podpirali izvajanje krepilnih vaj za mišice vratu s ciljem zmanjševanja tveganja za poškodbe vratne hrbtenice in SRC.
Hon idr. (2019)	Pregled globalnih pogledov na epidemiologijo, zdravljenje in napovedovanje SRC pri otrocih.	Za zmanjševanje števila SRC so priporočljivi uvedba starostnih omejitev pri nekaterih vrstah kontaktnih športov, ustrezno športno obnašanje, upoštevanje pravil športa, spodbujanje »fair playa« in prepoved določenih nevarnih športnih dejavnosti (npr. boks). Otroci bi morali biti ciljna skupina za intervencije. Preprečevanje padcev pri športu in uporaba zaščitne opreme bi morala biti osrednja usmeritev pri zmanjševanju tveganja za poškodbe.
August in Torres (2019)	Pregled preventivnih ukrepov za SRC v različnih starostnih skupinah (dojenčki, predšolski otroci, šolski otroci in mladostniki) in športih.	Uporaba zaščitne opreme: čelada (nasprotujoči si dokazi – večina pregledov poroča, da ni enotne čelade, ki bi zagotavljala zaščito pred SRC v nogometu; slabo prileganje čelade pri igralcih ameriškega nogometa je povezano z daljšim trajanjem simptomov SRC), ščitnik za zobe (nasprotujoči si dokazi – ščitnik prikazujejo v pozitivni luči, čeprav več raziskav potrjuje le zaščitni učinek, a ne statistično značilno pomembnega). Karakteristike športnika: jakost vratnih mišic (večja jakost, priprava na udarec, povišana napetost, manjše število SRC; nekatere vrste vadbenih programov naj bi koristile pri zmanjševanju SRC – vaje za krepitev vratnih mišic v kombinaciji s treningom ravnotežja). Izobraževanje in odnos: izobraževanje o poškodbah, simptomih in ukrepanju, izobraževalni programi (»Heads Up: Concussion in Youth Sports«); vseeno pa ni študij, ki bi pokazale, da pridobljeno znanje dejansko vodi v zmanjšanje SRC. Spremembe pravil v športu: spodbujanje »fair playa«, zmanjšanje obsega dovoljenega spotikanja.
Eliason idr. (2023)	Pregledati, katere strategije za preprečevanje SRC v športu so povezane z zmanjšanim tveganjem za SRC in/ali tveganjem za udarec v glavo. Prav tako so bile preučene nezaželene posledice in spremenljivi dejavniki tveganja za SRC.	Preventivni ukrepi, ki bi morda lahko zmanjšali pojavnost SRC: spremembe pravil (prepoved spotikanja v nogometu in ameriškem nogometu, pravilo, ki uvrja rdeče kartone za namenjen udarec s komolcem v glavo v profesionalnem nogometu, je bilo povezano s statistično nepomembnim zmanjšanjem SRC), uporaba zaščitne opreme (čelada, naglavna oprema, ščitnik za zobe; zaščitna maska za obraz in zaščitna očala se niso izkazali kot učinkoviti), trenajzne intervencije (živčno-mišični trening, trening vidne zaznave, ogrevalni program, ki vključuje ravnotežje, vadbo proti uporu, doskoke) in izobraževalni programi (za trenerje – kako zmanjšati kontakt igralcev v športu; splošno o SRC).
Nagahiro in Mizobuchi (2014)	Pregled literature o poškodbah glave pri športu, podatek predvsem na akutnem subduralnem hematomu, SRC, kronični travmatični encefalopatiji, ter preventivi pred njimi in merilih za vrnitev k športu po poškodbah.	Čelada in ščitnik za zobe: ni dokazov, da pomagata zmanjšati pojavnost SRC.
Kung idr. (2020)	Cilj pregleda je bil raziskati povezave med predvidevanjem, vizualno in senzorično-motorično uspešnostjo ter pospeški glave in preučiti učinkovitost programov treninga vida pri zmanjševanju tveganja za SRC v športu.	Nasprotujoči si dokazi o vplivu vizualne in senzorično-motorične uspešnosti ter očesnega sledenja na tveganje za SRC. Raziskave kažejo, da bi lahko trening vida pomagal znižati stopnje SRC med igralci ameriškega nogometa. Potrebne so nadaljnje preiskave o vplivu predvidevanja ter vizualne in senzorično-motorične uspešnosti pri zmanjševanju tveganja za SRC pri drugih kontaktnih športih, še posebej pri tistih, kjer se ne uporablja čelade.
Garnett idr. (2021)	Namen pregleda je bil povzeti trenutne raziskave o strategijah telesne priprave za zmanjšanje ali preprečevanje pojavnosti SRC pri posameznikih, ki se ukvarjajo s športom, še posebej pri mladostnikih.	Nasprotujoči si izsledki o spremenljivih dejavnikih tveganja, povezanih s širino, močjo in togostjo vratu. Nasprotujoči si dokazi o jakosti vratu. Pri igralcih ameriškega nogometa z večjo mišično maso v vratu je tveganje za SRC morda večje zaradi povečanega tveganega tehničnega pristopa. Cervikalna togost je bila predlagana kot potencialna preventivna strategija za zmanjšanje tveganja za SRC.
Pankow idr. (2022)	Cilji tega sistematičnega pregleda so bili (1) preučiti stopnje in mehanizme SRC ter udarcev v glavo pri ekipah mladincev v ameriškem nogometu, (2) prepoznati spremenljive dejavnike tveganja za SRC in udarce v glavo ter (3) oceniti učinkovitost preventivnih strategij, usmerjenih v zniževanje stopnje SRC in/ali udarcev v glavo pri mladinskem ameriškem nogometu.	Nasprotujoči si dokazi o čeladi: večina pregledov poroča, da ni enotnega modela čelade, ki bi zagotavljal zaščito pred SRC v nogometu; slabo prileganje čelade v ameriškem nogometu je povezano z daljšim trajanjem simptomov SRC. Omejitev števila kontaktov na trening je zmanjšalo število udarcev v glavo. Pri hokejistih naj bi uporaba ščitnika za zobe zmanjšala verjetnost za SRC. Intervencija »Heads Up Football« se je izkazala kot učinkovita metoda pri zmanjševanju tveganja za poškodbe.

Vir	Namen članka	Rezultati
Schneider idr. (2017)	Cilj pregleda je bil sistematično ovrednotiti raziskave, ki preučujejo vpliv uporabe zaščitne opreme ter izobraževalnih programov in programov treninga na zmanjševanje tveganja za SRC.	Nekateri kosi zaščitne opreme lahko preprečijo površinsko poškodbo glave, vendar niso optimalni za preprečevanje SRC pri športu. Ob uporabi ščitnikov za zobe v kombinaciji s čelado v športih, kot je ameriški nogomet, se postavlja vprašanje, ali so ščitniki za zobe (in s tem vrsta ščitnika) sploh relevantni za strategije preprečevanja SRC. Trening vidne zaznave bi lahko imel pomembno vlogo pri preventivi pred poškodbami. Izobraževalni programi so koristni pri preprečevanju poškodbe.
Enniss idr. (2018)	Cilj je bil sistematični pregled intervencij za preprečevanje SRC, povezanih s kontaktnimi športi.	Izobraževanja (program »Heads Up«), sprememba ali uveljavljanje pravil, krepitev vratnih mišic, uporaba zaščitne opreme, predvsem čelade.

Opomba. SRC = pretres možganov, povezan s športom.

