



Monika Zoroja^{1,2},
Polona Palma¹, Urška Puh¹

Vpliv vadbe z vidnimi dražljaji na reakcijski čas pri športnikih – sistematični pregled literature

Izvleček

Športniki morajo biti sposobni hitrega odziva na vidni dražljaj. Za izboljšanje motoričnega odziva na vidne dražljaje se uporabljajo različne metode, med katerimi zadnje čase izstopa vadba z vidnimi dražljaji. Namen pregleda literature je bil analizirati raziskave, v katerih so uporabili naprave za ocenjevanje reakcijskih časov na vidni dražljaj, in primerjati protokole vadbe z vidnimi dražljaji. Pregledane so bile podatkovne zbirke PubMed, Cochrane Library, CINAHL in ScienceDirect. V pregled smo vključili pet raziskav s kontrolno skupino. Skupno so v vseh raziskavah uporabili štiri različne naprave in sedem ocenjevalnih protokolov za merjenje reakcijskega časa. Izvajali so različne vrste vadb z vidnimi dražljaji, v večini raziskav poleg rednega športnega treninga. V štirih raziskavah se je po šesttedenski vadbi z vidnimi dražljaji statistično značilno izboljšal reakcijski čas. Raziskave kažejo pozitiven učinek vadbe z vidnimi dražljaji na izboljšanje reakcijskega časa. V prihodnje je treba preučiti, ali se z vadbo pridobljene spretnosti vidnega in motoričnega sistema tudi dejansko izražajo v boljšem športnem rezultatu in manj poškodbah.

Ključne besede: reakcijski čas, svetlobni dražljaj, naprave z vidnim dražljajem, vadba z vidnimi dražljaji, dinamični športi



www.fitlighttraining.com

The effects of visual training on reaction time in athletes – systematic literature review

Abstract

Athletes must be able to respond quickly to the visual stimulus. To improve motor respond to the visual stimulus, various methods including visual training can be used. The aim of this literature review was to analyze studies in which devices for visual reaction time assessment and training were used. A search was conducted using the databases PubMed, Cochrane Library, CINAHL and ScienceDirect. Five studies with control group were included in the review. Altogether four different devices and seven different reaction time measurement protocols have been used. Different types of visual training were performed, in majority in addition to the sport training. In four studies, statistically significant improvement in reaction time was reported after six weeks of visual training. Studies indicated a positive effect of visual training on the reaction time. Whether the skills of visual and motor systems acquired by training influence sport results and decrease injuries needs to be established in future.

Keywords: reaction time, visual stimulus, visual stimulus devices, visual training, dynamic sports

¹Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Zdravstvena pot 5, Ljubljana

²Zdravstveni dom Ljubljana – Bežigrad, Kržičeva ulica 10, Ljubljana

■ Uvod

Naši možgani namenijo obdelavi vidnih informacij večjo težo kot obdelavi drugih senzoričnih prilivov (Khanal, 2015). Vidni priliv obsega kar 85 do 90 % informacij, ki jih športnik prejme med tekmo (Khanal, 2015). Stavek »oko vodi gibanje telesa«, ki ga je izrekel nogometni trener Blanton Collier, dobro opiše pomen vida (Erickson, 2018). V športih z žogo in loparjem je potreben hiter odziv brez zavestne kognitivne obdelave (Hülsdünker et al., 2018). Ta proces je zgrajen kompleksno in zahteva dobre vidno-motorične spretnosti, med katere uvrščamo tudi koordinacijo oko – roka ali oko – noga in reakcijski čas na vidni dražljaj (Khanal, 2015).

Reakcijski čas je definiran kot čas, ki preteče od začetnega stika z nekim dražljajem do začetnega odziva organizma (Merriam-Webster, 2019), oziroma obdobje od začetka dražljaja do začetka motoričnega odgovora (Schwarb in Memmert, 2012). Enostavni reakcijski čas je definiran kot čas, potreben za odziv kot odgovor na en pričakovani dražljaj, ki je lahko vidni ali slušni. Izbirni reakcijski čas predstavlja odzivni čas, potreben pri več zaporednih dražljajih (Wilkerson et al., 2016). Reakcijski čas je smiselno razdeliti na dve komponenti: 1. premotorični čas je centralna komponenta, ki poteka od pojava dražljaja do začetka mišičnega odziva (obdelava informacij in pretvorba v signal za mišično kontrakcijo); 2. motorični čas je periferna komponenta (od mišične aktivacije do izvedbe dejanskega giba) (Fischman, 1984). Dejavniki, ki vplivajo na reakcijski čas, so ekstrinzični (vezani na vrsto dražljaja) in intrinzični: splošna telesna pripravljenost, utrudljivost, motivacija, telesni del za odgovor in dolžina senzoričnih vlaken, tip aksonov, število sinaps, predhodno ogrevanje, starost, spol, jemanje škodljivih substanc (Guyton in Hall, 2011). Reakcijski časi na vidni dražljaj z roko so krajši kot s stopalom (Montes-Mico et al., 2000).

