

- 453 Nekatere prilagoditve telesa na napor – *Nejka Potočnik*
- 467 Telesna dejavnost in termoregulacija – *Helena Lenasi*
- 485 Aktivnost avtonomnega živčevja med telesno vadbo – *Nejka Potočnik*
- 503 Nenamerni doping v športu – *Lovro Žiberna*
- 527 Astma in šport pri odraslih – *Sabina Škr gat*
- 537 Razlikovanje športnega srca in kardiomiopatije – *Katja Ažman Juvan*
- 543 Rehabilitacija okvar dominantne rame pri metalnih športih – *Katarina Tonin*
- 555 Klinična športna prehrana: od teorije do prakse – *Nada Rotovnik Kozjek*
- 565 Značilnosti tekmovalnega športa otrok in mladostnikov ter nekatera zdravstvena tveganja mladih v tem športu – *Branko Škof*
- 585 Povzetek smernic za telesno aktivnost otrok in mladostnikov – *Nataša Bratina, Vedran Hadžić, Tadej Battelino, Borut Pistotnik, Maja Pori, Dorica Šajber, Milan Žvan, Branko Škof, Gregor Jurak, Marjeta Kovač, Edvin Derišević*
- 597 Organizacija zdravstvene službe na športnih tekmovanjih in množičnih rekreativnih prireditvah – *Maja Mikša, Petra Zupet*
- 603 Novice
- 615 Seznam diplomantov
- 617 Navodila avtorjem

MEDICINSKI RAZGLEDI

Biomedicinski raziskovalni, strokovni in pregledni članki

UREDNIŠTVO

Društvo Medicinski razgledi
Korytkova ulica 2
1000 Ljubljana
Slovenija

T (01) 524 23 56 **F** (01) 543 70 11

E info@medrazgl.si

S www.medrazgl.si

POR: 02014-0050652588

GLAVNI UREDNIK

Jernej Drobež

ODGOVORNI UREDNIK

Matej Goričar

TEHNIČNI UREDNIKI

Valentina Ahac, Rok Kučan,
Urban Neudauer

UREDNIŠKI ODBOR

Tjaša Gortnar, Anja Kovač, Ožbej
Kunšič, Andraž Nendl, Miha Oražem,
Saša Štupar, Lana Vodnik, Dinko Zavrl,
Črt Zavrnik, Hana Zavrtanik, Jan Žmuc

LEKTORJA

Mateja Hočevar Gregorič, Matej Klemen

LEKTORICA ZA ANGLEŠKI JEZIK

Kristijan Armeni

PRELOM

SYNCOMP d. o. o.

TISK

Tiskarna Pleško d. o. o.

FOTOGRAFIJA NA NASLOVNICI

Matej Kastelic

MEDICINSKE RAZGLEDE

ABSTRAHIRAJO IN/ALI INDEKSIRAJO

Biological Abstracts, Biomedicina
Slovenica, Bowker International,
Chemical Abstracts, Nutritional
Abstracts

PODPORNIKI

Medicinska fakulteta UL
Javna agencija za raziskovalno
dejavnost RS

Revija izhaja štirikrat letno v 2.100 izvodih.

Cena izvoda je **6 €**, za študente **4 €**, za ustanove **10 €**.

COPYRIGHT © MEDICINSKI RAZGLEDI 2014

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali razširjanje posameznih delov ali celotne publikacije s katerim koli sredstvom brez pisnega privoljenja založbe je prepovedano.

- 453 Nekatere prilagoditve telesa na napor – *Nejka Potočnik*
- 467 Telesna dejavnost in termoregulacija – *Helena Lenasi*
- 485 Aktivnost avtonomnega živčevja med telesno vadbo – *Nejka Potočnik*
- 503 Nenamerni doping v športu – *Lovro Žiberna*
- 527 Astma in šport pri odraslih – *Sabina Škrbat*
- 537 Razlikovanje športnega srca in kardiomiopatije – *Katja Ažman Juvan*
- 543 Rehabilitacija okvar dominantne rame pri metalnih športih – *Katarina Tonin*
- 555 Klinična športna prehrana: od teorije do prakse – *Nada Rotovnik Kozjek*
- 565 Značilnosti tekmovalnega športa otrok in mladostnikov ter nekatera zdravstvena tveganja mladih v tem športu – *Branko Škof*
- 585 Povzetek smernic za telesno aktivnost otrok in mladostnikov – *Nataša Bratina, Vedran Hadžić, Tadej Battelino, Borut Pistotnik, Maja Pori, Dorica Šajber, Milan Žvan, Branko Škof, Gregor Jurak, Marjeta Kovač, Edvin Dervišević*
- 597 Organizacija zdravstvene službe na športnih tekmovanjih in množičnih rekreativnih prireditvah – *Maja Mikša, Petra Zupet*
- 603 Novice
- 615 Seznam diplomantov
- 617 Navodila avtorjem
- 623 Guidelines for Authors

Nejka Potočnik¹

Nekatere prilagoditve telesa na napor

Some Body Adjustments to Physical Exercise

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: telesni napor, laktatni prag, anaerobni prag, laktat, ventilacijski ekvivalent, ventilacijski prag, točka respiratorne kompenzacije

Telesni napor pomeni večjo porabo energije v našem telesu, še posebej v aktivnih skeletnih mišičnih celicah. Neposreden vir energije za mišično kontrakcijo je ATP, ki nastaja v celicah aerobno ali anaerobno. Pri zmernih obremenitvah vsa potrebna energija nastaja aerobno, saj se naše telo tako lokalno (aktivne skeletne mišice) kot sistemsko (srčna akcija, dihanje) prilagodi naporu. Poveča se vnos kisika v telo in dotok kisika v tkiva, še posebej v aktivne skeletne mišice. Pri zmernih telesnih naporih je dihanje najučinkovitejše, saj je količina predihanega zraka, potrebna za liter porabljenega kisika (ventilacijski ekvivalent), najmanjša (15–20 l zraka/l kisika). Ko napor preseže anaerobni prag, del energije začne nastajati po anaerobni poti, kar ima za posledico kopičenje ionov H^+ in laktata v mišičnih celicah. Oba omenjena produkta anaerobnega metabolizma prehajata preko sarkoleme v kri večinoma z medsebojnim kotransportom preko monokarbonsilatnih prenašalcev. Ioni H^+ se v krvi pufrajo z bikarbonatnim ionom in preko centralnih kemoreceptorjev pospešujejo dihanje. Laktat ima pri telesnem naporu zelo pomembno vlogo. Koncentracija laktata je kazalec anaerobnega metabolizma, ki se začne pri laktatnem pragu in doseže prevladujočo vlogo pri najvišji ravnovesni koncentraciji laktata v krvi. Laktat je pomembno aerobno gorivo za oksidativne mišične celice med telesnim naporom. Metabolne spremembe so glavni vzrok za spremenjeno dihanje med telesno vadbo. Pljučna ventilacija narašča s stopnjevanjem telesnim naporom. S stopnjevanjem napora preko ventilacijskega praga se ventilacijski ekvivalent poveča in doseže najvišje vrednosti (30–45 l zraka/l kisika), ko presežemo točko respiratorne kompenzacije. Ventilacijski prag je povezan z laktatnim pragom, točka respiratorne kompenzacije pa z vzpostavitev najvišje ravnovesne koncentracije laktata v krvi. Poleg metabolnih in dihalnih prilagoditev je telesni napor povezan tudi s spremenjeno srčno akcijo.

ABSTRACT

KEY WORDS: exercise, lactate threshold, anaerobic threshold, lactate, ventilation equivalent, ventilation threshold, respiratory compensation point

The energy consumption of the human body increases during physical exercise, especially in the active muscle cells. The synthesis of ATP, the unique direct energy source in skeletal muscles, depends on oxygen availability in skeletal muscle cells and can be a product of aerobic or anaerobic processes. To meet the increased demand for oxygen

¹ Asist. dr. Nejka Potočnik, dipl. ing. fizike, Inštitut za fiziologijo, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Zaloška cesta 4, 1000 Ljubljana; nejka.potocnik@mf.uni-lj.si

during incremental submaximal exercise, our body adapts locally with enhanced perfusion of working muscles and with increased cardiac output and ventilation as a whole. At a working rate called anaerobic threshold, there is not enough oxygen to satisfy energy demands. Therefore, anaerobic energy production is switched on, leading to H^+ and lactate accumulation in active muscle cells. Both anaerobic metabolic products leave muscle cells by passing through monocarboxylate transporters in sarcolemma. H^+ ions are buffered with bicarbonate in the blood until buffer capacity suffices. Ventilation increases to exhale additional oxygen dioxide produced. When blood H^+ concentration increases, the ventilation is further stimulated by H^+ sensitive central chemoreceptors. The role of lactate during physical exercise is very important. It is a good marker for cell metabolic conditions indicating the onset of anaerobic metabolism at lactate threshold and the highest anaerobic turnover, where maximal steady-state blood lactate concentration is maintained. It prevents pyruvate accumulation in muscle cells and serves as a useful aerobic fuel for oxidative muscular contraction. Metabolic changes during physical exercise are coupled with increased ventilation reflected by the ventilation equivalent ratio defined as the volume of ventilated air per one liter of consumed oxygen. Ventilation equivalent has the lowest value during light workout (15–20 l air/l oxygen), increases at ventilation threshold and escalates at respiratory compensation point (30–45 l air/l oxygen). Ventilation threshold correlates with lactate threshold and respiratory compensation point with maximal steady-state blood lactate concentration. Metabolic and ventilation changes are related to cardiovascular adjustments during physical exercise.

ADENOZIN-TRIFOSFAT - GORIVO ZA TELESNO AKTIVNOST

Telesna aktivnost za naš organizem pomeni stanje povečane porabe energije. Ta se spremeni v delo skeletnih mišic in v ob tem sproščeno toploto. Neposreden vir energije za mišične celice je ATP, ki ob hidrolizi enega mola sprosti nekaj deset kJ energije, odvisno od biokemijskih razmer v celi (1).