Tabela 2

Napotki in drugi podatki o okrevanju po SRC v športu

Vir	Namen članka	Rezultati
Musumeci idr. (2019)	Pregled nekaterih vidikov fiziologije ter simptomov in kliničnih pristopov pri SRC.	Zdravljenje je določeno na podlagi simptomov, nevropsiholoških testov in fizičnih pregledov. Smiselno je vključevanje nevrologov, biokemikov in molekularnih biologov ter naprednih nevroradioloških tehnik (1H-MRS, fMRI, DTI, TMS). Z 1H-MRS se lahko meri vrednosti možganskih specifičnih presnovkov, na primer NAA. Športniki se lahko vrnejo k treningom, ko simptomi izzvenijo, ko izvidi nevrofizioloških testov dosežejo izhodiščno raven in ko se metabolični in molekularski parametri vrnejo na vrednosti pred poškodbo.
Ianof idr. (2014)	Cilj tega pregleda je poudariti pomembnost SRC, povezanih s športom.	Napredne nevroradiološke tehnike, ki se lahko uporabljajo za diagnozo: fMRI in MRS. Ocenjevalne metode za diagnozo pretresa na igrišču: SAC, BESS, SOT. Ko je športnik asimptomatski v mirovanju in ob naporu, se lahko vrne na trening. Če ni izboljšav po počitku, se lahko okrepi popretresni sindrom (slabše stanje športnika).
Harmon idr. (2019)	Zagotoviti narativni pregled literature, da bi pomagali zdravstvenim delavcem pri oceni in obravnavi SRC v športu.	Simptomi se lahko pojavijo z zamudo ali pa jih športnik sprva ne prepozna. Ocenjevalne metode za diagnozo pretresa na igrišču: SCAT5 in Child SCAT5, VOMS ter test King-Devick. Napredne nevroradiološke tehnike, ki se lahko uporabljajo za diagnozo: CT redko potreben pri oceni pretresa, je pa nujen za preverjanje znotrajlobanjske krvavitve ali druge poškodbe; običajna možganska MRI tudi ni pogosto uporabljena, bolj v uporabi novejša napredna tehnologija – slikanje z difuzijskim tenzorjem, funkcionalna MRI, magnetna resonančna spektroskopija, ASL, QSM. Tekočinski biomarkerji imajo potencial za razumevanje patofiziologije SRC in nevrobiološkega okrevanja. S100β, GFAP, UCH-L1 kažejo obetavne rezultate pri izključevanju intrakranialnih krvavitev in strukturnih poškodb. Zdravljenje: počitek (kognitivni in fizični), sledi postopen porast aktivnosti (24–48 ur po poškodbi; simptomov se ne smejo vrniti ali poslabšati). Vsaka faza zdravljenja naj pri mlajših športnikih traja vsaj 24 ur brez vrnitve simptomov, preden se napreduje v naslednjo fazo.
Mizobuchi in Nagahiro (2016)	Pregled člankov o akutnem subduralnem hematomu, travmatski cerebrovaskularni bolezni, SRC, kronični travmatični encefalopatiji pri poškodbah glave v športu.	Športniki se ne smejo vrniti k športu, dokler simptomi ne izginejo v celoti. Po popolnem izginotju simptomov naj se k športnim dejavnostim vrnejo postopoma v skladu s protokolom za postopno vračanje k treningom. Vsaka stopnja protokola zahteva 24 ur, postopek pa se ustavi, če se pojavijo kakršni koli simptomi, športniku se naroči počitek in vrnitev na prejšnjo stopnjo. Vrnitev k športnim dejavnostim je vsaj po enem tednu. V zadnji fazi športnik opravi zdravniški pregled, preden mu dovolijo vrnitev k treningom.
van Ierssel idr. (2022)	Opisati psihosocialne dejavnike, povezane z vrnitvijo v šport, ter opisati merjenje teh dejavnikov pri športnikih, ki so doživeli SRC.	Upoštevanje psihosocialnih dejavnikov pri določanju (ne)uspešnega okrevanja. Psihološko okrevanje bi bilo treba spremljati in meriti ločeno od biološkega in simptomatskega okrevanja.

Hubertus idr. (2019) Ovrednotiti pomen športnih SRC v nogometu, njihove diagnoze in obravnave.

Ni specifičnega zdravljenja za SRC, povezan s športom. Po umiku iz igre ter medicinski in nevrološki potrditvi naj sledi počitek. Športnik bi moral biti zaščiten pred zunanjimi vizualnimi in zvočnimi vplivi ter se ne bi smel ukvarjati s težkimi fizičnimi ali intelektualnimi dejavnostmi vsaj 24–48 ur. Ocenjevalne metode za diagnozo pretresa na igrišču: SCAT5. Napredne nevroradiološke tehnike, ki se lahko uporabljajo za diagnozo: fMRI, MRS, DTI, TMS. CT in MRI ne pokažejo strukturnih sprememb po SRC. Biomarkerji: S100β (najbolj uporaben), GFAP, NSE, NFL, protein tau, BDNF, Aβ.

Iverson idr. (2017) Pregled številnih dejavnikov, ki vplivajo na klinično okrevanje po SRC.

Starost: klinično okrevanje je najhitrejše pri profesionalnih športnikih, sledijo študenti in srednješolski športniki (ni dokončnih dokazov). Spol: ženske potrebujejo v povprečju več časa za okrevanje in imajo dlje trajajoče simptome. Zgodovina SRC: potrebne so dodatne raziskave, da bi ugotovili, ali je zgodovina SRC dejavnik tveganja za prihodnje pretrse, še posebej pri tistih, ki so imeli počasnejše okrevanje po prejšnjem pretresu. Nevrološke motnje, duševno zdravje, migrene: posamezniki z ADHD ali učnimi težavami naj ne bi bili izpostavljeni večjemu tveganju za počasnejše okrevanje. Težave z duševnim zdravjem, še posebej depresija, so dejavnik tveganja za dlje trajajoče simptome. Zgodovina migren pred poškodbo ni povezana z okrevanjem. Izguba zavesti – šibek napovedovalec okrevanja; retrogradna amnezija – malo študij kaže povezavo z okrevanjem; posttravmatska amnezija – ni povezana z okrevanjem.

Opomba. 1H-MRS ali MRS = magnetna resonančna spektroskopija; fMRI = funkcionalno slikanje z magnetno resonanco; DTI = difuzijska tenzorska slika; TMS = znotrajlobanjska magnetna stimulacija; SAC = Standardized Assessment of Concussion; BESS = Balance Error Scoring System; SOT = The Sensory Organization Test; SCAT = Sport Concussion Assessment Tool; VOMS = The Vestibular/Ocular Motor Screening; CT = računalniška tomografija; MRI = magnetna resonanca; ASL = Arterial Spin Labelling; QSM = Quantitative Susceptibility Mapping; GFAP = glialna fibrilna kislj beljakovina; UCH-L1 = nevronska ubikvitin C-terminalna hidrolaza; NFL = lahka veriga nevofilamentov; BDNF = možganski beljakovinski nevrotrofični faktor; Aβ = beta amiloid; NAA = N-acetilaspartat.

glavne zaščitne opreme kot o ščitniku za zobe. Poleg tega so avtorji poročali tudi o uporabi zaščitne obrazne maske (Eliason idr., 2023; Nagahiro in Mizobuchi, 2014; Schneider idr., 2017) in očal (Eliason idr., 2023; Nagahiro in Mizobuchi, 2014), vendar se niso izkazali kot učinkovita metoda. Sprva so bile čelade zasnovane za zmanjšanje tveganja zlomov lobanje (Bonfield idr., 2015; Demorest, 2012). Nošenje čelade ali druge naglavne zaščitne opreme je obvezno v športih, kot so ameriški nogomet, ragbi, amaterski boks in hokej na ledu, kljub temu pa ni trdnih dokazov, da bi uporaba čelade statistično pomembno zmanjšala pojavnost SRC v omenjenih športih (August in Torres, 2019; Eliason idr., 2023; Gammons, 2013; Harmon idr., 2019; Nagahiro in Mizobuchi, 2014). Nekatere študije pa vseeno ponujajo dokaze, da lahko ustrezno prileganje čelade zmanjša resnost in trajanje simptomov SRC (August in Torres, 2019; Greenhill idr., 2016). Prav tako so avtorji Collins idr. (2006) dokazali, da lahko nošenje čelade, bolj podložene v predelu spodnje čeljusti, zmanjša pojavnost SRC v ameriškem nogometu, vendar ne vpliva na mehanizem in simptome poškodbe. V zvezi z nošenjem druge naglavne zaščitne

opreme so dokazi različni. Pri ragbiju bi lahko imelo pozitiven učinek na zmanjšanje incidence poškodbe (Schneider idr., 2017). McGuine idr. (2020) so navedli, da nošenje naglavne opreme v nogometu ne zmanjša incidence SRC, medtem ko Delaney idr. (2008) poročajo nasprotno. Dokazi o ščitniku za zobe so podobni, in sicer pomagajo preprečiti poškodbe obraza in ustne votline, vendar pa ni skladnih dokazov, da je nošenje ščitnika učinkovito pri preprečevanju SRC. Emery idr. (2017) prikazujejo ščitnik za zobe kot možen zaščitni dejavnik, čeprav ne dosega statistične značilnosti. Vseeno pa je metaanaliza Eliason idr. (2023) pokazala 26-odstotno znižanje vrednosti SRC ob nošenju ščitnika pri hokeju in ragbiju, zato priporočajo nošenje ščitnika tudi v drugih športih. Prav tako naj bi ščitniki, izdelani po meri, zmanjšali pojavnost SRC v primerjavi z univerzalnim ščitnikom (McGuine idr., 2014). Zato se priporoča nošenje tako čelade kot tudi ščitnika za zobe, saj športnika zaščiti pred drugimi morebitnimi poškodbami glave, tudi pred SRC. Za kar največji preventivni učinek naj bosta čelada in ščitnik za zobe prilagojena športniku (izdelana o meri) in ustrezno nameščena, čelada tudi podložena.

Pravila in odnos

Ker je trk igralca z drugim igralcem eden izmed pogostejših vzrokov za SRC (Lynall idr., 2018; Marar idr., 2012; Musumeci idr., 2019), avtorji spodbujajo k spremembi oziroma doslednemu upoštevanju pravil in opozarjajo na ustrezno vedenje športnika v igri (August in Torres, 2019; Eliason idr., 2023; Enniss idr., 2018; Hon idr., 2019). Vsi avtorji poudarjajo spoštovanje pravil in »fair play«. V različnih športih so z leti sprejeli pravila, ki prepovedujejo ali omejujejo število spotikanj ali kontaktov (Eliason idr., 2023; Pfaller idr., 2019), ter uvedbo rdečega kartona za namerni udarec s komolcem v glavo nasprotnika (Beaudouin idr., 2019; Morrissey idr., 2022). Omenjena pravila in prepovedi so privedli do zmanjšanja pojavnosti poškodbe, razen pri uveljavljanju ničelne tolerance do udarcev v glavo pri hokeju na ledu (Williamson idr., 2021).