Športniki, ki se ukvarjajo z dinamičnimi senzorično in motorično zahtevnimi športi, imajo krajši reakcijski čas in hitreje prevajanje dražljaja po vidnih vlaknih v primerjavi z nešportniki (Zwierko et al., 2010). Sharma in sodelavci (2015) so pri športnikih izmerili za 11 ms krajši reakcijski čas na vidni dražljaj kot pri nešportnikih, kar kaže na to, da ukvarjanje s športom vpliva na reakcijski čas. Podobne rezultate v primerjalni raziskavi med igralci namiznega tenisa in neš-

portniki so dobili tudi Bhabhor in sodelavci (2013). Hülsdünker in sodelavci (2016) so pri igralcih badmintona potrdili hitrejšo vidno-motorično transformacijo dražljaja. Balkó in sodelavci (2017) so ugotovili, da lahko s športno specifično vadbo, ki se močno približa realnim situacijam, pozitivno vplivamo na enostavni reakcijski čas in izbirni reakcijski čas sabljačev.

Za izboljšanje delovanja vidnega sistema in sposobnosti motoričnega odziva na vidne dražljaje se predvsem med vrhunskimi športniki uporablja t. i. vadba z vidnimi dražljaji, ki mora biti usmerjena v spretnosti, značilne za posamezen šport (Appelbaum in Erickson, 2018; Erickson, 2018). Pri vadbi z vidnimi dražljaji izvajamo zahtevnejše vaje vidnega zaznavanja in vidno-motorične naloge z namenom izboljšanja vida, hitrejšega motoričnega odzivanja na senzorične dražljaje, hitrejšega in natančnejšega gibanja ter posledično izboljšanja športnih rezultatov in potencialno zmanjšanja možnosti poškodb (Erickson, 2007). Izvaja se lahko vadba reakcije oko – roka z uporabo dvodimenzionalnega zaslona ali večjega števila brezžično povezanih individualnih svetlobnih točk ter tudi vadba reakcije oko – noga za športe, ki temeljijo na tovrstnih reakcijah (Erickson, 2018). Za izvajanje vadbe z vidnimi dražljaji se lahko uporabljajo naprave, sestavljene iz zaslona in različnega števila prižigajočih se točk oz. luči, ki predstavljajo vidne dražljaje (Appelbaum in Erickson, 2018). Navadno so to računalniško podprti

sistemi, s katerimi se lahko izvede meritve reakcijskih časov ali pa izvaja vadbene programe (Erickson, 2018). Poleg tega se v vadbo z vidnimi dražljaji vključujejo različne vaje, ki jih lahko izvajamo na napravah z vidnimi dražljaji ali s pripomočki za izboljšanje statične in dinamične ostrine vida, globinskega zaznavanja, očesnih gibov, perifernega vida in očesne akomodacije. Za še večji napredek se pri vadbi pogosto uporabljajo stroboskopska očala (Schwab in Memmert, 2012; Appelbaum et al., 2016).

Namen tega pregleda literature je bil prepoznati vrste reakcijskih časov, ki jih merimo z uporabo naprav z vidnimi dražljaji, in ugotoviti, kakšen vpliv ima vadba z vidnimi dražljaji na reakcijske čase športnikov.