Zaradi povečanih energetske potreb se med telesnim naporom pospeši nastajanje ATP-ja v aktivnih skeletnih mišičnih celicah. Glede na metabolno pot, po kateri ATP nastaja, ločimo mitohondrijski (aerobno nastali) ATP in nemitohondrijski (anaerobno nastali) ATP. Telesno aktivnost, kjer energija nastaja pretežno po anaerobni poti, imenujemo anaerobna vadba, in aktivnost, ki je vezana na aerobni metabolizem, aerobna vadba.

Na kakšen način bo v mišični celici med telesnim naporom nastajal ATP, je odvisno

od razpoložljivosti kisika in od vrste mišične celice. Skeletne mišične celice se ločijo po številu mitohondrijev in aktivnosti metaboličnih encimov. Glede na to ločimo:

- hitre, glikolitične (angl. *fast glycolytic*, FG),
- hitre, glikolitično-oksидativne (angl. *fast glycolytic-oxidative*, FGO) in
- počasne, oksidativne (angl. *slow oxidative*, SO) skeletne mišične celice.

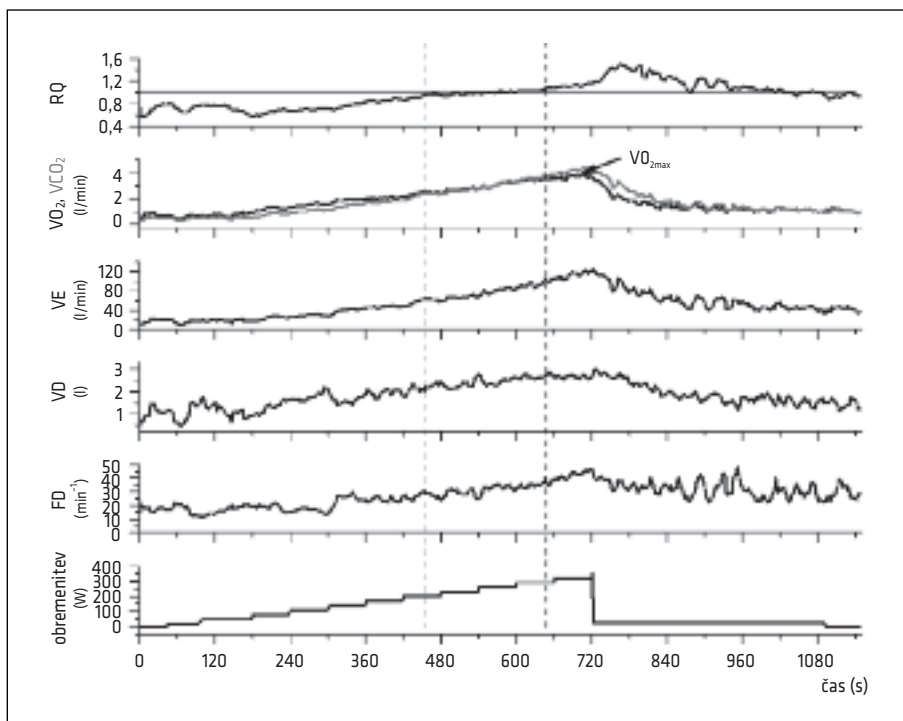
Razpoložljivost kisika v skeletnih mišičnih celicah se med telesnim naporom spreminja. Na začetku zmerne telesne vadbe je pretok krvi skozi aktivne mišice še enak kot v mirovanju. Tak pretok je premajhen, da bi zadovoljil povečane potrebe po kisiku, zato takrat celice delujejo v anaerobnih pogojih. V nekaj minutah se pretok krvi prilagodi povečanim potrebam in vzpostavi se novo ravnovesno stanje, ko je dotok kisika s krvjo enak njegovi porabi. K povečanju pretoka krvi skozi aktivno skeletno mišico

prispevata tako lokalno kot tudi sistemsko uravnavanje. Prvo je posledica zvišane koncentracije metabolitov v aktivni mišični celici, drugo pa je posledica fiziološkega odziva telesa na napor. Kadar je dotok kisika enak njegovi porabi, lahko telesna vadba traja dlje časa, tudi več ur. Če obremenitev stopnjujemo, poraba kisika (VO_2) narašča (slika 1). Ko napor terja več kisika, kot smo ga z vsemi prilagoditvami sposobni spraviti do aktivnih mišičnih celic, začne delež ATP-ja nastajati po anaerobni poti. Pravimo, da je dosežen anaerobni prag. Če napor večamo preko anaerobnega praga, se delež anaerobno nastalega ATP-ja povečuje. Ko dosežemo maksimalno porabo kisika (VO_{2max}), energija za vsako nadaljnjo, večjo obremenitev, nastaja le še anaerobno (slika 1). Rav-

novesnega stanja ne moremo več vzdrževati, lokalno v mišici in sistemsko v telesu pride do utrujenosti. Običajno zaradi občutka izčrpanosti s telesno aktivnostjo prenehamo že, preden dosežemo VO_{2max} .

TELESNA VADBA V ANAEROBNIH RAZMERAH

Vadba v anaerobnih pogojih je po eni strani omejena s količino dostopnih anaerobnih virov energije v mišični celici (zaloge ATP ($5 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ mišične mase) in kreatinfosfata (angl. *creatine phosphate*, CP) ($25 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ mišične mase)). Po drugi strani pa anaerobna razgradnja glukoze, ki je je na voljo dovolj, spremeni razmere v mišični celici tako, da se proces ustavi oziroma spremeni v aerobnega (2).



Slika 1. Spreminjanje respiratornega količnika (angl. *respiratory quotient*, RQ), porabe kisika (VO_2), izločanja ogljikovega dioksida (VCO_2), pljučne ventilacije (angl. *ventilation*, VE), dihalnega volumna (VD) in frekvenca dihanja (FD) med stopnjevanim telesnim naporom (obremenitev) po protokolu 25 W vsako minuto do izčrpanosti in po končanem naporu pri mladem zdravem športniku. S puščico je označena maksimalna poraba kisika (VO_{2max}), črtkani črti pa označujeta območje respiratornega količnika okoli 1.

Kadar je napor tako velik, da je metabolizem ves čas vadbe pretežno anaeroben (npr. pri šprintu na 100 m), je vadba časovno omejena na 60–90 sekund (3). Mišična kontrakcija poteka predvsem v FG-vlaknih, je hitra, pospeški pri gibanju so veliki. Svetovni rekorderji v šprintu dosegajo pospeške do okoli 9 m/s^2 in hitrosti teka preko 12 m/s , pri čemer koncentracija laktata v njihovi krvi dosega vrednosti do 30 mmol/l (4).

Med anaerobno vadbo se hitro pojavi mišična oslabeledost, mišična kontrakcija je počasnejša, mišično delo manjše. Razlog za tako hiter pojav mišične oslabeledosti je zmanjšana aktivnost fosfofruktokinaze, encima, ki odločilno vpliva na hitrost razgradnje glukoze do piruvata in s tem na nastajanje ATP. Aktivnost tega encima se zmanjša zaradi znižanja pH v mišični celici, glikoliza se celo popolnoma ustavi pri $\text{pH} = 6,4$ (5).

Zvišana koncentracija ionov H^+ v mišični celici vpliva tudi na samo kontrakcijo. Ioni H^+ v citosolu zmanjšajo difuzijo ionov Ca^{2+} v mišični celici. Ker se manj Ca^{2+} veže na troponin C, se sprostijo manj aktivnih mest na aktinu, vzpostavi se manj prečnih povezav med aktinom in miozinom, krčenje mišice je slabše (5).

Vrednost pH v mišični celici pada vedno, kadar večina ATP-ja nastaja izven mitohondrijev. Ob nemitohondrijski sintezi ATP-ja se v citosol sproščajo protoni, ki se v aerobnih pogojih porabljajo v procesu oksidativne fosforilacije na mitohondrijski membrani, v anaerobnih pogojih pa predstavljajo presežek protonov v celici. Ti se deloma nevtralizirajo pri vezavi s celičnimi pufri, deloma pa preko sarkoleme prehajajo v kri, celični pH se niža. V takšnih pogojih v celicah nastaja laktat.

Nastajanje laktata je edina metabolna pot v anaerobnih razmerah, po kateri se iz citosola odstranjuje piruvat, ki je končni produkt anaerobnega metabolizma (6). Hkrati se pri nastajanju laktata iz piruvata sprošča v citosol nikotinamidadenin dinukleotid (NAD), ki je nujen za nadaljnjo

nemoteno glikolizo (6). Če bi koncentracija piruvata v celici preveč narasla, bi se anaerobni metabolizem ustavil in celica na noben način ne bi več mogla proizvajati energije. V tej luči je laktat koristen za aktivno mišično celico in je samo kazalec celične acidoze in ne njen povzročitelj (6–8).

Protoni in laktat, ki se kopičijo v mišični celici med anaerobnim metabolizmom, se iz nje izplavljajo v kri. Prenos protonov preko sarkoleme poteka na več načinov (9):

- kontratransport $\text{H}^+ - \text{Na}^+$,
- kontratransport $\text{Cl}^- - \text{HCO}_3^-$ in
- kotransport H^+ z laktatom.