Trenažne intervencije

Avtorji Eliason idr. (2023), Kung idr. (2020) ter Schneider idr. (2017) so v svojih študijah navajali trenažne intervencije, ki bi lahko preventivno vplivale na pojavnost SRC. Vsi avtorji so poročali o treningu vidne zazna-

ve, Eliason idr. (2023) tudi o živčno-mišičnem treningu, avtorji Kung idr. (2020) pa o treningu senzomotorike. Clark idr. (2015) poročajo o zmanjšanju incidence SRC med igralci ameriškega nogometa, saj naj bi boljša zaznava igrišča, pridobljena z vidnim treningom, pomagala pri zavestnem izogibanju trkom z drugimi igralci. Trening vidne zaznave so uvrstili v čas pred sezono, pri tem pa so uporabljali svetlobne plošče, vaje zasledovanja in stroboskopska (»strobe«) očala. Umestitev vizualnega in senzomotoričnega treninga naj bi pomagala zmanjšati tveganje za SRC pri hokejistih in igralcih ameriškega nogometa (Eckersley idr., 2019; Harpham idr., 2014). Ogrevanje na podlagi živčno-mišičnega treninga se je prav tako izkazalo kot učinkovita preventivna strategija pri igralcih ragbija. Ogrevanje je bilo sestavljeno iz ravnotežnih vaj, krepilnih vaj za celo telo, izometričnih krepilnih vaj za vratne mišice, pliometrije in različnih doskokov (Attwood idr., 2018; Hislop idr., 2017). Johnston idr. (2019) so študijo prav tako izvedli na igralcih ragbija, zanimala jih je povezanost dinamičnega ravnotežja s pojavnostjo SRC. Izkazalo se je, da so imeli igralci s slabšim dinamičnim ravnotežjem večjo možnost za SRC v primerjavi z igralci z boljšim ravnotežjem. Ker so bile študije izvedene le med igralci ragbija, ugotovitev ne moremo posplošiti na druge športe. Pri izvajanju različnih intervencijskih programov je treba zagotoviti, da so vaje športno specifične ter vključujejo višje kognitivne spretnosti skupaj s povezovanjem vizualnih povratnih informacij (Kung idr., 2020), saj je le tako mogoč napredek v vidnem zaznavanju, prepoznavanju igralnih vzorcev in reakcijskem času. Tako bodo športniki bolje pripravljeni na uspešno izmikanje trkom z drugimi igralci, s tem se bodo tudi sposobni ustrezno zaščititi pred morebitnim SRC ali drugimi poškodbami. Vsekakor pa je na tem področju potrebnih več kvalitetnih raziskav, še posebej za kontaktne športe, v katerih se ne uporabljajo čelade. Na 6. mednarodni konferenci o SRC v Amsterdamu so podprli uveljavitev pravila, ki prepo-veduje trke igralcev ali nalete pri hokeju na ledu za vse otroke in določene ravni mladinskega hokeja (Patricios idr., 2023).

Druge strategije

Zasledili smo tudi vpliv športnikovih karakteristik, kot so jakost (August in Torres, 2019; Daly idr., 2021; Enniss idr., 2018; Garnett idr., 2021), togost in širina vratu (Garnett idr., 2021). O jakosti vratnih mišic si ugotovitve nasprotujejo. Collins idr. (2014) navajajo,

da povečano tveganje za SRC predstavlja manjša jakost vratnih mišic, zato je omejena karakteristika potencialni spremenljiv dejavnik tveganja. Moč vratu naj bi bila pomemben napovedovalec pretresa med srednješolskimi nogometaši, igralci lacrossa in košarkarji. Ugotovili so, da se verjetnost pretresa zmanjša za 5 % ob povečanju moči vratnih mišic za 1 lb (0,45 kg). August in Torres (2019) v svojem pregledu navajata, da naj bi bila večja jakost povezana z manjšim številom SRC zaradi povišane napetosti in boljše priprave na udarec. Koristni naj bi bili predvsem vadbeni programi, ki vključujejo krepilne vaje vratnih mišic v kombinaciji s treningom ravnotežja. Nasprotno poročajo Eckersley idr. (2019), in sicer da krepilne vaje niso učinkovite pri zmanjševanju tveganja za SRC. Dokazi, ki bi podpirali uporabo krepilnih vaj za vratne mišice s ciljem zmanjševanja verjetnosti SRC, so pomanjkljivi in nasprotujoči si, zato je potrebnih več raziskav v različnih športih (Daly idr., 2021; Eckersley idr., 2019; Enniss idr., 2018; Garnett idr., 2021; Nagahiro in Mizobuchi, 2014). Garnett idr. (2021) so v svojem pregledu vključili tudi študije, ki so preiskovale vpliv velikosti in togosti vratu. Kot potencialno preventivno strategijo navajajo cervikalno togost, saj se v tem kontekstu nanaša na sposobnost vratne strukture, da prenese premik. V njihovem pregledu so imeli igralci z večjo cervikalno togostjo manjšo verjetnost za zmeren ali hud udarec v glavo v primerjavi z igralci z manjšo togostjo. Ugotovitve raziskav o vplivu velikosti vratu kot dejavnika tveganja za SRC so različne. Nekatere kažejo, da večja mišična masa v vratu lahko poveča tveganje, druge pa trdijo nasprotno – manjši obseg vratu je povezan s pojavom SRC. Raziskav na tem področju je razmeroma malo, zato napotki niso skladni. Poleg naštetih strategij so kot enega izmed možnih preventivnih ukrepov navedli tudi izobraževanje športnikov, njihovih staršev in osebja, povezanega s športniki (August in Torres, 2019; Eliason idr., 2023; Enniss idr., 2018; Pankow idr., 2022; Schneider idr., 2017). Številni posamezniki, ki doživijo SRC, svojih simptomov ne prepoznajo kot posledico pretresa ali pa ne verjamejo, da gre za resnejšo težavo (Gardner idr., 2014; Harmon idr., 2019; Meehan in Bachur, 2009). To pa žal ne velja le za športnike, ampak tudi za trenerje, saj imajo pogosto napačna prepričanja in znanje o tej poškodbi. Izobraževalni programi si prizadevajo odpraviti napačna prepričanja ter poučiti o simptomih, posledicah, okrevanju in vračanju v šport po poškodbi

(August in Torres, 2019). Gardner idr. (2014) so zasledili uporabo izobraževalnih programov v ragbiju, in sicer »RugbySmart« in »BokSmart«, ki naj bi zmanjšala pojavnost SRC, poškodb glave, vratu in hrbtenice. V ameriškem nogometu se uporablja izobraževalni program »Heads Up Football«. Namenjen je predvsem trenerjem za pridobitev znanja o metodah zmanjševanja števila medsebojnih trkov igralcev, o poučevanju pravih tehnik odiranja ter ozaveščanju o pomembnih vprašanjih v športni medicini (Shanley idr., 2021). Kerr idr. (2015) ter Shanley idr. (2021) so dokazali manjše število udarcev v glavo na treningih in tekmah pri igralcih (otroci in mladostniki), ki so se udeležili celovitega izobraževalnega programa za trenerje ameriškega nogometa (pravilno prileganje opreme, tehnika spotikanja, strategije za zmanjševanje medsebojnih trkov igralcev, ozaveščenost o pretresih možganov). Kljub temu pa August in Torres (2019) ter Enniss idr. (2018) v svojih pregledih poudarjajo, da izobraževalni programi niso primarna preventivna strategija, saj je prepoznavanje simptomov igralca s SRC prepozno za njegovo preprečevanje. Ne glede na to pa se s pridobljenim znanjem povečata ozaveščenost in poročanje o morebitni poškodbi. To omogoča pravilno prepoznavo poškodbe in njeno oskrbo (Cusimano in Zhu, 2017), s čimer se pri športniku zmanjša tveganje za nadaljnje poškodbe in dolgotrajne posledice. V nekaterih primerih simptomi hitro izginejo, zato športniki pogosto zavrnejo zdravljenje in zdravstveno oceno (Waltzman in Daugherty, 2018), kar privede do večjega tveganja za ponavljajoče se SRC in druge simptome. Večje tveganje za ponavljajoče se SRC je namreč resna nevarnost za športnika (Meehan in Bachur, 2009). Nujno je torej spodbujati izobraževanje športnikov, staršev, trenerjev in drugih zdravstvenih delavcev o prepoznavanju, obvladovanju in preprečevanju SRC.