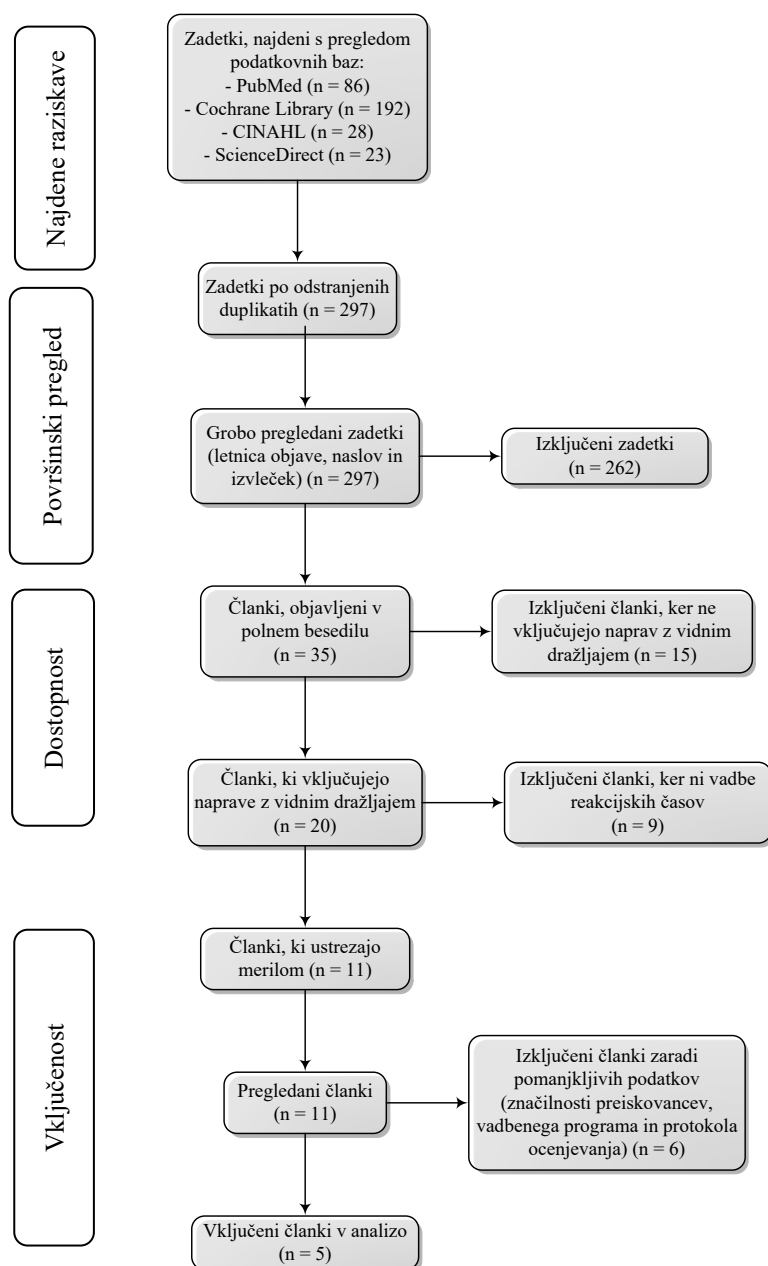
■ Metode

Pregledali smo literaturo v angleškem in italijanskem jeziku v podatkovnih zbirkah PubMed, Cochrane Library, CINAHL in ScienceDirect. Uporabljene ključne besede samostojno ali v kombinaciji so bile: reaction time, response time, visual stimulus, light stimulus, visual reaction time, measurement, training, exercise, visual training, visual therapy, athletes, sport, tempo di reazione in stimolo visivo. Pregledane so bile raziskave do maja 2019. Vključili smo raziskave s kontrolno skupino, z opisanim programom vadbe za izboljšanje reakcijskih časov in meritvami reakcijskih časov pred vadbo z vidnimi dražljaji in po njej pri špor-

Tabela 1
Značilnosti preiskovancev v pregledanih raziskavah

Raziskava	Šport	Število preiskovancev	Spol preiskovancev	Starost (leta)
Appelbaum et al., 2016	Softball	N: 25 R: 15 K: 10	Ženski	19–22 19,96 ± 1,46
Balasaheb et al., 2008	Kriket	N: 30 R: 10 K: 10 P: 10	Moški	16–25
Paul et al., 2011	Namizni tenis	N: 45 R: 15 K: 15 P: 15	Moški in ženski	18–28
Schwab in Memmert, 2012	Hokej na travi	N: 34 R: 22 K: 12	Moški	12–16 R: 14,3 K: 13,9
Vurmaz in Bingul, 2018	Nogomet	N: 20 R: 10 K: 10	Moški	R: 18,50 ± 0,52 K: 18,6 ± 0,51

Opomba. N – število vseh preiskovancev, R – raziskovalna skupina, P – placebo skupina, K – kontrolna skupina.



Slika 1. Diagram poteka PRISMA (Moher et al., 2009)

tnikih, starih do 30 let. Izključili smo raziskave, starejše od leta 2000, ter raziskave, v katerih so za ocenjevanje reakcijskih časov uporabljali druge računalniške programe.

Rezultati

Vključitvenim merilom je od skupno 329 najdenih zadetkov ustrezalo pet raziskav, objavljenih med letoma 2008 in 2018. V raziskavah ocenjujejo reakcijske čase športnikov z napravami z vidnimi dražljaji. Postopek iskanja je predstavljen na Sliki 1 z diagramom poteka PRISMA (Moher et al., 2009).