Slednji je hkrati glavni mehanizem izmenjave laktata preko celične membrane mišičnih celic in preko mitohondrijske membrane (10). Kotransport H^+ -laktat poteka preko monokarboxilatnih prenašalcev (angl. *monocarboxylate transporter*, MCT), ki se pojavljajo v več izoformnih oblikah (11). Najpomembnejša za prenos med mišično aktivnostjo sta MCT1 in MCT4 (11). Prvi je prisoten zlasti v membrani oksidativnih skeletnih mišičnih celic, srčnih mišičnih celic in v notranji mitohondrijski membrani ter ima veliko afiniteto za laktat (10). Pomemben je za privzem laktata iz krvi v citosol omenjenih mišičnih celic ter iz citosola v mitohondrije, kjer služi kot aerobno gorivo (12). Drugi je bolj izražen v glikolitičnih skeletnih mišičnih celicah, ima veliko kapaciteto za prenos in glavno vlogo pri izplavljanju H^+ in laktata iz aktivnih glikolitičnih mišičnih celic (11). Laktat se tako izmenjuje med aktivnimi glikolitičnimi in oskidativnimi mišičnimi celicami v soseščini, po krvi pa potuje do srca in neaktivnih mišic in je najpomembnejše aerobno gorivo med submaksimalnim naporom (13). Na primer, maratonski tek je povezan z visoko aktivnostjo tako glikolitičnih kot oksidativnih presnovnih poti, laktat pa je glavni vezni člen med njima.

Med stopnjevanim telesnim naporom se pri nizkih obremenitvah koncentracija lak -

tata v krvi skoraj ne spreminja. Ko pa napor doseže anaerobni prag, njegova koncentracija v krvi začne naraščati. Pravimo tudi, da smo dosegli laktatni prag (angl. *lactate threshold*, LT). Tudi napor nad LT lahko vzdržujemo dlje časa, saj koncentracija laktata doseže ravnovesno stanje (14). Kolikor laktata se izloči v kri, toliko se ga tudi porabi, saj ni le odvečen produkt anaerobnega metabolizma, ampak služi kot aerobno gorivo skeletnim in srčnim mišičnim celicam. Delež njegove porabe v procesu tvorbe energije za mišično delo se ob redni vadbi celo poveča (15). Služi tudi kot anaerobno gorivo eritrocitom, za energijo pa ga uporabljajo tudi možgani, saj prehaja krvno-možgansko pregrado (16). Laktat deluje tudi kot signalna molekula, ki pospešuje angiogenezo in proliferacijo mitohondrijev v aktivnih skeletnih mišičnih celicah ter zavre lipolizo in porabo glukoze (15, 17, 18).

Če je napor tako velik, da so vse poti porabe laktata v telesu zasičene, njegova koncentracija v krvi ne doseže več ravnovesja, ampak začne naglo naraščati. Tedaj presežemo najvišjo ravnovesno koncentracijo laktata v krvi (angl. *maximal steady state lactate*, MSSL) (tudi LT 2). Vrednost MSSL je močno odvisna od treniranosti in lahko znaša 2–8 mmol/l kapilarne krvi (19). MSSL z vzdržljivostnim treningom narašča, domnevno zaradi od napa odvisne povečane sinteze MCT1 v aktivnih mišičnih celicah (19). Laktat ne povzroča mišične oslabelosti, niti ne odložene mišične bolečine, povezane s telesno aktivnostjo (5).

Laktat, ki ostaja v krvi po koncu telesnega napora, se metabolizira v jetrih v procesu glukoneogeneze in tako dograjuje telesne energetske rezerve. Kroženje laktata v telesu sta že pred več kot 50 leti prva opisala Gerty in Carl Cori, od tod tudi ime Corijev cikel:

- nastanek laktata v mišični celici,
- izplavljanje v kri,
- pretvorba v glukozo v jetrih in
- njena poraba v mišičnih celicah.

Zakonca Cori sta za svoje delo na področju razgradnje glikogena leta 1947 dobila tudi Nobelovo nagrado.

Z rednimi, dovolj intenzivnimi treninami lahko dosežemo dvoje (15, 19–21):

- izboljšamo porabo laktata za mišično delo ter s tem premikamo LT in MSSL k večjim naporom in
- povečamo toleranco na znižan pH tako v mišičnih celicah, kjer se poveča pufrska kapaciteta, kot v celem telesu.

PORABA KISIKA IN NASTAJANJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA MED STOPNJEVANIM TELESNIM NAPOROM

Na kakšen način se naše telo prilagaja naporu, bomo spremljali na podlagi meritve VO_{2max} pri zdravem, mladem športniku, sicer študentu medicine. Meritve VO_{2max} izvajamo bodisi na sobnem kolesu ali pa na tekoči preprogi s spremenljivim naklonom. Vsaka od metod ima svoje prednosti in slabosti. Sobno kolo zavzema manj prostora, obremenitev lahko točneje definiramo, je pa gibanje na njem manj naravno. Na sobnem kolesu izmerimo 5–11 % nižji VO_{2max} (22). Tudi protokoli obremenitve so različni. Po navadi uporabljamo stopnjevano obremenitev, kar pomeni, da obremenitev povečujemo v korakih po 5–25 W v določenih časovnih intervalih (vsako minuto ali vsake tri minute) do izčrpanja. Lahko pa uporabimo eno samo, visoko obremenitev, ki se ne spreminja do izčrpanosti preiskovanca.

Preiskovanec preko pritrjene nosno-ustne maske diha v sistem za merjenje pretoka zraka, zrak pa usmerimo še skozi plinski analizator. Na ta način spremljamo spremembe dihanja med naporom, VO_2 in izločanje ogljikovega dioksida (VCO_2). Na Inštitutu za fiziologijo Medicinske fakultete v Ljubljani uporabljamo sobno kolo Ergoline 900 v povezavi z napravo *Quark Cardio Pulmonary Exercise Testing* (CPET) COSMED, ki nam poleg omenjenega omogoča še spremljanje srčne frekvence (SF)

med vadbo ter utripnega volumna srca (UV), ki se določa po Stringerjevi metodi (23). Ta metoda temelji na predpostavki, da se med stopnjevanim telesnim naporom arteriovenska razlika krvi za kisik ($avDO_2$) povečuje linearno z VO_2 , izraženo v odstotkih glede na VO_{2max} . Ker je VO_2 produkt $avDO_2$ in minutnega volumna srca (MVS), lahko iz izmerjenega VO_2 in predvidene spremembe $avDO_2$ določimo spremembo MVS. Ker hkrati izmerimo SF, lahko tako spremljamo tudi spremembe UV.

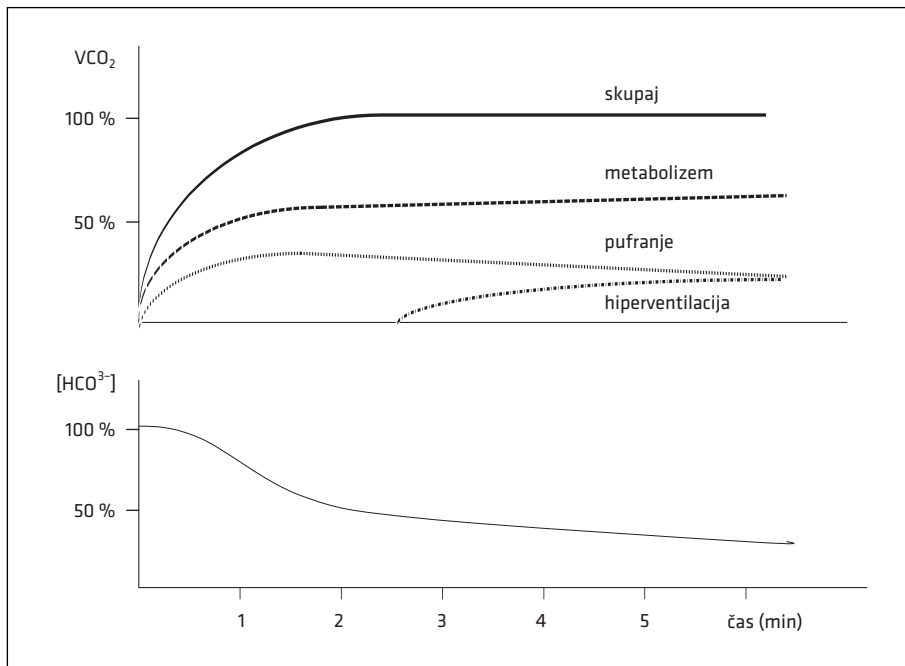
Rezultati meritve na našem preiskovanca ob stopnjevanem naporu v korakih po 25 W vsako minuto do izčrpanja so prikazani na sliki 1.

S stopnjevano obremenitvijo se večja VO_2 v telesu, dokler ne dosežemo VO_{2max} , ki jo preiskovanec zmore (slika 1). VO_{2max}

je odvisna od spola in starosti preiskovanca in se spreminja s treniranostjo. Za starost našega preiskovanca (22 let) lahko pričakujemo VO_{2max} od manj kot 25 pa do več kot 52 ml kisika/(kg · min), prvo v primeru zelo slabe in drugo ekstremno dobre telesne pripravljenosti (24). Našemu preiskovancu smo izmerili $VO_{2max} = 50$ ml/(kg · min), kar kaže na njegovo izjemno dobro telesno pripravljenost.

Hkrati z večanjem VO_2 se povečuje tudi VCO_2 , ki ga izločimo z dihanjem (slika 1). Da telo med naporom lahko izmenja več omenjenih plinov na časovno enoto, se mora povečati pljučna ventilacija. Ta s stopnjevanim naporom narašča tako zaradi višje frekvence dihanja (FD) kot tudi zaradi večjega dihalnega volumna (DV) (slika 1).

Razmerje med VCO_2 in VO_2 imenujemo respiratorni količnik (angl. *respiratory quo-*



Slika 2. Izločanje CO_2 (VCO_2) z dihanjem (v % največjega izločanja) in padanje koncentracije bikarbonata (HCO_3^-) v krvi (v % najvišje koncentracije) med hudim telesnim naporom. K izločanju CO_2 (sklenjena krivulja, označena s »skupaj«) prispevajo od porabe kisika odvisen del (črtkana krivulja, označena s »metabolizem«), prispevek zaradi pufranja ionov H^+ z bikarbonatom (pikčasta krivulja označena, s »pufranje«) in prispevek zaradi direktnega vpliva ionov H^+ na dihanje (krivulja črta-pika-črta, označena s »hiperventilacija«) (25).

tient, RQ). Med telesnim naporom je nastajanje CO_2 povezano s tremi mehanizmi, ki se med seboj prepletajo (25):

- aerobno (od kisika odvisno) nastajanje CO_2 , ki je posledica oksidativne razgradnje goriv v celicah in je zato povezano z VO_2 . Razmerje VCO_2 in VO_2 je odvisno od tipa goriva, ki se pri naporu razgrajuje. Če se razgrajujejo ogljikovi hidrati, je razmerje enako 1, če se razgrajujejo maščobe, je razmerje okoli 0,7 (glede na vrsto maščob), proteini pa se pri kratkotrajnih naporih po navadi ne razgrajujejo,
- od kisika neodvisno nastajanje CO_2 zaradi pufranja ionov H^+ z bikarbonatnim pufrom v krvi in
- od kisika neodvisno nastajanje CO_2 zaradi hiperventilacije.