Okrevanje

Po poškodbi sta okrevanje in vrnitev k športu odvisna od poškodbe, starosti športnika, morebitnih prejšnjih SRC in ravni igranja (Carter idr., 2021). Avtorji Harmon idr. (2019), Hubertus idr. (2019), Ianof idr. (2014), Mizobuchi in Nagahiro (2016) ter Musumeci idr. (2019) so v svojih preglednih študijah o okrevanju poročali skladno. Po medicinski in nevrološki diagnozi SRC se okrevanje začne z obdobjem počitka. Priporočena sta zaščita pred vizualnimi in zvočnimi vplivi ter fizični in kognitivni počitek. To pomeni

brez telesnih in intelektualnih dejavnosti ter zmanjšanje časa, preživetega pred zasloni (Patricios idr., 2023), vsaj 24–48 ur po poškodbi oziroma dokler simptomi ne izginejo popolnoma. Pri otrocih in mladostnikih to pomeni tudi odsotnost iz šole. Nobenemu športniku s pretresom možganov se ne bi smela dovoliti vrnitev v igro na tekmi, na kateri je utrpel udarec, oziroma dokler trajajo simptomi. Ko je športnik asimptomatski, se mu sprva dovoli minimalna aktivnost, to je hoja. Ob morebitnem vnovičnem pojavu simptomov, kot so vrtoglavica, omotica, glavobol in težave s koncentracijo, se športnik vrne na prejšnjo stopnjo – podaljšani počitek. V nasprotnem primeru, če torej športnik ostane asimptomatski, se k treningu vrne v skladu s protokolom za postopno vračanje na trening, kar pomeni postopno povečevanje intenzivnosti treninga do polne zmogljivosti. Športnik mora preiti vseh šest stopenj okrevanja, pri čemer naj vsaka izmed stopenj traja najmanj 24 ur. V najboljšem primeru se lahko vrne po tednu dni okrevanja. Otrokom in mladostnikom se svetuje najprej vrnitev v šolo in nato v šport. V zadnji fazi mora športnik opraviti zdravniški pregled, saj odločitev o tem, ali je pripravljen za vrnitev v šport, temelji na mnenju zdravnika (Musumeci idr., 2019).

Na 5. mednarodni konferenci o SRC v Berlinu so zapisali, da nadzorovana vadba pod pragam simptomov in submaksimalna vadba koristita pri spodbujanju okrevanja, prav tako nadzorovana kognitivna obremenitev, farmakološko zdravljenje in prilagoditve v šoli (McCrory, Meeuwisse idr., 2017). Kamins idr. (2017) trdijo, da ni mogoče postaviti enotnega časovnega okvira za okrevanje po SRC. Večina posameznikov okreva v povprečno dveh tednih (Broglio idr., 2015; McCrory, Meeuwisse idr., 2017; McLeod idr.,

2017), pri nekaterih pa traja tudi do 45 dni po poškodbi (McCrea idr., 2013). Klinično okrevanje se je izkazalo za najhitrejše pri profesionalnih športnikih, sledijo študenti in srednješolski športniki. To pomeni, da za okrevanje največ potrebujejo mladostniki in otroci, tudi do 75 dni (Purcell idr., 2016). Ženske v povprečju potrebujejo več časa, tudi simptomi so pri njih dolgotrajnejši. Enako so zasledili Harmon idr. (2019). Izguba zavesti ob pojavu SRC se je izkazala za šibkega napovednika okrevanja, prav tako retrogradna amnezija, saj malo študij kaže povezavo z okrevanjem. V zvezi z zgodovino SRC so izsledki pomanjkljivi, zato spodbujajo k dodatnim raziskavam za boljše usmeritve. Na doživljanje in okrevanje po SRC vplivajo različni dejavniki, ki se med posamezniki razlikujejo – to so resnost poškodbe, zdravstveno stanje posameznika (Kamins idr., 2017) in drugi prej omenjeni dejavniki tveganja. Zato je pomembno upoštevati te okoliščine in potek okrevanja prilagoditi vsakemu posamezniku posebej. Van Ierssel idr. (2022) poudarjajo upoštevanje psihosocialnih dejavnikov pri spremljanju okrevanja, čeprav še vedno ni jasno, kateri dejavniki prispevajo k uspešnemu vračanju v šport. Iverson idr. (2017) navedajo, da so težave z duševnim zdravjem, še posebej depresija, dejavnik tveganja za dlje trajajoče simptome in s tem tudi okrevanje. Psiholoških posledic poškodb ne smemo zanemariti, saj lahko ogrozijo okrevanje in vračanje športnika v šport, povečajo tveganje za ponovno poškodbo ter celo privedejo do razvoja duševnih motenj (Haraldsdottir in Watson, 2021; Kellezi idr., 2017). Zato bi bilo treba psihološko okrevanje spremljati ločeno od biološkega in simptomatskega okrevanja ter dalj časa, saj je lahko dolgotrajnejše od biološkega okrevanja (van Ierssel idr., 2022). Iverson idr. (2017) so

poleg vpliva duševnega zdravja izpostavili tudi druge dejavnike tveganja, povezane z okrevanjem, in sicer starost, spol, izgubo zavesti in retrogradno amnezijo.

Ustrezno okrevanje po tej poškodbi je ključno za športnika, saj lahko simptomi ob neustreznem okrevanju napredujejo v trajne popretresne simptome – simptome, ki trajajo več tednov (Hunt in Asplund, 2010). Pomembno je vedeti, da se po SRC poveča ranljivost možganov, zaradi česar se ob nepopolnem okrevanju in morebitnem novem udarcu v glavo lahko poslabšajo različne presnovne funkcije v možganskih celicah ter podaljša čas okrevanja po zadnjem pretresu (Blennow idr., 2016; Childs idr., 2018; Tavazzi idr., 2007). Okrevanje športnika je namreč določeno na podlagi izginjanja simptomov ter vračanja vrednosti nevropsiholoških in fizičnih testov na osnovno raven (Waltzman in Daugherty, 2018). Ker se glavne spremembe dogajajo na molekularni ravni (Amorini idr., 2016; Di Pietro idr., 2017; Giza in Hovda, 2014), bi bilo smiselno vključevanje nevrologov, biokemikov in molekularnih biologov – ti bi z naprednimi nevroradiološkimi tehnikami in drugimi orodji merili in spremljali telesne parametre med okrevanjem (Musumeci idr., 2019). Klasični slikovni tehniki, kot sta računalniška tomografija in magnetna resonanca, sta redko potrebni pri diagnozi pretresa, saj ne pokažeta strukturnih sprememb po SRC (Hubertus idr., 2019; Momin idr., 2023; Musumeci idr., 2019). Vseeno pa je računalniško tomografijo treba uporabiti za preverjanje morebitne znotrajlobanjske krvavitve ali makrostrukturnih poškodb (Harmon idr., 2019; Momin idr., 2023). Napredne nevrološke slikovne tehnike in analize nevrokemičnih biomarkerjev lahko pomagajo pri odkrivanju strukturnih sprememb možganov, povezanih s SRC. Kot

Tabela 3
Okrevanje in vračanje v šport (prirejeno po McCrory, Feddermann-Demont idr. (2017))

Stopnja	Aktivnost	Primer dovoljenih aktivnosti
0	Počitek (24–48 ur)	Ležanje, nujna vsakodnevna opravila, zmanjšanje časa, preživetega pred zasloni.
1	Simptomatsko omejena vadba (≥ 24 ur)	Vsakodnevna opravila brez pojava simptomov. Če ni simptomov, se lahko stopnjuje.
2	Nizko intenzivna aerobna vadba (≥ 24 ur)	Hoja, plavanje, kolesarjenje; brez vadbe proti uporu in kontaktnega treninga. Če ni simptomov, se lahko stopnjuje.
3	Športno specifična vadba (≥ 24 ur)	Nizko intenziven trening (npr. tek, podajanje žoge, vendar brez igralnih situacij). Če ni simptomov, se lahko stopnjuje.
4	Brezkontaktni trening (≥ 24 ur)	Vse športno specifične vsebine, višja intenzivnost, še vedno brez igralnih situacij. Če ni simptomov, se lahko stopnjuje.
5	Polni trening	Polna intenzivnost, opravi trening v celoti, z igralnimi vsebinami vred. Če ni simptomov, se lahko stopnjuje.
6	Vračanje v šport – na tekme	Normalno igranje tekem

napredne nevroradiološke tehnike se uporabljajo magnetna resonančna spektroskopija, funkcionalno slikanje z magnetno resonanco, difuzijska tenzorska slika, znotrajlobanjska magnetna stimulacija, »Arterial Spin Labelling (ASL)« in »Quantitative Susceptibility Mapping (QSM)« (Harmon idr., 2019; Ianof idr., 2014; Musumeci idr., 2019). Analize biomarkerjev se uporabljajo za zagotavljanje diagnostičnih, prognoističnih in spremljevalnih informacij o SRC (Papa idr., 2015). Krvni biomarkerji predstavljajo objektivne in merljive značilnosti bioloških procesov (Strimbu in Tavel, 2010) ter postajajo ključne in rastoče domene pri ocenjevanju SRC (McCrea idr., 2017, 2020; Papa idr., 2015). Za SRC so značilne povišane vrednosti S100 β , glialne fibrilarne kisle beljakovine, beljakovine tau, lahke verige nevofilamentov ter znižane vrednosti beljakovine N-acetilaspargat (Harmon idr., 2019; Hubertus idr., 2019; Momin idr., 2023; Musumeci idr., 2019). Poleg teh so v literaturi raziskovali tudi nevronske ubikvitin C-terminalno hidrolazo, nevronske specifične enolaze, β amiloid, možganski beljakovinski nevrotrofični faktor in α -spektrin (Hubertus idr., 2019; Momin idr., 2023). Starost možganov se vse bolj uporablja za opredelitev nevropatoloških sprememb pri poškodbah možganov, v povezavi s krvnimi biomarkerji (McCrea idr., 2020). Mayer idr. (2023) so v svoji študiji dokazali, da se je posameznikom, ki so utrpeli SRC, ter posameznikom, ki so se ukvarjali s kontaktnimi športi, povišala starost možganov. Višja starost možganov je povezana z večjo dovzetnostjo za nevrološke bolezni, kot so demenca, Alzheimerjeva bolezen, shizofrenija in druge bolezni, povezane s staranjem možganom (Wrigglesworth idr., 2021). Tako SRC kot tudi povišana starost možganov vplivata na kognitivne funkcije, kot so spomin, učenje, pozornost in druge (Harmon idr., 2013, 2019; Wrigglesworth idr., 2021).