V štirih vključenih raziskavah (Appelbaum et al., 2016; Balasaheb et al., 2008; Paul et al., 2011; Schwab in Memmert, 2012) so ugotavljali učinkovitost vadbe z vidnimi dražljaji z merjenjem reakcijskega časa z zgornjim udom in v eni raziskavi (Vurmaz in Bingul, 2018) s spodnjim udom. Vse raziskave so vključevale raziskovalno in kontrolno skupino, v dveh raziskavah so vključili še placebo skupino (Balasaheb et al., 2008; Paul et al., 2011). Preiskovanci v pregledanih raziskavah so bili igralci softbala, kriketa, namiznega tenisa, hokeja na travi in nogometa. Preiskovanci niso imeli težav z vidom, razen dveh preiskovancev v raziskavi Schwab in

Memmert (2012), ki sta nosila očala za korekcijo ametropije. Podrobnejše značilnosti preiskovancev so predstavljene v Tabeli 1.

V raziskovalnih skupinah so izvajali različne vrste vadb z vidnimi dražljaji, namenjene izboljšanju reakcijskih časov. V raziskavi Schwab in Memmert (2012) so se odločili samo za vadbo z vidnimi dražljaji, medtem ko so v vseh preostalih raziskavah vadbo z vidnimi dražljaji izvajali poleg rednega športnega treninga. Vadbeni programi za izboljšanje reakcijskih časov so trajali od 6 (Balasaheb et al., 2008) do 11 tednov (Appelbaum et al., 2016). Vsi vadbeni programi so se izvajali dvakrat ali trikrat na teden v različnih časovnih obsegih, in sicer od 5 (Appelbaum et al., 2016) do 45 minut (Paul et al., 2011; Schwab in Memmert, 2012) na dan. V raziskavi Appelbaum in sodelavci (2016) je vadba z vidnimi dražljaji vključevala osem vaj. Tri vaje (koordinacija oko – roka, pojdi/počakaj, globinska zaznava) so se izvajale neposredno z napravo Nike sensory station (Nike inc., Beaverton, ZDA), medtem ko so pri vseh drugih vajah uporabljali dodatne pripomočke. Vadba z vidnimi dražljaji v raziskavi Schwab in Memmert (2012) je bila sestavljena iz petih vadbenih postaj, zasnovanih po programu DynamicEye® SportVision training, kjer uporabljajo različne pripomočke. Balasaheb in sodelavci (2008) so v vadbo z vidnimi dražljaji vključili vaje z nihajočo žogo (Marsden ball), vadbo reakcijskih spretnosti, vaje za izboljšanje globinske zaznave, vaje s palico za žongliranje in vaje s svetlobnimi krogi. Paul in sodelavci (2011) so vadbo z vidnimi dražljaji izvajali z uporabo različnih pripomočkov in naprav. Za izboljšanje vidnih zaznav so uporabili vaje z nihajočo žogo (Marsden ball), za vadbo globinskega zaznavanja so uporabili elektronsko napravo Howard-Dolman (DP-129, Medicaid system, Indija), izboljšanje reakcijskega in motoričnega časa so vadili na napravi Reaction timer (MOΨART, Lafayette, ZDA), za izboljšanje koordinacije oko – roka pa so uporabili Vienna testing system (Schuhfried, Avstrija). Vadbo z vidnimi dražljaji so v raziskavi Vurmaz in Bingul (2018) izvajali z napravo Light-trainer (Light trainer visuo-motor devices company, Turčija), v katero so vključili vaje okretnosti in hitrosti ter reakcijske vaje. Značilnosti in trajanje vadbenih programov so podrobneje predstavljene v Tabeli 2.

V pregledanih raziskavah so enostavni reakcijski čas ali izbirni reakcijski čas ocenjevali s štirimi napravami z vidnimi dražljaji. Pri ocenjevanju enostavnega reakcijskega

Tabela 2

Značilnosti in trajanje vadbe z vidnimi dražljaji v pregledanih raziskavah

Raziskava	Trajanje VVD	Frekvenca VVD	Trajanje VVD – dnevno	Vadbeni program
Appelbaum et al., 2016	11 tednov	2-krat na teden	5–10 min	R: VVD in TPŠ K: TPŠ
Balasaheb et al., 2008	6 tednov	3-krat na teden	30 min	R: VVD in TPŠ K: TPŠ Placebo: TPŠ ter gledanje tekem po TV in branje revij
Paul et al., 2011	8 tednov	3-krat na teden	45 min	R: VVD in TPŠ K: TPŠ P: TPŠ ter gledanje tekem po TV in branje revij
Schwab in Memmert, 2012	6 tednov	3-krat na teden	45 min	R: DynamicEye SportsVision Training K: n. p.
Vurmaz in Bingul, 2018	8 tednov	3-krat na teden	20–25 min	R: vadba okretnosti in hitrosti z vidnimi dražljaji z napravo Light Trainer ter TPŠ K: TPŠ

Opomba. R – raziskovalna skupina, K – kontrolna skupina, P – placebo skupina, VVD – vadba z vidnimi dražljaji, TPŠ – trening posameznega športa, n. p. – ni podatka.