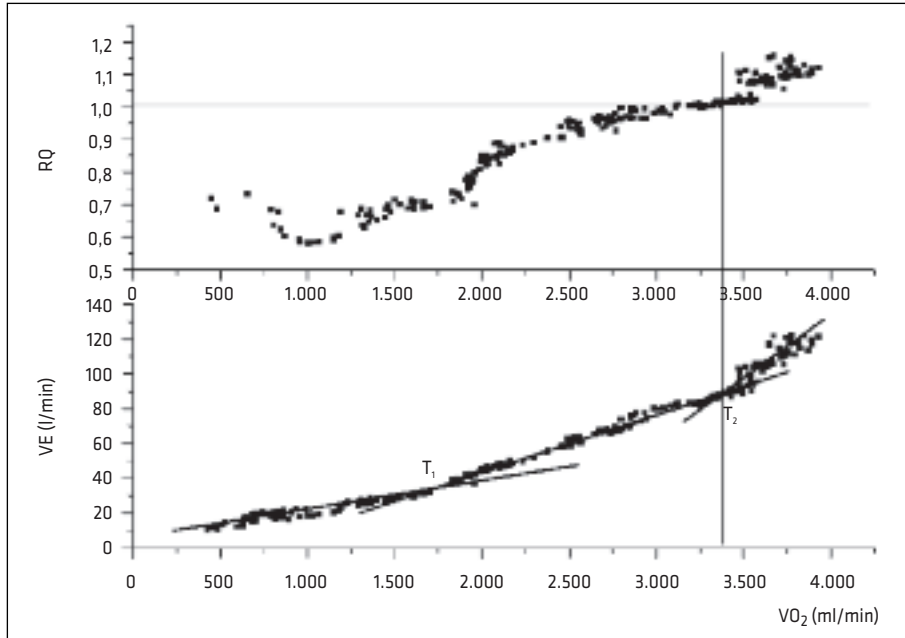
Prispevki vsakega od treh mehanizmov k VCO_2 so odvisni od stopnje in trajanja napora. Slika 2 prikazuje prispevke posameznih mehanizmov k VCO_2 v odvisnosti od časa pri nenadni zelo hudih telesnih obremenitvi skupaj s spreminjanjem koncentracije bikarbonata v arterijski krvi.

Ker se med telesnim naporom VCO_2 in VO_2 povečujeta večinoma neodvisno, se tudi vrednost RQ med stopnjevanim naporom spreminja (slika 1). Kot vidimo na sliki 1, je pri nizkih in zmernih naporih RQ nizek, vadeči presnavlja v večji meri maščobe in deloma ogljikove hidrate. Ko se napor stopnjuje, se metabolizem preklaplja v smer razgradnje ogljikovih hidratov, ki pri hudih telesnih naporih postajajo edini vir energije, hkrati pa VCO_2 narašča zaradi od kisika neodvisnih mehanizmov (območje med črtkanima črtama na sliki 1, RQ ~ 1). Pri skrajnih naporih RQ naraste preko 1. Kmalu potem se zaradi izčrpanosti vadba konča. Občutek izčrpanosti je odvisen od tolerance telesa na spremenjeno kislinsko-bazno stanje. Po priporočilih naj bi pri merjenju $\text{VO}_{2\text{max}}$ obremenitev končali, ko RQ doseže vrednost 1,15 (26).

VENTILACIJA MED TELESNO VADBO

Ventilacija med telesnim naporom je odvisna od metabolizma, ki poteka v telesu. Slika 3 prikazuje odvisnost pljučne ventilacije od VO_2 v območju od mirovanja do $\text{VO}_{2\text{max}}$. Vrednosti so navedene v tabeli 1. Pri zmernih telesnih naporih (do 55 % $\text{VO}_{2\text{max}}$) pljučna ventilacija narašča premo sorazmerno z VO_2 . Razmerje, ki pove, koliko litrov zraka moramo predihati za porabo enega litra kisika, imenujemo ventilacijski ekvivalent (VEq), ki pri zdravih odraslih znaša okoli 25 l predihanega zraka na l VO_2 (27). VEq je merilo učinkovitosti dihanja.

Ko se napor in z njim VO_2 stopnjujeta, v mišičnih celicah vse večji del energije nastaja anaerobno, tako da se v kri izplavljata laktat in H^+ . Zaradi pufranja H^+ z bikarbonatnim pufrom se poveča VCO_2 . Delni tlak CO_2 (pCO_2) v krvi narašča in kot glavni regulator dihanja še dodatno poveča ventilacijo. Ta začne naraščati strmeje (območje med točkama T_1 in T_2 , slika 3), VEq se poveča na 40 l predihanega zraka na l VO_2 (24). Glede na potek aerobnega metabolizma je tako dihanje manj učinkovito. Točko preloma T_1 imenujemo ventilacijski prag. Ventilacijski prag običajno sovpada z laktatnim pragom in nakazuje začetek anaerobnega metabolizma. Če še stopnjujemo napor, se v točki T_2 , ki ji pravimo točka respiratorne kompenzacije (tudi ventilacijski prag 2), pljučna ventilacija in z njo VEq začneta še hitreje povečevati (slika 3). Ta točka je povezana s padanjem pH krvi, ko je pufrska kapaciteta krvi izrabljena. Visoka koncentracija ionov H^+ dodatno spodbuja dihanje. Sprožijo se fiziološki mehanizmi kompenzacije metabolne acidoze, predvsem hiperventilacija (slika 2). Respiratorna kompenzacija običajno sovpada z naporom, pri katerem dosežemo MSSL. Če telesno aktivnost še stopnjujemo, se razmere v telesu spremenijo do te mere, da telesna aktivnost ni več mogoča.



Slika 3. Odvisnost pljučne ventilacije (angl. *ventilation*, VE) in respiratornega količnika (angl. *respiratory quotient*, RQ) od porabe kisika (VO_2) med stopnjevanim telesnim naporom po protokolu 25 W vsako minuto do izčrpanja: T_1 je ventilacijski prag in T_2 točka respiratorne kompenzacije. Črti kažeta razmere, ko je $RQ = 1$.

Tabela 1. Prikazane so vrednosti parametrov med ogrevanjem in pri doseženi maksimalni porabi kisika, relativna razlika eno minuto po koncu napora glede na ogrevanje ter relativna razlika eno minuto po koncu napora glede na maksimalni napor pri zdravem mladem preiskovancu. FD – frekvenca dihanja, DV – dihalni volumen, VE – pljučna ventilacija, VO_2 – poraba kisika, VCO_2 – izločanje ogljikovega dioksida, VO_2/kg – poraba kisika na kg telesne teže, RQ – respiratorni količnik, SF – srčna frekvenca, $pETCO_2$ – delni tlak ogljikovega dioksida na koncu izdiha, MET – metabolični ekvivalent, MVS – minutni volumen srca, UV – utripni volumen.

| | Ogrevanje | Maksimalni napor | Relativna razlika glede na ogrevanje (%) | Ena minuta po naporu | Relativna razlika glede na maksimalni napor (%) |
|---------------------------|-----------|------------------|--|----------------------|---|
| FD (min^{-1}) | 15 | 54 | 260 | 38 | -30 |
| DV (l) | 0,76 | 2,69 | 250 | 2,50 | -7 |
| VE (l/min) | 11,4 | 121,2 | 960 | 98,6 | -19 |
| VO_2 (ml/min) | 450 | 3.931 | 770 | 2.071 | -47 |
| VCO_2 (ml/min) | 328 | 4.443 | 1.250 | 3.097 | -47 |
| VO_2/kg (ml/(kg · min)) | 5,77 | 50,41 | 770 | 26,56 | -47 |
| RQ | 0,73 | 1,13 | 50 | 1,45 | 28 |
| SF (min^{-1}) | 86 | 186 | 120 | 170 | -9 |
| $pETCO_2$ | 34 | 42 | 20 | 36 | -14 |
| MET | 1,6 | 14 | 780 | 7,6 | -47 |
| MVS (l/min) | 6,45 | 23 | 220 | 18 | -22 |
| UV (ml) | 75 | 128 | 70 | 106 | -17 |