Omejitev našega pregleda je, da vključuje le pregledne študije, objavljene v angleškem jeziku. Prav tako nismo raziskovali ter navajali ključnih ugotovitev ločeno po spolu, starosti in športih.

■ Zaključek

SRC je vse pogostejša poškodba v športu, še posebej v kontaktnih športih. Za preprečevanje in zmanjševanje pojavnosti poškodbe je smiselno upoštevati naslednja priporočila: podpreti je treba uporabo ščitnikov za zobe, še posebej pri otrocih in

mladostnikih. Prav tako naj ne bodo dovoljeni hokejski naleti oziroma trki igralcev, zlasti med otroci in mladostniki, saj njihovo okrevanje v povprečju traja dlje kot pri odraslih. Pomembno je, da se med igralci spodbuja »fair play« in upoštevajo pravila, ki omejujejo dovoljene kontakte ali udarce v glavo, še posebej v športih, kot so ameriški nogomet, ragbi in hokej. Ogrevalni programi, ki temeljijo na živčno-mišičnem treningu, se priporočajo na podlagi raziskav v ragbiju, vendar bi bilo potrebnih več raziskav za športnice in druge ekipne športe. Koristni naj bi bili tudi vadbeni programi, ki vključujejo krepilne vaje vratnih mišic v kombinaciji s treningom ravnotežja. Pomembno je ozaveščanje in izobraževanje o SRC tako igralcev in trenerjev kot drugega osebja, ki se ukvarja s športniki, saj se s tem okrepi poročanje o novih poškodbah. Na podlagi tega se lahko športnikom zagotovi ustrezna rehabilitacija ter preprečijo dolgotrajne posledice poškodbe. Ustrezno okrevanje je namreč za športnikovo zdravje ključno. Okrevanje je sestavljeno iz šestih stopenj, vsaka izmed njih traja najmanj 24 ur, pri tem pa se simptomi ne smejo znova pojaviti. V nasprotnem primeru se mora športnik vrniti na prejšnjo stopnjo. Na doživljanje in okrevanje po SRC vplivajo različni dejavniki, ki se med posamezniki razlikujejo, zato je pomembna individualna prilagoditev zdravljenja in okrevanja športniku. Ob tem je pomembno natančno spremljanje biološkega in psihološkega stanja posameznika. Omejitve vključenih študij so, da so v večini raziskovali le pri določenih športih (ragbiju, ameriškem nogometu, hokeju, deloma tudi nogometu), kar pomeni, da je raziskav za različne športe razmeroma malo, zato ključnih ugotovitev ne moremo posplošiti na vse športe.

■ Literatura

1. Alsalaheen, B., Stockdale, K., Pechumer, D. in Broglio, S. P. (2016). Validity of the Immediate Post Concussion Assessment and Cognitive Testing (ImPACT). *Sports Medicine*, 46(10), 1487–1501. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0532-y>
2. Amorini, A. M., Lazzarino, G., Di Pietro, V., Signoretti, S., Lazzarino, G., Belli, A. in Tavazzi, B. (2016). Metabolic, enzymatic and gene involvement in cerebral glucose dysmetabolism after traumatic brain injury. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease*, 1862(4), 679–687. <https://doi.org/10.1016/j.bbdis.2016.01.023>
3. Attwood, M. J., Roberts, S. P., Trewartha, G., England, M. E. in Stokes, K. A. (2018). Efficacy of a movement control injury prevention programme in adult men's community rugby union: a cluster randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 52(6), 368–374. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098005>

4. August, J. in Torres, A. (2019). Prevention of Concussion. *Seminars in Pediatric Neurology*, 30, 99–106. <https://doi.org/10.1016/j.spen.2019.03.015>
5. Bailes, J. E., Petraglia, A. L., Omalu, B. I., Nauman, E. in Talavage, T. (2013). Role of subconcussion in repetitive mild traumatic brain injury. *Journal of Neurosurgery*, 119(5), 1235–1245. <https://doi.org/10.3171/2013.7.JNS121822>
6. Beaudouin, F., Fünten, K. aus der, Tröb, T., Reinsberger, C. in Meyer, T. (2019). Head injuries in professional male football (soccer) over 13 years: 29% lower incidence rates after a rule change (red card). *British Journal of Sports Medicine*, 53(15), 948–952. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097217>
7. Belanger, H. G., Barwick, F. H., Kip, K. E., Kretzmer, T. in Vanderploeg, R. D. (2013). Postconcussive symptom complaints and potentially malleable positive predictors. *The Clinical Neuropsychologist*, 27(3), 343–355. <https://doi.org/10.1080/13854046.2013.774438>
8. Blennow, K., Brody, D. L., Kochanek, P. M., Levin, H., McKee, A., Ribbers, G. M., Yaffe, K. in Zetterberg, H. (2016). Traumatic brain injuries. *Nature Reviews Disease Primers*, 2(1), 1–19. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.84>
9. Bonfield, C. M., Shin, S. S. in Kanter, A. S. (2015). Helmets, head injury and concussion in sport. *The Physician and Sportsmedicine*, 43(3), 236–246. <https://doi.org/10.1080/00913847.2015.1039922>
10. Borich, M. R., Cheung, K. L., Jones, P., Khramova, V., Gavriloff, L., Boyd, L. A. in Virji-Babul, N. (2013). Concussion: current concepts in diagnosis and management. *Journal of Neurologic Physical Therapy: JNPT*, 37(3), 133–139. <https://doi.org/10.1097/NPT.0b013e31829f7460>
11. Broglio, S. P., Collins, M. W., Williams, R. M., Mucha, A. in Kontos, A. (2015). Current and emerging rehabilitation for concussion: A review of the evidence. *Clinics in sports medicine*, 34(2), 213–231. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2014.12.005>
12. Broglio, S. P., Eckner, J. T., Paulson, H. L. in Kutcher, J. S. (2012). Cognitive Decline and Aging: The Role of Concussive and Subconcussive Impacts. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 40(3), 138. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3182524273>
13. Carter, K. M., Pahl, A. N. in Christie, A. D. (2021). The Role of Active Rehabilitation in Concussion Management: A Systematic Review and Meta-analysis. *Medicine & Science*