časa ali izbirnega reakcijskega časa z napravo MOΨART (Lafayette Instrument, ZDA) so ocenjevali še motorični čas, saj naprava omogoča ocenjevanje v istem programu. Ocenjevanje reakcijskega časa z napravo MOΨART je potekalo sede. Gre za enostavno zasnovano ploščo s svetlobnimi gumbi, ki so jo postavili na mizo pred preiskovanca. Enostavni reakcijski čas so v raziskavi Balasaheb in sodelavci (2008) ocenjevali z dvigom prsta ali pritiskom na začetni gumb ob pojavu svetlobnega dražljaja. Motorični čas so v tem primeru ocenjevali z odmikom prsta z začetnega gumba do pritiska drugega gumba, ko je ta zasvetil. Paul in sodelavci (2011) so izbirni reakcijski čas ocenjevali tako, da je preiskovanec držal prste na več gumbih ter je ob pojavu svetlobnega dražljaja čim hitreje spustil ali pritisnil svetleči gumb. Motorični čas pa so ocenili tako, da je preiskovanec držal prst na začetnem gumbu ter se je čim prej dotaknil enega izmed osmih gumbov, ki je zasvetil. V raziskavi Appelbaum in sodelavci (2016) je preiskovanec stal pred zaslonom, pri čemer se je pri ocenjevanju reakcijskega časa z napravo Nike sensory station z dominantno roko odzival na spremembo barve svetlobnega obroča, izrisane na zaslonu. Schwab in Memmert (2012) sta izbirni reakcijski čas ocenjevala z napravo Dynavision D2 (Dynavision Int LLC, ZDA) tako, da je preiskovanec stal pred zaslonom in se je moral dotakniti enega izmed štirih gumbov, ki je v danem trenutku zasvetil. V raziskavi Vurmaz in Bingul (2018) so ocenjevali reakcijski čas s spodnjim udom z napravo Light trainer tako, da so pred preiskovanca na tla postavili 3 svetlobne gumbe, pri če-

mer se je moral preiskovanec z nogo čim hitreje dotakniti tistega, ki je zasvetil. V Tabeli 3 so prikazane uporabljene naprave, ocenjevana vrsta reakcijskega časa in vpliv vadbe z vidnimi dražljaji na reakcijski čas.

Razprava

Za ocenjevanje reakcijskega časa je na trgu na voljo mnogo različnih naprav. Avtorji so v pregledanih raziskavah za ocenjevanje reakcijskega časa uporabili naprave Nike sensory station (Appelbaum et al., 2016), MOΨART (Balasaheb et al., 2008; Paul et al., 2011), Dynavision D2 (Schwab in Memmert, 2012) in Light trainer (Vurmaz in Bingul, 2018). Nekatere naprave so pri ocenjevanju precej omejene in težko ocenimo reakcijski čas pri vseh športih. Na primer, naprava MOΨART omogoča zgolj oceno enostavnega reakcijskega časa in izbirnega reakcijskega časa v kombinaciji z motoričnim časom z zgornjim udom, kar ni najprimernejše za športe, pri katerih se primarno uporablja spodnje ude. V tem primeru je najprimernejša uporaba naprav, kot je Light trainer, ki omogoča postavitev samostojnih brezžičnih svetlobnih točk na tla in s tem ocenitev reakcijskih časov spodnjih udov. Poleg tega je pomembna tudi zanesljivost naprave. V raziskavi Wells in sodelavci (2014) so na populaciji zdravih rekreativnih športnikov ugotavljali zanesljivost naprave Dynavision D2 za ocenjevanje izbirnega reakcijskega časa na vidni dražljaj. Poročali so o visoki zanesljivosti ($ICC_{2,1} = 0,84$). Raziskav o zanesljivosti drugih naprav za ocenjevanje reakcijskih časov nismo zasledili.