SRČNA AKCIJA MED TELESNIM NAPOROM

Ker VO_2 med stopnjevanim telesnim naporom narašča (slika 1, slika 4), se mora povečati tudi dotok kisika do tkiv. V povprečju je dotok kisika do tkiv produkt med MVS in $avDO_2$ (razlika med vsebnostjo kisika v arterijski in mešani venski krvi) (enačba 1):

$$VO_2 = MVS \cdot avDO_2 \quad (\text{enačba 1})$$

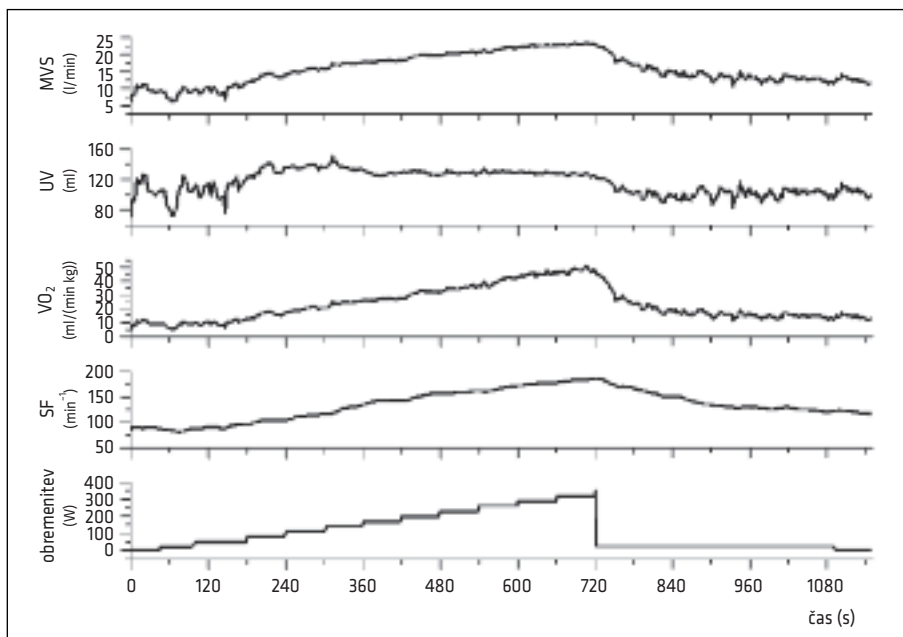
Dotok kisika se med telesnim naporom poveča tako na račun povečanega MVS (slika 4) kot tudi na račun povečane $avDO_2$. Slednja je posledica znižanja pO_2 v aktivnih skeletnih mišicah in premika disociacijske krivulje hemoglobina v spremenjenih pogojih, ki spremljajo telesno vadbo (28):

- zvišana temperatura,
- spremenjena koncentracija metabolitov,
- spremenjen pCO_2 in
- spremenjen pH krvi.

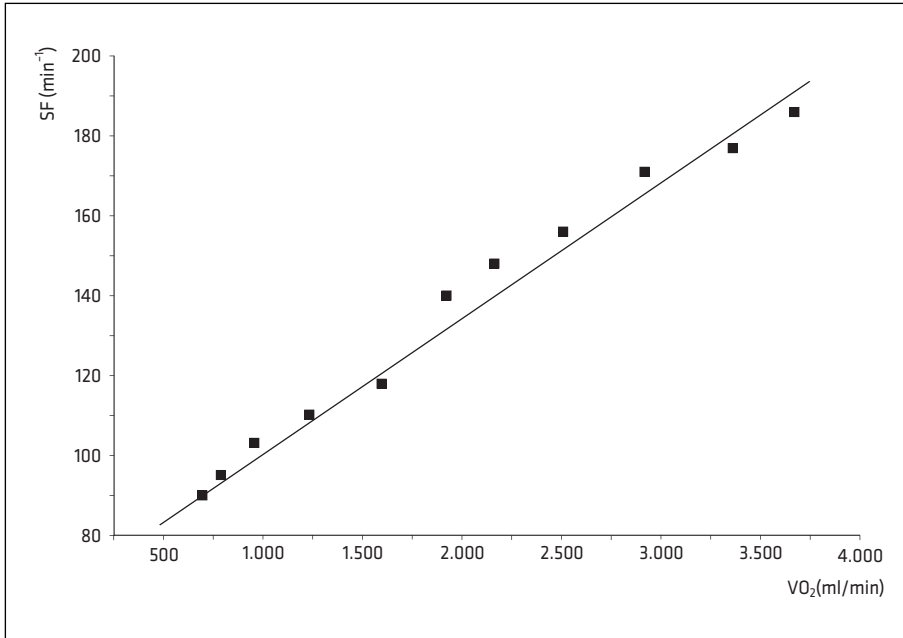
V mirovanju znaša $avDO_2$ 5 ml/100 ml krvi, pri hudih telesnih obremenitvah pa naraste tudi do 15 ml/100 ml krvi (29). Izplavljanje kisika s hemoglobina v aktivnih skeletnih mišicah, kjer hemoglobin lahko odda skoraj ves kisik, je še večje od te vrednosti (29).

MVS, ki je produkt SF in UV, med telesno aktivnostjo naraste, saj narasteta tako SF kot UV.

Spreminjanje omenjenih kazalcev srčne akcije med stopnjevano telesno obremenitvijo pri našem preiskovancu kaže slika 4. Če izvzamemo prvih 120 sekund meritve, ko je šlo še za ogrevanje preiskovanca, ugotovimo, da tako SF kot VO_2 s stopnjevanim naporom naraščata skoraj linearno, torej je tudi zveza med njima linearna: večja VO_2 , višja SF (slika 4, slika 5). Ker se SF meri bistveno enostavneje kot VO_2 , se danes prav zaradi te zveze kot kazalec stopnje napora uporablja kar SF (množična uporaba športnih ur za spremljanje vadbe).



Slika 4. Spreminjanje minutnega volumna srca (MVS), utripnega volumna srca (UV), porabe kisika na kg telesne mase (VO_2) in srčne frekvence (SF) med stopnjevanim telesnim naporom (obremenitev) po protokolu 25 W vsako minuto do izčrpanja in po končanem naporu pri mladem zdravem športniku.



Slika 5. Spreminjanje srčne frekvenca (SF) s porabo kisika (VO₂) med stopnjevanim telesnim naporom po protokolu 25 W vsako minuto do izčrpanja pri mladem zdravem športniku.

SF ima zgornjo mejo, ki ji pravimo maksimalna srčna frekvenca (SF_{max}). Na njeno vrednost vpliva v največji meri starost. Obstajajo številne formule za določanje SF_{max}. Za grobo oceno zadostuje enačba 2 (24):

$$SF_{\max} = 220 - \text{starost (leta)} \quad (\text{enačba 2})$$

SF_{max} je dosti manj odvisna od treniranosti kot VO_{2max}. S treniranostjo pada (30). Glede razlogov za to so mnenja deljena, kot možne mehanizme pa študije navajajo spremenjeno delovanje barorefleksa, spremenjeno aktivnost atrioventrikularnega vozla in zmanjšano gostoto adrenergičnih receptorjev β pri treniranih (31).

Naš preiskovanec je dosegel SF_{max} = 186/min. Po enačbi 2 je pričakovana vrednost 198/min, kar potrjuje njegovo treniranost (tabela 1).

UV med stopnjevanim telesnim naporom nekaj časa narašča, nato pa se ustali ali celo začne padati (slika 4). Relativno povečanje UV (ΔUV) je precej manjše od relativ-

nega zvišanja SF (ΔSF) pri VO_{2max} glede na vrednosti pri ogrevanju (ΔUV = 69 %, ΔSF = 120 %, tabela 1). Po Frank-Starlingovem zakonu je UV odvisen od polnitve prekatov. Z višanjem SF se diastola (del srčnega cikla, v katerem se srce polni s krvjo) skrajšuje in posledično se manjša polnitev srca. Kljub povečani krčljivosti prekatov se UV pri visokih SF ne more več povečevati (slika 4).

PORABA KISIKA IN NASTAJANJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA PO TELESNEM NAPORU

Po končanem naporu sta VO₂ in VCO₂ še nekaj časa precej povečana, prav tako pljučna ventilacija, FD in DV (slika 1). Vrednosti omenjenih količin v mirovanju in eno minuto po maksimalni porabi kisika so prikazane v tabeli 1.

Povečana VO₂ po naporu (angl. *excess post-exercise oxygen consumption*, EPOC) je kljub mirovanju nujna, da se telo povrne v fiziološko stanje, kakršno je bilo pred vadbo. EPOC gre na račun (32):

- povečanega metabolizma po naporu, ko je temperatura telesa še povišana,
- obnovitve zaloga ATP-ja v skeletnih mišičnih celicah, ki so bile aktivne,
- večje aktivnosti dihalnih mišic,
- obnovitve zaloga CP v skeletnih mišičnih celicah, ki so bile aktivne,
- oksigenacije mišičnega mioglobina,
- oksidativne razgradnje laktata in laktatne glukoneogeneze v jetrih in
- ponovnega uskladiščenja prostih maščobnih kislin, ki so se med naporom izplavile iz maščobnih celic v kri in se niso porabile v procesu oksidacije.

Vrednosti EPOC in njegovo trajanje sta odvisna od napora, dolžine in tipa vadbe ter treniranosti (33–35). Pri mladih zdravih preiskovancih so namerili vrednosti od 1,5 l pri nizkem do 30 l pri hudem telesnem naporu (33). Povečana VO_2 po končanem telesnem naporu lahko traja tudi do 10 ur, kadar so obremenitve velike (75 % VO_{2max}) (33). Pri aerobno trenirani in netrenirani osebi po enaki telesni obremenitvi EPOC ni statistično značilno različen, vendar povečana VO_2 pri netreniranih traja dlje (34). Trajanje povečane VO_2 po telesnem naporu je v klinični praksi kazalec za ocenjevanje srčnega popuščanja, povezano pa je s številnimi patološkimi procesi, kot so ishemijska srčna mišična, kronična obstruktivna pljučna bolezen,

sladkorna bolezen in obstruktivna spalna apnea (36, 37).

Hkrati je po končanem naporu povečano tudi VCO_2 (slika 1). Poleg zgoraj naštetega k temu prispeva še nadaljnje pufranje ionov H^+ , ki se izplavljajo iz mišičnih celic po koncu napora. Ta proces je počasen, zato se CO_2 po koncu napora izloča počasneje kot O_2 (34).