- in *Sports & Exercise*, 53(9), 1835. <https://doi.org/10.1249/MSS.00000000000002663>
14. Chandran, A., Morris, S. N., D'Alonzo, B. A., Boltz, A. J., Robison, H. J. in Collins, C. L. (2021). Epidemiology of Injuries in National Collegiate Athletic Association Women's Swimming and Diving: 2014–2015 Through 2018–2019. *Journal of Athletic Training*, 56(7), 711–718. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-724-20>
15. Cheever, K., McDevitt, J., Phillips, J. in Kawata, K. (2021). The Role of Cervical Symptoms in Post-concussion Management: A Systematic Review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(9), 1875–1891. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01469-y>
16. Childs, C., Barker, L. A., Gage, A. M. in Loosmore, M. (2018). Investigating possible retinal biomarkers of head trauma in Olympic boxers using optical coherence tomography. *Eye and Brain*, 10, 101–110. <https://doi.org/10.2147/EB.S183042>
17. Clark, J., Graman, P., Ellis, J., Mangine, R., Rauch, J., Bixenmann, B., Hasselfeld, K., Divine, J., Colosimo, A. in Myer, G. (2015). Article 4 An exploratory study of the potential effects of vision training on concussion incidence in football. *Optometry & Visual Performance*, 3.
18. Collins, C., Fletcher, E. N., Fields, S. K., Kluchurosky, L., Rohrkemper, M. K., Comstock, R. D. in Cantu, R. C. (2014). Neck Strength: A Protective Factor Reducing Risk for Concussion in High School Sports. *The Journal of Primary Prevention*, 35(5), 309–319. <https://doi.org/10.1007/s10935-014-0355-2>
19. Collins, M., Lovell, M. R., Iverson, G. L., Ide, T. in Maroon, J. (2006). Examining Concussion Rates and Return to Play in High School Football Players Wearing Newer Helmet Technology: A Three-Year Prospective Cohort Study. *Neurosurgery*, 58(2), 275. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000200441.92742.46>
20. Cusimano, M. D. in Zhu, A. (2017). Systematic Review of Traumatic Brain Injuries in Baseball and Softball: A Framework for Prevention. *Frontiers in Neurology*, 8, 492. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00492>
21. Daly, E., Pearce, A. J. in Ryan, L. (2021). A Systematic Review of Strength and Conditioning Protocols for Improving Neck Strength and Reducing Concussion Incidence and Impact Injury Risk in Collision Sports: Is There Evidence? *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/jfmk6010008>
22. Davis, G. A., Echemendia, R. J., Ahmed, O. H., Anderson, V., Blauwet, C., Brett, B. L., Broglio, S., Bruce, J. M., Burma, J. S., Gioia, G. A., Giza, C. C., Guskiewicz, K. M., Harmon, K. G., Herring, S., Makdissi, M., Master, C. L., McCreary, M., Valovich McLeod, T. C., Meehan, W. P., ... Zemke, R. (2023). Introducing the Child Sport Concussion Assessment Tool 6 (Child SCAT6). *British Journal of Sports Medicine*, 57(11), 632–635. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106853>
23. Delaney, J. S., Al-Kashmiri, A., Drummond, R. in Correa, J. A. (2008). The effect of protective headgear on head injuries and concussions in adolescent football (soccer) players. *British Journal of Sports Medicine*, 42(2), 110–115. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.037689>
24. Demorest, R. A. (2012). The Future of Preventing Concussion in Children and Adolescents. V J. N. Apps in K. D. Walter (ur.), *Pediatric and Adolescent Concussion: Diagnosis, Management, and Outcomes* (str. 177–194). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-89545-1_13
25. Di Pietro, V., Lazzarino, G., Amorini, A. M., Signoretti, S., Hill, L. J., Porto, E., Tavazzi, B., Lazzarino, G. in Belli, A. (2017). Fusion or Fission: The Destiny of Mitochondria In Traumatic Brain Injury of Different Severities. *Scientific Reports*, 7, 9189. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09587-2>
26. Díaz-Rodríguez, Y. I. in Salvatore, A. P. (2019). Impact of Sports-Related Subconcussive Injuries in Soccer Players. *Seminars in Speech and Language*, 40(1), 57–64. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1676365>
27. Eckersley, C. P., Nightingale, R. W., Luck, J. F. in Bass, C. R. (2019). The role of cervical muscles in mitigating concussion. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(6), 667–671. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.01.009>
28. Eliason, P. H., Galarneau, J.-M., Kolstad, A. T., Pankow, M. P., West, S. W., Bailey, S., Miutiz, L., Black, A. M., Broglio, S. P., Davis, G. A., Hagel, B. E., Smirl, J. D., Stokes, K. A., Takagi, M., Tucker, R., Webborn, N., Zemke, R., Hayden, A., Schneider, K. J. in Emery, C. A. (2023). Prevention strategies and modifiable risk factors for sport-related concussions and head impacts: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 57(12), 749–761. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106656>
29. Emery, C. A., Black, A. M., Kolstad, A., Martinez, G., Nettel-Aguirre, A., Engebretsen, L., Johnston, K., Kissick, J., Maddocks, D., Tator, C., Aubry, M., Dvořák, J., Nagahiro, S. in Schneider, K. (2017). What strategies can be used to effectively reduce the risk of concussion in sport? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 51(12), 978–984. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097452>
30. Ennis, T. M., Basiouny, K., Brewer, B., Bugaev, N., Cheng, J., Danner, O. K., Duncan, T., Foster, S., Hawryluk, G., Jung, H. S., Lui, F., Rattan, R., Violano, P. in Crandall, M. (2018). Primary prevention of contact sports-related concussions in amateur athletes: a systematic review from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *Trauma Surgery & Acute Care Open*, 3(1), e000153. <https://doi.org/10.1136/tsaco-2017-000153>
31. Gallo, V., Motley, K., Kemp, S. P. T., Mian, S., Patel, T., James, L., Pearce, N. in McElvenny, D. (2020). Concussion and long-term cognitive impairment among professional or elite sport-persons: a systematic review. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 91(5), 455–468. <https://doi.org/10.1136/jnnp-2019-321170>
32. Gammons, M. R. (2013). Helmets in Sport: Fact and Fallacy. *Current Sports Medicine Reports*, 12(6), 377. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000016>
33. Gardner, A. J., Iverson, G. L., Williams, W. H., Baker, S. in Stanwell, P. (2014). A Systematic Review and Meta-Analysis of Concussion in Rugby Union. *Sports Medicine*, 44(12), 1717–1731. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0233-3>
34. Garnett, D., Patricios, J. in Cobbing, S. (2021). Physical Conditioning Strategies for the Prevention of Concussion in Sport: a Scoping Review. *Sports Medicine - Open*, 7, 31. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00312-y>
35. Giza, C. C. in Hovda, D. A. (2014). The New Neurometabolic Cascade of Concussion. *Neurosurgery*, 75(0 4), S24–S33. <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000000505>
36. Giza, C. C., Kutcher, J. S., Ashwal, S., Barth, J., Getchius, T. S. D., Gioia, G. A., Gronseth, G. S., Guskiewicz, K., Mandel, S., Manley, G., McKeag, D. B., Thurman, D. J. in Zafonte, R. (2013). Summary of evidence-based guideline update: Evaluation and management of concussion in sports. *Neurology*, 80(24), 2250–2257. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e31828d57dd>
37. Grashow, R., Tan, C. O., Izzy, S., Taylor, H. A., Weisskopf, M. G., Wasfy, M. M., Whittington, A. J., Speizer, F., Zafonte, R. in Baggish, A. L. (2023). Association Between Concussion Burden During Professional American-Style Football and Postcareer Hypertension. *Circulation*, 147(14), 1112–1114. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.122.063767>
38. Greenhill, D. A., Navo, P., Zhao, H., Torg, J., Comstock, R. D. in Boden, B. P. (2016). Inadequate Helmet Fit Increases Concussion Severity in American High School Football Players. *Sports Health*, 8(3), 238–243. <https://doi.org/10.1177/1941738116639027>
39. Guskiewicz, K. M., Marshall, S. W., Bailes, J., McCrea, M., Cantu, R. C., Randolph, C. in Jordan, B. D. (2005). Association between recurrent concussion and late-life cognitive impairment in retired professional football players. *Neurosurgery*, 57(4), 719–726; discussion 719-726. <https://doi.org/10.1093/neurosurgery/57.4.719>
40. Guskiewicz, K. M., Marshall, S. W., Bailes, J., McCrea, M., Harding, H. P., Matthews, A., Mihalik, J. R. in Cantu, R. C. (2007). Recurrent concussion and risk of depression in retired professional football players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*,