V vseh raziskavah so med prvo in končno meritvijo reakcijskega časa izvajali eno izmed različic vadbe z vidnimi dražljaji. Avtorji vseh raziskav, vključenih v pregled literature, navajajo pozitivne učinke vadbe z vidnimi dražljaji na reakcijski čas športnikov. Statistično značilno se je izboljšal reakcijski čas po vadbi z vidnimi dražljaji v primerjavi s kontrolno skupino v štirih raziskavah (Balasaheb et al., 2008; Paul et al., 2011; Schwab in Memmert, 2012; Vurmaz in Bingul, 2018). Eden izmed možnih razlogov za manjše izboljšanje reakcijskega časa v raziskavi Appelbaum in sodelavcev (2016) je morda zasnova vadbenega programa. Kljub temu, da je vadbeni program trajal 11 tednov, se je izvajal le dvakrat na teden po 5 do 10 minut, s čimer so glede na preostale vključene raziskave dosegli do trikrat krajši skupni čas vadbe. Preiskovanci v tej raziskavi so tako izvedli le 220 minut vadbe, medtem ko so preiskovanci v raziskavi Paula in sodelavcev (2011) skupno dosegli 1080 minut vadbe. Reakcijski čas se je statistično značilno izboljšal po najmanj 540 minutah vadbe (Balasaheb et al., 2008). Poleg izboljšanja reakcijskega časa Balasaheb in sodelavci (2008) ter Paul in sodelavci (2011) navajajo statistično značilne razlike v motoričnem času raziskovalne skupine. Balasaheb in sodelavci (2008) so meritve motoričnega časa izvajali z levim in desnim zgornjim udom in dobili statistično značilne razlike za desni zgornji ud tudi v kontrolni skupini ($p < 0,05$) ter statistično značilne razlike za oba zgornja uda v placebo skupini ($p < 0,05$). Pozitivne rezultate kontrolne in placebo skupine v navedeni raziskavi pripisujejo rednemu tre-

Tabela 3

Ocenjevanje reakcijskih časov in vpliv vadbe z vidnimi dražljaji na reakcijski čas v pregledanih raziskavah

Raziskava	Uporabljena naprava za merjenje RČ	Merjena vrsta RČ	RČ pred vadbo	RČ po vadbi	Stat. znač. (pred – po vadbi)
Appelbaum et al., 2016	Nike Sensory Station	ERČ	R: 460 ± 31,5 ms K: n. p.	R: 454 ± 28,7 ms K: n. p.	R: p = 0,29 K: n. p.
Balasaheb et al., 2008	MOΨART	ERČ	R (ERČ): d: 0,242 ± 0,025 s l: 0,226 ± 0,017 s K (ERČ): d: 0,250 ± 0,019 s l: 0,232 ± 0,017 s P (ERČ): d: 0,250 ± 0,024 s l: 0,224 ± 0,023 s	R (ERČ): d: 0,230 ± 0,021 s l: 0,217 ± 0,016 s K (ERČ): d: 0,245 ± 0,020 s l: 0,230 ± 0,017 s P (ERČ): d: 0,244 ± 0,23 s l: 0,222 ± 0,23 s	R (ERČ): d, l: p < 0,01* K (ERČ): d, l: p > 0,05 P (ERČ): d, l: p > 0,05
		MČ	R (MČ): d: 0,175 ± 0,023 s l: 0,195 ± 0,029 s K (MČ): d: 0,184 ± 0,018 s l: 0,189 ± 0,018 s P (MČ): d: 0,186 ± 0,036 s l: 0,186 ± 0,019 s	R (MČ): d: 0,166 ± 0,022 s l: 0,186 ± 0,026 s K (MČ): d: 0,183 ± 0,018 s l: 0,189 ± 0,019 s P (MČ): d: 0,184 ± 0,035 s l: 0,184 ± 0,019 s	R (MČ): d, l: p < 0,01* K (MČ): d: p < 0,05* l: p > 0,05 P (MČ): d, l: p < 0,05*
Paul et al., 2011	MOΨART	IRČ	R (IRČ): 0,227 ± 0,009 ms K (IRČ): 0,230 ± 0,009 ms P (IRČ): 0,231 ± 0,012 ms	R (IRČ): 0,220 ± 0,01 ms K (IRČ): 0,229 ± 0,008 ms P (IRČ): 0,229 ± 0,011 ms	R (IRČ): p < 0,001* K (IRČ): p > 0,05 P (IRČ): p > 0,05
		MČ	R (MČ): 0,187 ± 0,017 ms K (MČ): 0,188 ± 0,018 ms P (MČ): 0,189 ± 0,021 ms	R (MČ): 0,169 ± 0,017 ms K (MČ): 0,187 ± 0,017 ms P (MČ): 0,187 ± 0,022 ms	R (MČ): p < 0,001* K (MČ): p > 0,05 P (MČ): p > 0,05
Schwab in Memmert, 2012	Dynavision D2	IRČ	R: 0,8368 ± 0,12461 s K: 0,8036 ± 0,12233 s	R: 0,5959 ± 0,05844 s K: 0,8009 ± 0,28176 s	R: p < 0,001* K: p = 0,139
Vurmaz in Bingul, 2018	Light Trainer	IRČ	R: 0,43 ± 0,06 s K: 0,42 ± 0,29 s	R: 0,37 ± 0,06 s K: 0,42 ± 0,29 s	R: p = 0,004* K: p = 0,368