SRČNA AKCIJA PO TELESNEM NAPORU

Po končanem telesnem naporu se vsi parametri srčne akcije postopoma vračajo k mirovnim vrednostim. Hitrost umirjanja po naporu je odvisna od stopnje napora in od tega, ali po naporu mirujemo ali pa je počitek aktiven (38). Hitrost padanja SF po submaksimalnem telesnem naporu (napor pri 85 % VO_{2max}) se običajno vrednoti kot absoluten padec SF 60 sekund po naporu (angl. *heart rate recovery*, HRR_{60}). Je dober in enostavno merljiv pokazatelj treniranosti (39). Tipična vrednost HRR_{60} mladih zdravih športnikov je 41 ± 8 , nešportniki primerljive starosti pa imajo $HRR_{60} = 30 \pm 6$ (38). Na sliki 1 vidimo, da je SF našega preiskovanca po končanem naporu padala precej počasneje ($HRR_{60} = 16$) (tabela 1). Vzrok temu je, da smo našega preiskovanca obremenili do VO_{2max} in ne submaksimalno.

LITERATURA

1. Campbell NA. *Biology*, Benjamin Cummings Series in the Life Sciences. 1993; 97-101.
2. Bresjanac M, Rupnik M. Temelji fiziologije [internet]. 2011 [citirano 2014 Mar 14]. Dosegljivo na: http://www.mf.uni-mb.si/mf/instituti/fizio/Psihologija/Temelji_fiziologije.pdf
3. De Feo P, Di Loreto C, Lucidi P, et al. Metabolic response to exercise. *J Endocrinol Invest*. 2003; 26 (9): 851-4.
4. Krzysztof M, Mero A. A kinematics analysis of three best 100 m performances ever. *J Hum Kinet*. 2013; 36: 149-60.
5. Myers J, Ashley E. Dangerous curves. A perspective on exercise, lactate, and the anaerobic threshold. *Chest*. 1997; 111 (3): 787-95.
6. Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2004; 287 (3): R502-16.
7. Kemp G, Böning D, Beneke R, et al. Explaining pH change in exercising muscle: lactic acid, proton consumption, and buffering vs. strong ion difference. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2006; 291 (1): R235-7.
8. Böning D, Strobel G, Beneke R, et al. Lactic acid still remains the real cause of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2005; 289 (3): R902-3.
9. Bangsbo J, Juel C, Hellsten Y, et al. Dissociation between lactate and proton exchange in muscle during intense exercise in man. *J Physiol*. 1997; 504 (2): 489-99.
10. Thomas C, Bishop DJ, Lambert K, et al. Effects of acute and chronic exercise on sarcolemmal MCT1 and MCT2 contents in human skeletal muscles: current status. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2012; 302 (1): R1-14.
11. Bonen A. Lactate transporters (MCT proteins) in heart and skeletal muscles. *Med Sci Sports Exerc*. 2000; 32 (4): 778-89.
12. Cruz RS, de Aguiar RA, Turnes T, et al. Intracellular shuttle: the lactate aerobic metabolism. *ScientificWorldJournal*; 2012.
13. Emhoff CA, Messonnier LA, Horning MA, et al. Direct and indirect lactate oxidation in trained and untrained men. *J Appl Physiol (1985)*. 2013; 115 (6): 829-38.
14. Westhoff M, Rühle KH, Greiwing A, et al. Positional paper of the German working group »cardiopulmonary exercise testing« to ventilatory and metabolic (lactate) thresholds. *Dtsch Med Wochenschr*. 2013; 138 (6): 275-80.
15. Van Hall G. Lactate as a fuel for mitochondrial respiration. *Acta Physiol Scand*. 2000; 168 (4): 643-56.
16. Dienel GA. Brain lactate metabolism: the discoveries and the controversies. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2012; 32 (7): 1107-38.
17. Brucculeri S, Urso C, Caimi G. The role of lactate besides the lactic acidosis. *Clin Ter*. 2013; 164 (3): e223-38.
18. Brooks GA. Cell-cell and intracellular lactate shuttles. *J Physiol*. 2009; 587 (23): 5591-600.
19. Billat VL, Sirvent P, Py G, et al. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Med*. 2003; 33 (6): 407-26.
20. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med*. 2002; 32 (1): 53-73.
21. McMahon ME, Boutellier U, Smith RM, et al. Hyperpnea training attenuates peripheral chemosensitivity and improves cycling endurance. *J Exp Biol*. 2002; 205 (24): 3937-43.
22. Teodoru M, Teodoru A, Manitiu I. *Cardiopulmonary Exercise Testing – Complexity and Performance*. Acta Medica Transilvanica. 2013; 2 (2): 289-92.
23. Stringer WW, Hansen JE, Wasserman K. Cardiac output estimated noninvasively from oxygen uptake during exercise. *J Appl Physiol (1985)*. 1997; 82 (3): 908-12.
24. Astrand PO, Kaare R, Dahl HA, et al. In: *Textbook of work physiology*. 4th ed. Champaign: Human kinetics; 2003. p. 281-98.
25. Whipp BJ. Physiological mechanisms dissociating pulmonary CO₂ and O₂ exchange dynamics during exercise in humans. *Exp Physiol*. 2007; 92 (2): 347-55.
26. Howley ET, Bassett DR Jr, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc*. 1995; 27 (9): 1292-301.
27. Potočnik N, Lenasi H, Finderle Ž. Navodila za vaje iz fiziologije nabora s teoretičnimi osnovami. Ljubljana: Medicinska fakulteta, Inštitut za fiziologijo; 2013. p. 23-7.
28. Edwards RTH, Denison DM, Jones G, et al. Changes in mixed venous gas tensions at start of exercise in man. *J Appl Physiol*. 1972; 32: 165-9.

29. McArdle WD. Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance. Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p. 284–6.
30. Whyte GP, George K, Shave R, et al. Training induced changes in maximum heart rate. *Int J Sports Med.* 2008; 29 (2): 129–33.
31. Zavorsky GS. Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. *Sports Med.* 2000; 29 (1): 13–26.
32. LaForgia J, Withers RT, Gore CJ. Effects of exercise intensity and duration on the excess post-exercise oxygen consumption. *J Sports Sci.* 2006; 24 (12): 1247–64.
33. Bahr R, Sejersted OM. Effect of intensity of exercise on excess postexercise O₂ consumption. *Metabolism.* 1991; 40 (8): 836–41.
34. Gore CJ, Withers RT. The effect of exercise intensity and duration on the oxygen deficit and excess post-exercise oxygen consumption. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1990; 60 (3): 169–74.
35. Short KR, Sedlock DA. Excess postexercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. *J Appl Physiol (1985).* 1997; 83 (1): 153–9.
36. Ramos RP, Alencar MC, Treptow E, et al. Clinical usefulness of response profiles to rapidly incremental cardio-pulmonary exercise testing. *Pulm Med;* 2013.
37. Cohen-Solal A, Laperche T, Morvan D, et al. Prolonged kinetics of recovery of oxygen consumption after maximal graded exercise in patients with chronic heart failure. Analysis with gas exchange measurements and NMR spectroscopy. *Circulation.* 1995; 91 (12): 2924–32.
38. Barak OF, Ovcin ZB, Jakovljevic DG, et al. Heart rate recovery after submaximal exercise in four different recovery protocols in male athletes and non-athletes. *Sports Sci Med.* 2011; 10 (2): 369–75.
39. Danieli A, Lusa L, Potočnik N, et al. Resting heart rate variability and heart rate recovery after submaximal exercise. *Clin Auton Res.* 2014; 24 (1).

Helena Lenasi¹

Telesna dejavnost in termoregulacija

Physical Activity and Thermoregulation

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: termoregulacija, telesna dejavnost, vazodilatacija, znojenje, temperaturni prag

Med telesno dejavnostjo se v aktivnih mišicah močno poveča nastajanje toplote; telesna temperatura lahko naraste za dve ali celo več stopinj. Termoregulacija nam omogoča, da odvečno toploto oddamo v okolico. Osnovni fizikalni in fiziološki principi termoregulacije so podobni kot v mirovanju, obstaja pa nekaj razlik. Med telesno dejavnostjo termoregulatornim refleksom, ki večajo pretok krvi skozi kožo za ohranjanje ničelne bilance toplote, nasprotujejo netermoregulatorni refleksi, ki večajo pretok krvi skozi aktivne mišice in ohranjajo arterijski krvni tlak. Nasprotujoči si refleksi predstavljajo dodatno breme za srčno-žilni sistem. Zato je temperaturni prag, pri katerem se aktivirajo mehanizmi za oddajanje toplote, med aktivnostjo višji kot v mirovanju. Spremenjena je tudi občutljivost refleksov za oddajanje toplote, ponazorjena s strmino krivulje odnosa med temperaturo jedra telesa in pretokom krvi v koži oz. znojenjem. Glede na mirovanje je zmanjšan največji možni pretok krvi v koži. Glavna mehanizma za oddajanje toplote med telesno vadbo sta zmanjšana upornost arteriol v koži in s tem povečan pretok krvi ter znojenje, zaradi povečanega minutnega volumna srca je povečan tudi konvektivni tok toplote v telesu. Z znojenjem izgubljammo vodo in elektrolite, ki jih je treba med dalj časa trajajočo vadbo nadomeščati. Težave pri ohranjanju telesne temperature lahko nastopijo pri visoko intenzivni vadbi ter izredno visokih temperaturah in vlažnosti okolja, ko lahko pride do hipertermije in/ali hipotenzije in hipovolemičnega šoka. Z redno telesno aktivnostjo se fiziološki mehanizmi za oddajanje toplote spremenijo – vrhunski športniki razvijejo mehanizme, ki omogočajo bolj optimalno oddajanje toplote.