- 39(6), 903–909. <https://doi.org/10.1249/mss.Ob013e3180383da5>
41. Haraldsdottir, K. in Watson, A. M. (2021). Psychosocial Impacts of Sports-related Injuries in Adolescent Athletes. *Current Sports Medicine Reports*, 20(2), 104. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000809>
 42. Harmon, K. G., Clugston, J. R., Dec, K., Hainline, B., Herring, S., Kane, S. F., Kontos, A. P., Leddy, J. J., McCrea, M., Poddar, S. K., Putukian, M., Wilson, J. C. in Roberts, W. O. (2019). American Medical Society for Sports Medicine position statement on concussion in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 53(4), 213–225. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100338>
 43. Harmon, K. G., Drezner, J. A., Gammons, M., Guskiewicz, K. M., Halstead, M., Herring, S. A., Kutcher, J. S., Pana, A., Putukian, M. in Roberts, W. O. (2013). American Medical Society for Sports Medicine position statement: concussion in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 47(1), 15–26. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091941>
 44. Harpham, J. A., Mihalik, J. P., Littleton, A. C., Frank, B. S. in Guskiewicz, K. M. (2014). The effect of visual and sensory performance on head impact biomechanics in college football players. *Annals of Biomedical Engineering*, 42(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10439-013-0881-8>
 45. Hislop, M. D., Stokes, K. A., Williams, S., McKay, C. D., England, M. E., Kemp, S. P. T. in Trewartha, G. (2017). Reducing musculoskeletal injury and concussion risk in schoolboy rugby players with a pre-activity movement control exercise programme: a cluster randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 51(15), 1140–1146. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097434>
 46. Hon, K. L., Leung, A. K. C. in Torres, A. R. (2019). Concussion: A Global Perspective. *Seminars in Pediatric Neurology*, 30, 117–127. <https://doi.org/10.1016/j.spen.2019.03.017>
 47. Hubertus, V., Marklund, N. in Vajkoczy, P. (2019). Management of concussion in soccer. *Acta Neurochirurgica*, 161(3), 425–433. <https://doi.org/10.1007/s00701-019-03807-6>
 48. Hunt, T. in Asplund, C. (2010). Concussion assessment and management. *Clinics in Sports Medicine*, 29(1), 5–17, table of contents. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2009.09.002>
 49. Ianof, J. N., Freire, F. R., Calado, V. T. G., Lacerda, J. R., Coelho, F., Veitzman, S., Schmidt, M. T., Machado, S., Velasques, B., Ribeiro, P., Basile, L. F. H., Paiva, W. S., Amorim, R. in Anghinah, R. (2014). Sport-related concussions. *Dementia & Neuropsychologia*, 8(1), 14–19. <https://doi.org/10.1590/S1980-57642014DN81000003>
 50. Iverson, G. L., Gardner, A. J., Terry, D. P., Ponsford, J. L., Sils, A. K., Broshek, D. K. in Solomon, G. S. (2017). Predictors of clinical recovery from concussion: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 51(12), 941–948. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097729>
 51. Iverson, G. L., Lovell, M. R. in Collins, M. W. (2003). Interpreting change on IMPACT following sport concussion. *The Clinical Neuropsychologist*, 17(4), 460–467. <https://doi.org/10.1076/clin.17.4.460.27934>
 52. Izzy, S., Grashow, R., Radmanesh, F., Chen, P., Taylor, H., Formisano, R., Wilson, F., Wasfy, M., Baggish, A. in Zafonte, R. (2023). Long-term risk of cardiovascular disease after traumatic brain injury: screening and prevention. *The Lancet. Neurology*, 22(10), 959–970. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(23\)00241-7](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(23)00241-7)
 - 53.
 54. Johnston, W., O'Reilly, M., Duignan, C., Liston, M., McLoughlin, R., Coughlan, G. F. in Caulfield, B. (2019). Association of Dynamic Balance With Sports-Related Concussion: A Prospective Cohort Study. *The American Journal of Sports Medicine*, 47(1), 197–205. <https://doi.org/10.1177/0363546518812820>
 55. Kamins, J., Bigler, E., Covassin, T., Henry, L., Kemp, S., Leddy, J. J., Mayer, A., McCrea, M., Prins, M., Schneider, K. J., McLeod, T. C. V., Zemek, R. in Giza, C. C. (2017). What is the physiological time to recovery after concussion? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 51(12), 935–940. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097464>
 56. Kellezi, B., Coupland, C., Morriss, R., Beckett, K., Joseph, S., Barnes, J., Christie, N., Sleney, J. in Kendrick, D. (2017). The impact of psychological factors on recovery from injury: a multicentre cohort study. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 52(7), 855–866. <https://doi.org/10.1007/s00127-016-1299-z>
 57. Kerr, Z. Y., Yeargin, S., Valovich McLeod, T. C., Nittoli, V. C., Mensch, J., Dodge, T., Hayden, R. in Dompier, T. P. (2015). Comprehensive Coach Education and Practice Contact Restriction Guidelines Result in Lower Injury Rates in Youth American Football. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 3(7), 2325967115594578. <https://doi.org/10.1177/2325967115594578>
 58. Kung, S. M., Suksreephaisan, T. K., Perry, B. G., Palmer, B. R. in Page, R. A. (2020). The Effects of Anticipation and Visual and Sensory Performance on Concussion Risk in Sport: A Review. *Sports Medicine - Open*, 6(1), 54. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00283-6>
 59. Le, R. K., Ortega, J., Chrisman, S. P., Kontos, A. P., Buckley, T. A., Kaminski, T. W., Meyer, B. P., Clugston, J. R., Goldman, J. T., McAllister, T., McCrea, M., Broglio, S. P. in Schmidt, J. D. (2023). King-Devick Sensitivity and Specificity to Concussion in Collegiate Athletes. *Journal of Athletic Training*, 58(2), 97–105. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0063.21>
 60. Lynall, R. C., Campbell, K. R., Wasserman, E. B., Dompier, T. P. in Kerr, Z. Y. (2017). Concussion Mechanisms and Activities in Youth, High School, and College Football. *Journal of Neurotrauma*, 34(19), 2684–2690. <https://doi.org/10.1089/neu.2017.5032>
 61. Lynall, R. C., Mihalik, J. P., Pierpoint, L. A., Currie, D. W., Knowles, S. B., Wasserman, E. B., Dompier, T. P., Comstock, R. D., Marshall, S. W. in Kerr, Z. Y. (2018). The First Decade of Web-Based Sports Injury Surveillance: Descriptive Epidemiology of Injuries in US High School Boys' Ice Hockey (2008–2009 Through 2013–2014) and National Collegiate Athletic Association Men's and Women's Ice Hockey (2004–2005 Through 2013–2014). *Journal of Athletic Training*, 53(12), 1129–1142. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-176-17>
 62. Mainwaring, L., Ferdinand Pennock, K. M., Mylabathula, S. in Alavie, B. Z. (2018). Subconcussive head impacts in sport: A systematic review of the evidence. *International Journal of Psychophysiology*, 132, 39–54. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2018.01.007>
 63. Manley, G., Gardner, A. J., Schneider, K. J., Guskiewicz, K. M., Bailes, J., Cantu, R. C., Castellani, R. J., Turner, M., Jordan, B. D., Randolph, C., Dvořák, J., Hayden, K. A., Tator, C. H., McCrory, P. in Iverson, G. L. (2017). A systematic review of potential long-term effects of sport-related concussion. *British Journal of Sports Medicine*, 51(12), 969–977. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097791>
 64. Marar, M., Mclvaine, N. M., Fields, S. K. in Comstock, R. D. (2012). Epidemiology of Concussions Among United States High School Athletes in 20 Sports. *The American Journal of Sports Medicine*, 40(4), 747–755. <https://doi.org/10.1177/0363546511435626>
 65. Mayer, A. R., Meier, T. B., Ling, J. M., Dodd, A. B., Brett, B. L., Robertson-Benta, C. R., Huber, D. L., Van der Horn, H. J., Broglio, S. P., McCrea, M. A. in McAllister, T. (2023). Increased brain age and relationships with blood-based biomarkers following concussion in younger populations. *Journal of Neurology*, 270(12), 5835–5848. <https://doi.org/10.1007/s00415-023-11931-8>
 66. McCrea, M. (2001). Standardized Mental Status Testing on the Sideline After Sport-Related Concussion. *Journal of Athletic Training*, 36(3), 274–279.
 67. McCrea, M., Broglio, S. P., McAllister, T. W., Gill, J., Giza, C. C., Huber, D. L., Harezlak, J., Cameron, K. L., Houston, M. N., McGinty, G., Jackson, J. C., Guskiewicz, K., Mihalik, J., Brooks, M. A., Duma, S., Rowson, S., Nelson, L. D., Pasquina, P., Meier, T. B., ... DiFiori, J. (2020). Association of Blood Biomarkers With Acute Sport-Related Concussion in Collegiate Athletes. *JAMA Network Open*, 3(1), e1919771. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.19771>
 68. McCrea, M., Guskiewicz, K. M., Marshall, S. W., Barr, W., Randolph, C., Cantu, R. C., Onate, J. A., Yang, J. in Kelly, J. P. (2003). Acute Effects