Opomba. R – raziskovalna skupina; K – kontrolna skupina; P – placebo skupina; ERČ – enostavni reakcijski čas; IRČ – izbirni reakcijski čas; MČ – motorični čas; l – leva; d – desna; * – statistično značilen rezultat.

ningu kriketa, ki so ga izvajale raziskovalna, kontrolna in placebo skupina.

Najboljše rezultate so dosegli v raziskavi Schwaba in Memmerta (2012), kjer so izbirni reakcijski čas izboljšali za kar 240,9 ms. To izboljšanje izrazito odstopa od drugih dveh raziskav, v katerih so dosegli izboljšanje izbirnega reakcijskega časa za 0,007 ms (Paul et al., 2011) oziroma 60 ms (Vurmaz in Bingula, 2018). Napredek bi lahko bil posledica seznanjenosti z napravo Dynavision D2, saj so preiskovanci med vadbenim programom vadbo izvajali z omenjeno napravo, ali pa dejanskega izboljšanja vidnih funkcij. Hkrati pa avtorja raziskave navajata, da je bilo ocenjevanje zasnovano drugače in zato težko primerljivo s samo vadbo. Kljub

temu kaže poudariti opazen napredek v skrajšanju reakcijskega časa v raziskovalni skupini še šest tednov po končanem vadbenem programu, kar kaže na dejansko izboljšanje vidnih funkcij, ne samo na seznanjenost z napravo. V omenjeni raziskavi so uporabili napravo, kjer preiskovanec za meritev reakcijskega časa stoji in izvaja večje premike z zgornjim udom, da bi se dotaknil ustrezne svetleče točke. S tem vplivamo na različne dejavnike, ki bi lahko pripomogli k izboljšanju reakcijskega časa, kot sta koordinacija in motorika. Na drugi strani je bil pri napravah MOΨART (Paul et al., 2011) in Light trainer (Vurmaz in Bingul, 2018) za meritev reakcijskega časa potreben premik zgolj distalnega dela zgornjega ali spodnje-

ga uda. Hkrati pa se je treba zavedati, da je izboljšanje reakcijskega časa od prvotnega stanja možno le za 10 do 15 % (Balkó et al., 2017). Izboljšanje reakcijskega časa po več-tedenskem vadbenem programu navajajo tudi avtorji drugih raziskav (Balkó et al., 2017; Erickson, 2018; Koppelaar et al., 2019).

Zaključek

Dosedanje raziskave kažejo boljše rezultate reakcijskih časov pri športnikih, ki izvajajo vadbo z vidnimi dražljaji, zato je priporočljivo vključevanje vadbe z vidnimi dražljaji v standardni trening. Z napravami za izvajanje vadbe z vidnimi dražljaji lahko izmerimo enostavni in izbirni reakcijski čas

ter motorični čas. Na podlagi raziskav, vključenih v pregled literature, smo ugotovili, da statistično značilno izboljšanje reakcijskega časa dosežemo že po 540 minutah vadbe z vidnimi dražljaji, ki se izvaja vsaj šest tednov trikrat na teden, in sicer s poudarkom na spretnostih, ki jih posamezni šport zahteva. Za oblikovanje priporočil pri izvajanju vadbe z vidnimi dražljaji je potrebnih več raziskav na reprezentativnih vzorcih z jasno določenimi vadbenimi parametri ter določitev okvirnega načina ocenjevanja reakcijskih časov z napravami z vidnimi dražljaji.