ABSTRACT

KEY WORDS: thermoregulation, physical activity, vasodilation, sweating, temperature threshold

During physical exercise, the production of heat in the working skeletal muscles increases tremendously, inducing an increase in core temperature, which can increase for up to two degrees or more. Thermoregulatory reflexes are activated to eliminate excess heat to the environment. Thermal balance is maintained by a combination of physical and physiological mechanisms similar to those in resting conditions but with a few important differences. During exercise, the cardiovascular system is subjected to opposing thermoregulatory and nonthermoregulatory responses, where the latter increase the blood flow through the working skeletal muscles and maintain appropriate blood pressure and the former increase skin blood flow to eliminate heat. The temperature threshold to induce vasodilation in the skin and sweating is increased and the sensitivity of the responses

¹ Doc. dr. Helena Lenasi, Inštitut za fiziologijo, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Zaloška cesta 4, 1000 Ljubljana; helena.lenasi.ml@mf.uni-lj.si

for heat elimination is changed, which is represented by the skin blood flow rate of change as a function of internal temperature. In addition, the maximal skin blood flow is lowered. The main mechanisms for heat elimination are increased skin blood flow due to increased vascular conductance and sweating, along with increased convective heat transfer in the body due to increased cardiac output. Prolonged sweating results in the loss of electrolytes and water that need to be appropriately replaced. Furthermore, high intensity exercise in extremely hot and humid environment can lead to hyperthermia, hypovolemia and shock. Professional athletes develop mechanisms that enable more optimal heat elimination during exercise.

UVOD

Ker je človek homeotermno bitje, svojo telesno temperaturo vzdržuje v razmeroma ozkih mejah, ne glede na velika temperaturnih nihanja okolja na eni strani in spremenljivo nastajanje toplote v telesu na drugi strani. Termoregulacija vključuje refleksne mehanizme, ki omogočajo, da v telesu vlada ničelna bilanca toplote. To pomeni, da je oddajanje toplote v okolico enako nastajanju toplote, kar omogoča ohranjanje stalne telesne temperature.

Med telesno dejavnostjo, predvsem pri dinamični srednje do visoko intenzivni vadbi, v aktivnih skeletnih mišicah zaradi povečane oksidacije hranil za pridobivanje ATP močno naraste proizvodnja toplote (1, 2). Medtem ko mišice v mirovanju porabijo približno 1,5 ml kisika/min/kg telesne teže, lahko poraba kisika med intenzivno telesno aktivnostjo naraste do 150 ml/min/kg (1, 3, 4). Ker se pri reakcijah razgradenj v telesu okrog 80 % kemijske energije sprosti v obliki toplote, se med telesno aktivnostjo mišice močno segrevajo. Proizvodnja toplote pri sedečem človeku znaša okoli 70 W ($\text{kg} \times \text{m}^2/\text{s}^3$), med srednje intenzivno telesno vadbo pa lahko naraste na 1.000 W (1, 4, 5). Taka toplotna obremenitev bi približno vsi 8 minut povzročila povišanje temperature jedra telesa za približno 1 °C, če ne bi imeli razvitih ustreznih termoregulatornih mehanizmov (6). Telesna vadba bi bila tako omejena zgolj na 15–20 minut, saj bi zaradi hipertermije hitro prišlo do utrujenosti.

Količina sproščene toplote na časovno enoto je odvisna od intenzivnosti in trajanja telesne obremenitve. Pokazali so, da na začetku zmerne vadbe temperatura v mišicah zaradi povečanega nastajanja toplote narašča približno 1 °C/min, mišice se torej hitro segrevajo (1, 4). Zato nastane temperaturni gradient med mišičnim tkivom in krvjo, kjer je temperatura okoli 37 °C. Toplota s prevajanjem prehaja iz mišic v kri. Hkrati se zaradi nevrogenih in lokalnih mehanizmov močno poveča pretok krvi skozi aktivne mišice, lahko do 20-krat glede na mirovanje (1, 2, 4, 5). Večja konvekcija zaradi povečanega minutnega volumna srca večja temperaturni gradient med mišicami in krvjo, zato je prehajanje toplote iz mišic v kri dodatno povečano – kmalu se ustvari novo ravno težno stanje, ko temperatura v mišicah ne narašča več. Ker kri s povišano temperaturo kroži po telesu, naraste temperatura v notranjosti telesa (temperatura jedra telesa), kar zaznajo centralni termoreceptorji (1). Aktivirajo se termoregulatorni refleksi, ki omogočajo povečan pretok toplote iz jedra telesa na periferijo, kjer govorimo o temperaturi plašča. Toplota zaradi temperaturnega gradienta torej prehaja od notranjosti telesa do periferije, od koder prehaja v okolico (3, 4).

Nazadnje omenimo še vpliv vrste hranil, ki se oksidirajo, saj imajo različna hranila različne vrednosti kaloričnega ekvivalenta. Kalorični ekvivalent je merilo za toploto, ki se sprosti pri popolni oksidaciji snovi na

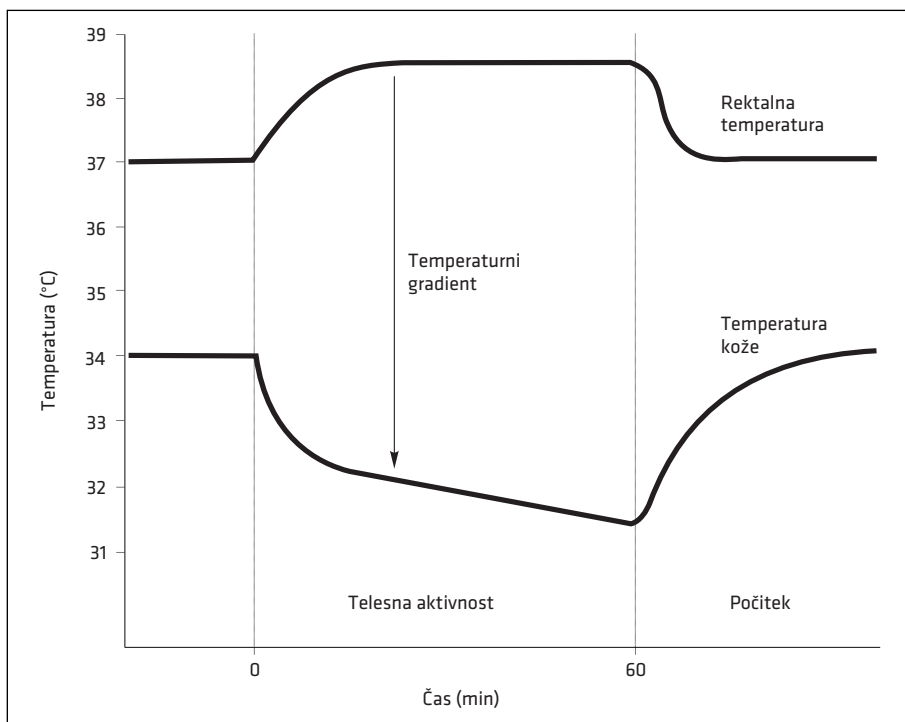
liter porabljenega kisika. Molekule ogljikovih hidratov so od vseh hranil najbolj oksidirane; imajo torej najvišjo vrednost kaloričnega ekvivalenta, saj je treba za popolno oksidacijo enake količine dovajati najmanj kisika glede na ostala hranila, ki so manj oksidirana (3, 4). Pri visoko intenzivni vadbi se razgrajujejo pretežno ogljikovi hidrati (1, 3, 4, 7). Lahko pa izračunamo, da je vpliv vrste hranil na nastanek toplote zanemarljiv.

IZMENJAVA TOPLOTE MED TELESOM IN OKOLICO

Med telesno dejavnostjo je treba za vzdrževanje ničelne bilance toplote povečati oddajanje toplote iz telesa (slika 1). Toplotni tok med telesom in okolico je odvisen od temperaturnega gradienta med telesom in oko-

lico ter od toplotne prevodnosti tkiv (1, 3). Na toplotno prevodnost lahko deloma zavestno vplivamo z uravnavanjem oblačjenja, saj se informacije o spremenjeni temperaturi razen v nadzorni center za uravnavanje temperature prevajajo tudi v senzorični predel možganske skorje, torej jih zavestno zaznamo (3). To igra pomembno vlogo med telesno dejavnostjo v okoljih z različnimi temperaturami.

Hitrost prehajanja toplote iz jedra na površino telesa oz. kožo je odvisna od temperaturnega gradienta med jedrom telesa in kožo ter od pretoka krvi, torej minutnega volumna srca, ki je med telesno aktivnostjo povečan (2, 5). Hitrost pretoka toplote s kože v okolico pa je odvisna od pretoka krvi skozi kožo in od temperaturnega gradienta med površino telesa in okolico, torej



Slika 1. Spreminjanje telesne temperature in temperature kože med vadbo in po njej. Graf prikazuje spreminjanje rektalne temperature in temperaturo kože (povprečje izmerjenih temperatur na več mestih na koži) v mirovanju, med 60-minutnim tekom ter po vadbi (počitek). Oddajanje toplote (toplotni tok) iz telesa je odvisno od temperaturnega gradienta med jedrom telesa in površino telesa (7).

tudi od toplotnih razmer okolja in od gibanja zraka v okolju. Le majhen del toplote se v okolico odda preko dihal.

Ker je pri človeku težko neposredno meriti temperaturo jedra telesa, jo najpogosteje ocenjujemo z merjenjem temperature na bobniču (timpanično), v zadnjiku (rektalno) ali požiralniku (ezofagealno) s sondami, posebej prilagojenimi za določen predel (8–11). V mirovanju je temperatura jedra okoli 37 °C, med telesno aktivnostjo pa naraste na 39 °C ali celo višje (1, 3, 5, 7, 8). Proti periferiji telesa se temperatura znižuje in je najnižja na koži. Posamezni predeli kože imajo zelo različne temperature, nihanja so lahko tudi nekaj stopinj (28–34 °C): najvišja temperatura je na koži trupa, nižja na okončinah, najnižja pa na akralnih delih, to so prsti, nos in ušesne mečice (5, 8, 12–14). Temperatura kože je pogojena s temperaturo okolice in z upornostjo arteriol v koži; upornost določa pretok krvi skozi kožo in s tem konvektivni tok toplote (8–10).