- and Recovery Time Following Concussion in Collegiate Football Players. The NCAA Concussion Study. *JAMA*, 290(19), 2556–2563. <https://doi.org/10.1001/jama.290.19.2556>
69. McCrea, M., Guskiewicz, K., Randolph, C., Barr, W. B., Hammeke, T. A., Marshall, S. W., Powell, M. R., Woo Ahn, K., Wang, Y. in Kelly, J. P. (2013). Incidence, clinical course, and predictors of prolonged recovery time following sport-related concussion in high school and college athletes. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 19(1), 22–33. <https://doi.org/10.1017/S1355617712000872>
70. McCrea, M., Kelly, J. P., Kluge, J., Ackley, B. in Randolph, C. (1997). Standardized Assessment of Concussion in football players. *Neurology*, 48(3), 586–588. <https://doi.org/10.1212/WNL.48.3.586>
71. McCrea, M., Meier, T., Huber, D., Ptito, A., Bigler, E., Debert, C. T., Manley, G., Menon, D., Chen, J.-K., Wall, R., Schneider, K. J. in McAlister, T. (2017). Role of advanced neuroimaging, fluid biomarkers and genetic testing in the assessment of sport-related concussion: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 51(12), 919–929. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097447>
72. McCrory, P., Feddermann-Demont, N., Dvořák, J., Cassidy, J. D., McIntosh, A., Vos, P. E., Echemendia, R. J., Meeuwisse, W. in Tarnutzer, A. A. (2017). What is the definition of sports-related concussion: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 51(11), 877–887. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097393>
73. McCrory, P., Meeuwisse, W., Dvorak, J., Aubry, M., Bailes, J., Broglio, S., Cantu, R. C., Cassidy, D., Echemendia, R. J., Castellani, R. J., Davis, G. A., Ellenbogen, R., Emery, C., Engebretsen, L., Feddermann-Demont, N., Giza, C. C., Guskiewicz, K. M., Herring, S., Iverson, G. L., ... Vos, P. E. (2017). Consensus statement on concussion in sport—the 5th international conference on concussion in sport held in Berlin, October 2016. *British Journal of Sports Medicine*, 51(11), 838–847. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097699>
74. McGuine, Hetzel, S., McCrea, M. in Brooks, M. A. (2014). Protective Equipment and Player Characteristics Associated With the Incidence of Sport-Related Concussion in High School Football Players: A Multifactorial Prospective Study. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(10), 2470–2478. <https://doi.org/10.1177/0363546514541926>
75. McGuine, T., Post, E., Pfaller, A. Y., Hetzel, S., Schwarz, A., Brooks, M. A. in Kliethermes, S. A. (2020). Does soccer headgear reduce the incidence of sport-related concussion? A cluster, randomised controlled trial of adolescent athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 54(7), 408–413. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100238>
76. McLeod, T. C. V., Lewis, J. H., Whelihan, K. in Bacon, C. E. W. (2017). Rest and Return to Activity After Sport-Related Concussion: A Systematic Review of the Literature. *Journal of Athletic Training*, 52(3), 262–287. <https://doi.org/10.4085/1052-6050-51.6.06>
77. McNabb, C., Reha, T., Georgieva, J., Jacques, A., Netto, K. in Lavender, A. P. (2020). The Effect of Sub-Concussive Impacts during a Rugby Tackling Drill on Brain Function. *Brain Sciences*, 10(12), 960. <https://doi.org/10.3390/brainsci10120960>
78. Meehan, W. P., III in Bachur, R. G. (2009). Sport-Related Concussion. *Pediatrics*, 123(1), 114–123. <https://doi.org/10.1542/peds.2008-0309>
79. Memmini, A. K., La Fountaine, M. F., Broglio, S. P. in Moore, R. D. (2021). Long-Term Influence of Concussion on Cardio-Autonomic Function in Adolescent Hockey Players. *Journal of Athletic Training*, 56(2), 141–147. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0578.19>
80. Mizobuchi, Y. in Nagahiro, S. (2016). A Review of Sport-Related Head Injuries. *Korean Journal of Neurotrauma*, 12(1), 1–5. <https://doi.org/10.13004/kjnt.2016.12.1.1>
81. Momin, S. M. B., Belli, A., O'Halloran, P. J., Momin, S. M. B., Belli, A. in O'Halloran, P. J. (2023). Novel Techniques in the Assessment of Sports-Related Traumatic Brain Injury. *V Concussion - State-of-the-Art*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.112443>
82. Morrissey, P. J., Shah, N. V., Hayden, A. J., Zhou, J. J., Bloom, L. R., Aylyarov, A., Chatterjee, D., Newman, J. M., Hariri, O. K., McCarthy, M. T., Hesham, K. in Urban, W. P. (2022). Male Youth Ice Hockey Concussion Incidence in a USA Hockey Membership-Adjusted Population: A Peak in 2011 and the Impact of Major Rule Changes. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 32(2), 122–127. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000893>
83. Musumeci, G., Ravalli, S., Amorini, A. M. in Lazzarino, G. (2019). Concussion in Sports. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(2), 37. <https://doi.org/10.3390/jfmk4020037>
84. Nagahiro, S. in Mizobuchi, Y. (2014). Current Topics in Sports-related Head Injuries: A Review. *Neurologia medico-chirurgica*, 54(11), 878–886. <https://doi.org/10.2176/nmc.ra.2014-0224>
85. Pankow, M. P., Syrydiuk, R. A., Kolstad, A. T., Hayden, A. K., Dennison, C. R., Mrazik, M., Hagel, B. E. in Emery, C. A. (2022). Head Games: A Systematic Review and Meta-analysis Examining Concussion and Head Impact Incidence Rates, Modifiable Risk Factors, and Prevention Strategies in Youth Tackle Football. *Sports Medicine*, 52(6), 1259–1272. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01609-4>
86. Papa, L., Ramia, M. M., Edwards, D., Johnson, B. D. in Slobounov, S. M. (2015). Systematic Review of Clinical Studies Examining Biomarkers of Brain Injury in Athletes after Sports-Related Concussion. *Journal of Neurotrauma*, 32(10), 661–673. <https://doi.org/10.1089/neu.2014.3655>
87. Patricios, J. S., Schneider, K. J., Dvorak, J., Ahmed, O. H., Blauwet, C., Cantu, R. C., Davis, G. A., Echemendia, R. J., Makdissi, M., McNamee, M., Broglio, S., Emery, C. A., Feddermann-Demont, N., Fuller, G. W., Giza, C. C., Guskiewicz, K. M., Hainline, B., Iverson, G. L., Kutcher, J. S., ... Meeuwisse, W. (2023). Consensus statement on concussion in sport: the 6th International Conference on Concussion in Sport—Amsterdam, October 2022. *British Journal of Sports Medicine*, 57(11), 695–711. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-106898>
88. Pfaller, A. Y., Brooks, M. A., Hetzel, S. in McGuine, T. A. (2019). Effect of a New Rule Limiting Full Contact Practice on the Incidence of Sport-Related Concussion in High School Football Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 47(10), 2294–2299. <https://doi.org/10.1177/0363546519860120>
89. Pfister, T., Pfister, K., Hagel, B., Ghali, W. A. in Ronskley, P. E. (2016). The incidence of concussion in youth sports: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 292–297. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094978>
90. Prien, A., Grafe, A., Rössler, R., Junge, A. in Verhagen, E. (2018). Epidemiology of Head Injuries Focusing on Concussions in Team Contact Sports: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(4), 953–969. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0854-4>
91. Purcell, L., Harvey, J. in Seabrook, J. A. (2016). Patterns of Recovery Following Sport-Related Concussion in Children and Adolescents. *Clinical Pediatrics*, 55(5), 452–458. <https://doi.org/10.1177/0009922815589915>
92. Putukian, M. (2017). Clinical Evaluation of the Concussed Athlete: A View From the Sideline. *Journal of Athletic Training*, 52(3), 236–244. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.1.08>
93. Quigley, K. G., Taylor, M. R., Hopfe, D., Pavilionis, P. in Murray, N. G. (2023). Minimal Detectable Change for the ImPACT Test Administered Remotely. *Journal of Athletic Training*, 58(11–12), 981–986. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0381.22>
94. Rawlings, S., Takechi, R. in Lavender, A. P. (2020). Effects of sub-concussion on neuropsychological performance and its potential mechanisms: A narrative review. *Brain Research Bulletin*, 165, 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2020.09.021>
95. Rice, S. M., Parker, A. G., Rosenbaum, S., Bailey, A., Mawren, D. in Purcell, R. (2018). Sport-Related Concussion and Mental Health Outcomes in Elite Athletes: A Systematic Re-

- view. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(2), 447–465. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0810-3>
96. Schneider, D. K., Grandhi, R. K., Bansal, P., Kuntz, G. E., Webster, K. E., Logan, K., Foss, K. D. B. in Myer, G. D. (2017). Current state of concussion prevention strategies: a systematic review and meta-analysis of prospective, controlled studies. *British Journal of Sports Medicine*, 51(20), 1473–1482. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095645>
97. Shanley, E., Thigpen, C., Kissenberth, M., Gilliland, R. G., Thorpe, J., Nance, D., Register-Mihalik, J. K. in Tokish, J. (2021). Heads Up Football Training Decreases Concussion Rates in High School Football Players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 31(2), 120. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000711>
98. Snell, D. L., Martin, R., Surgenor, L. J., Siegert, R. J. in Hay-Smith, E. J. C. (2017). What's wrong with me? seeking a coherent understanding of recovery after mild traumatic brain injury. *Disability and Rehabilitation*, 39(19), 1968–1975. <https://doi.org/10.1080/09638288.2016.1213895>
99. Strimbu, K. in Tavel, J. A. (2010). What are Biomarkers? *Current opinion in HIV and AIDS*, 5(6), 463–466. <https://doi.org/10.1097/COH.0b013e32833ed177>
100. Tarnutzer, A. A., Straumann, D., Brugger, P. in Feddermann-Demont, N. (2017). Persistent effects of playing football and associated (subconcussive) head trauma on brain structure and function: a systematic review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, 51(22), 1592–1604. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096593>
101. Tavazzi, B., Vagnozzi, R., Signoretti, S., Amorini, A. M., Belli, A., Cimatti, M., Delfini, R., Di Pietro, V., Finocchiaro, A. in Lazzarino, G. (2007). Temporal window of metabolic brain vulnerability to concussions: oxidative and nitrosative stresses--part II. *Neurosurgery*, 61(2), 390–395; discussion 395–396. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000255525.34956.3f>
102. van Ierssel, J., Pennock, K. F., Sampson, M., Zemek, R. in Caron, J. G. (2022). Which psychosocial factors are associated with return to sport following concussion? A systematic review. *Journal of Sport and Health Science*, 11(4), 438–449. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2022.01.001>
103. Walshe, A., Daly, E. in Ryan, L. (2022). Epidemiology of sport-related concussion rates in female contact/collision sport: a systematic review. *BMJ Open Sport — Exercise Medicine*, 8(3), e001346. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2022-001346>
104. Waltzman, D. in Daugherty, J. (2018). Concussion knowledge and experience among a sample of American adults. *Journal of concussion*, 2, 1–11. <https://doi.org/10.1177/2059700218769218>
105. Williamson, R., Kolstad, A., Krolkowski, M., Nadeau, L., Goulet, C., Hagel, B. in Emery, C. (2021). Incidence of Head Contacts, Penalties, and Player Contact Behaviors in Youth Ice Hockey: Evaluating the “Zero Tolerance for Head Contact” Policy Change. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 9, 232596712199237. <https://doi.org/10.1177/2325967121992375>
106. Wrigglesworth, J., Ward, P., Harding, I. H., Nilaweera, D., Wu, Z., Woods, R. L. in Ryan, J. (2021). Factors associated with brain ageing - a systematic review. *BMC Neurology*, 21, 312. <https://doi.org/10.1186/s12883-021-02331-4>

Manca Zupančič

Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede
o zdravju
97230445@student.upr.si