Literatura

- Appelbaum, L. G., Lu, Y., Khanna, R. in Detwiler, K. R. (2016). The effects of sports vision training on sensorimotor abilities in collegiate softball athletes. *Athl Train Sports Health Care*, 8(4): 154–163.
- Appelbaum, L. G. in Erickson, G. (2018). Sports vision training: A review of the state-of-the-art in digital training techniques. *Int Rev Sport Exerc Psychol*, 11(1): 160–189. doi: 10.1080/1750984X.2016.1266376
- Balasaheb, T., Maman, P. in Sandhu, J. S. (2008). The impact of visual skills training program on batting performance in cricketers. *Serb J Sports Sci*, 2(1): 17–23.
- Balkó, Š., Rous, M., Balkó, I., Hnizdil, J. in Borysiuk, Z. (2017). Influence of a 9-week training intervention on the reaction time of fencers aged 15 to 18 years. *Phys Activ Rev*, 5: 146–154. doi: 10.16926/par.2017.05.19
- Bhabhor, M. K., Vidja, K., Bhandari, P., Dodhia, S., Kathrotia, R. in Joshi, V. (2013). A comparative study of visual reaction time in table tennis players and healthy controls. *Indian J Physiol Pharmacol*, 57(4): 439–442.
- Erickson, G. (2007). *Sports vision: Vision care for the enhancement of sports performance*. St. Louis: Butterworth-Heinemann Elsevier.
- Erickson, G. B. (2018). Optimizing visual performance for sport. *Adv Ophthalmol Optom*, 3(1): 1–19. doi: 10.1016/j.yao.2018.05.001
- Fischman, M. G. (1984). Programming time as a function of number of movement parts and changes in movement direction. *J Mot Behav*, 16(4): 405–423. doi: 10.1080/00222895.1984.10735329
- Guyton, A. C. in Hall, P. E. (2011). *Textbook of medical physiology*. 12th ed. Philadelphia: Saunders Elsevier.
- Hülsdünker, T., Strüder, H. K. in Mierau, A. (2016). Neural correlates of expert visuomotor performance in badminton players. *Med Sci Sports Exerc*, 48(11): 2125–2134. doi: 10.1249/MSS.0000000000001010
- Hülsdünker, T., Strüder, H. K. in Mierau, A. (2018). The athletes' visuomotor system – Cortical processes contributing to faster visuomotor reactions. *Eur J Sport Sci*, 18(7): 955–64. doi: 10.1080/17461391.2018.1468484
- Khanal, S. (2015). Impact of visual skills training on sports performance: Current and future perspectives. *Adv Ophthalmol Vis Syst*, 2(1): 00032. doi: 10.15406/aovs.2015.02.00032
- Koppelaar, H., Kordestani Moghadam, P., Khan, K., Kouhkhani, S., Segers, G. in Van Warmerdam, M. (2019). Reaction time improvements by neural bistability. *Behav Sci*, 9(3): 28. doi: 10.3390/bs9030028
- Merriam-Webster.com (2019). Reaction time. Pridobljeno s <https://www.merriam-webster.com/medical/reaction%20time> <7. 5. 2019>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. in Altman D. G. (2009). PRISMA group: Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Ann Intern Med*, 151: 264–269.
- Montes-Mico, R., Bueno, I., Candel, J. in Pons, A. M. (2000). Eye-hand and eye-foot visual reaction times of young soccer players. *Optometry*, 71(12): 775–780.
- Paul, M., Biswas, S. K. in Sandhu, J. S. (2011). Role of sports vision and eye hand coordination training in performance of table tennis players. *Braz J Biomotricity*, 5(2): 106–16.
- Schwab, S. in Memmert, D. (2012). The impact of a sports vision training program in youth field hockey players. *J Sports Sci Med*, 11(4): 624.
- Sharma, V. K., Subramanian, S. K., Arunachalam, V., Radhakrishnan, K., Ramamurthy, S. in Ravindran, B. S. (2015). Auditory and visual reaction times in school going adolescents: effect of structured and unstructured physical training-a randomized control trial. *Int J Adolesc Med Health*, 29(4). doi: 10.1515/ijamh-2015-0060
- Vurmaz, M. O. in Bingul, B. M. (2018). Investigating the effect of light reaction exercises on agility – quickness and reaction time of the U-20 football players. *J Educ Train Stud*, 6(11a): 121–126.
- Wells, A. J., Hoffman, J. R., Beyer, K. S. in sod. (2014). Reliability of the dynavision™ d2 for assessing reaction time performance. *J Sports Sci Med*, 13(1): 145–150.
- Wilkerson, G. B., Simpson, K. A. in Clark, R. A. (2016). Assessment and training of visuomotor reaction time for football injury prevention. *J Sport Rehabil*, 26(1): 26–34. doi: 10.1123/jsr.2015-0068
- Zwierko, T., Osinski, W., Libunski, W., Czepita, D. in Florkiewicz, B. (2010). Speed of visual sensorimotor processes and conductivity of visual pathway in volleyball players. *J Hum Kinet*, 23: 21–27. doi: 10.2478/v10078-010-0003-8

dr. Polona Palma, prof. šp. vzg., dipl. fiziot.
Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta
polona.palma@zf.uni-lj.si