Toploto iz telesa v okolico oddajamo na štiri fizikalne načine: s sevanjem (radiacijo), prevajanjem (kondukcijo), prenašanjem (konvekcijo) in izhlapevanjem (evaporacijo). Kondukcija toplote je odvisna od temperaturnega gradienta med dvema mestoma in toplotne prevodnosti, konvekcija pa od toka konvektivnega sredstva, v telesu torej pretoka krvi. Fiziološki mehanizmi uravnavajo deleže oddane toplote glede na potrebe. Deleži oddane toplote s posameznim mehanizmom so odvisni od tega, ali mirujemo ali smo telesno dejavni ter tudi od temperature okolja in gibanja zraka v okolju. V mirovanju največ toplote, okrog 60 %, oddamo s sevanjem, okoli 20 % pa z izhlapevanjem vode, ki je pretežno pasivno (1, 3, 15). Med telesno dejavnostjo močno naraste oddajanje toplote z izhlapevanjem, predvsem na račun aktivnega znojenja. Pri visokih temperaturah okolja, ko ni temperaturnega gradienta med telesom ali okolico oz. ima gradient drugo smer, je znojenje edini način oddajanja toplote. Pri izhlape-

vanju se toplota porablja za prehod vode iz tekočega v plinasto agregatno stanje: na 1 ml izločenega znoja oddamo približno 2,43 kJ oz. 0,58 kcal toplote (1, 3, 7). Znojenje ni več učinkovito v zelo vlažnem okolju, saj je za nemoteno izhlapevanje vode s površine telesa nujen gradient delnega tlaka vodne pare med površino telesa in okolico (1, 7).

TERMOREGULACIJA MED TELESNO AKTIVNOSTJO SE RAZLIKUJE OD TERMOREGULACIJE V MIROVANJU

Tako kot v mirovanju tudi med telesno dejavnostjo homeostazo temperature vzdržujemo refleksno s klasično negativno povratno zanko, katere glavni elementi so nadzorni center (v hipotalamusu), senzorji za temperaturo (periferni termoreceptorji v koži in centralni v hipotalamusu) in efektorji (arteriole v koži, žleze znojnice). Termorefleksi vključujejo fiziološke mehanizme, ki preko nadzornega centra spodbujajo ali zavirajo delovanje efektorjev, in tako popravljajo motnjo, to je v primeru telesne aktivnosti povišano telesno temperaturo.

Zanimivo je, da se mehanizmi za povečano oddajanje toplote aktivirajo že na začetku telesne dejavnosti, še preden temperatura jedra naraste, torej neodvisno od termoregulatornih refleksov. Te pobude najverjetneje izvirajo iz možganske skorje (v angleščini jih opredelijo z izrazom *central command*) (8, 16). Táko aktivacijo efektorskih mehanizmov, ki je neodvisna od informacij o spremenjeni temperaturi iz termoreceptorjev, opisujejo predvsem pri znojenju (16).

Med telesno dejavnostjo sta prisotni nasprotujoči si zahtevi skeletnih mišic in srca po povečanem pretoku krvi zaradi potreb po energiji ter kože zaradi povečanih potreb po oddajanju toplote. Poleg termoregulatornih je med telesno dejavnostjo in tudi po njej aktivnih še več netermoregulatornih refleksov (2, 8, 11, 17, 18). Med vadbo so to predvsem metabo- in mehano-

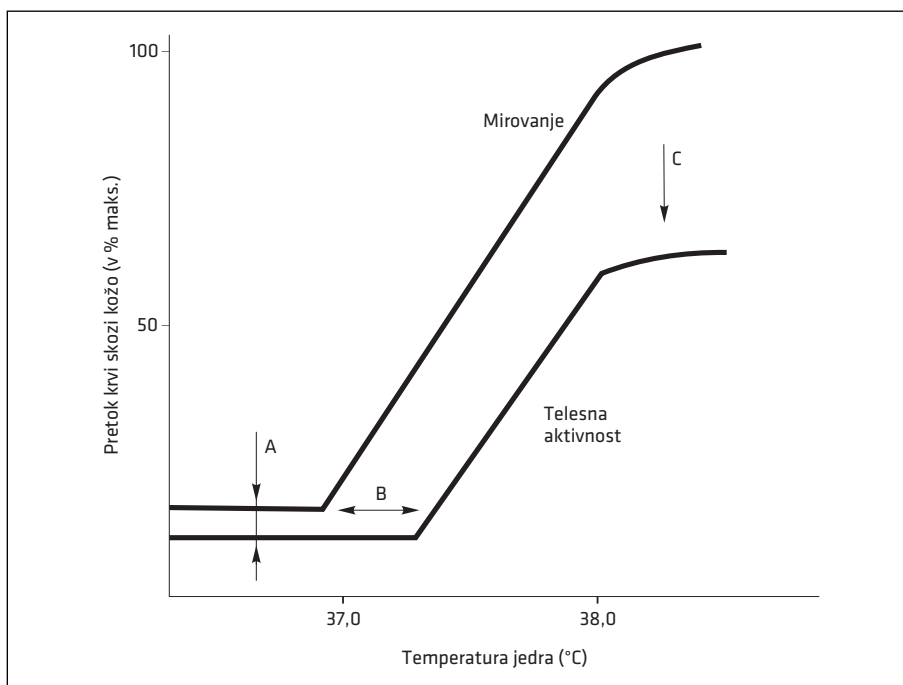
reflexi iz skeletnih mišic, ki večajo pretok skozi aktivne mišice, po vadbi pa predvsem barorefleks (17–24). Zato predstavlja termoregulacija med telesno aktivnostjo bistveno večji problem kot termoregulacija v mirovanju. Odzivi efektorjev (predvsem arteriol v koži in žlez znojnic) se zato med aktivnostjo razlikujejo od odzivov v mirovanju, predvsem v hitrosti in občutljivosti odziva (slika 2).

Med telesno dejavnostjo v termonevtralnih razmerah so običajno izhodiščni pogoji drugačni kot v mirovanju – to pomeni, da je pretok skozi kožo pri isti temperaturi jedra telesa manjši (slika 2A). Na začetku telesne dejavnosti pride namreč do prerezporeditve pretoka krvi iz neaktivnih v aktivne organe, med drugim zaradi močne vazokonstrikcije in s tem povečanja žilne upornosti arteriol v koži (1, 2, 5, 8, 25). Gre

za mehanizem, pogojen s povečano aktivnostjo simpatičnih noradrenergičnih vlaken. V koži se tako na začetku vadbe zmanjša pretok krvi (slika 2A).

V številnih študijah so pokazali, da je temperatura jedra telesa, pri kateri se začneta vazodilatacija v koži oz. znojenje (t. i. temperaturni prag), pomaknjena k višjim temperaturam glede na mirovanje (slika 2B) (8, 16, 26). Ta temperaturni prag je odvisen od intenzivnosti obremenitve: večja kot je intenzivnost, višji je prag (8, 26, 27). Deloma tako lahko hitrejšo utrujenost in izčrpanost pri intenzivni telesni obremenitvi razložimo tudi s hitrejšim in večjim dvigom temperature jedra.

Med telesno aktivnostjo je spremenjena tudi odzivnost efektorskih mehanizmov v koži. To odzivnost največkrat prikazujemo s krivuljo odnosa med temperaturo jedra



Slika 2. Razlike med odzivom pretoka krvi skozi kožo zaradi termoregulacije v mirovanju in med telesno aktivnostjo. Na začetku telesne aktivnosti pride v koži do močne vazokonstrikcije, kar spremeni izhodiščne pogoje (A). Temperaturni prag za oddajanje toplote je med telesno aktivnostjo pomaknjen proti višji temperaturi jedra (B). Maksimalni pretok krvi v koži je med telesno aktivnostjo manjši kot v mirovanju (C) (8).

telesa in vazodilatacijo v koži oz. znojenjem. Pokazali so tudi, da je maksimalna vazodilatacija in s tem maksimalni pretok krvi v koži med telesno dejavnostjo manjša kot v mirovanju (2, 8, 25). Deloma lahko to razložimo z nasprotujočimi, zgoraj omenjenimi netermoregulatornimi refleksi, ki so aktivni med vadbo in nasprotujejo zahtevam po povečanem pretoku skozi kožo in oddajanju toplote. Zaradi omenjenih razlik med telesno dejavnostjo bistveno prej kot v mirovanju lahko pride do hipertermije.

Osnovni vzorec odziva termoregulatornih mehanizmov med telesno aktivnostjo je enak kot v mirovanju, to je aktivacija fizioloških mehanizmov za oddajanje toplote.

TELESNO TEMPERATURO URAVNAVA NADZORNI CENTER V HIPOTALAMUSU

Primarni termoregulatorni center se nahaja v preoptični regiji anteriornega dela hipotalamusa (3, 4, 16). Natančna anatomska lokacija v osrednjem živčevju (OŽ), vpleteni živčni prenašalci in anatomski potek povezav z efektorskimi organi pri človeku niso dokončno pojasnjeni, med drugim tudi zato, ker večina študij poteka na živalskih modelih (16, 28, 29). Znano je, da je sestavljen iz predela, ki je občutljiv na mrz (angl. *cold-sensitive neurons*) in aktivira mehanizme za zadrževanje toplote, in od tega ločenega predela, ki je občutljiv na toploto (angl. *hot-sensitive neurons*) in aktivira mehanizme za oddajanje toplote (4, 28, 30).

Omenjeni predeli v hipotalamusu prejema informacije o spremenjeni temperaturi iz osrednjih in perifernih termoreceptorjev – posebnih specializiranih živčnih končičev, občutljivih na spremembe temperature (1, 3, 7, 15). Periferni termoreceptorji se nahajajo v koži in se odzivajo predvsem na spremenjene temperaturne razmere okolja. Informacijo o spremembah temperature kože pošljejo v nadzorni center v hipotalamusu, še preden se spremeni temperatura jedra telesa – na ta način predstavljajo neke

vrste zaščitni mehanizem pred prevelikimi nihanjem temperature jedra (1, 7, 10, 13, 25). Osrednji termoreceptorji se nahajajo v OŽ v hipotalamusu, možganskem deblu in hrbtenjači ter tudi v notranosti telesa ob večjih žilah, notranjih organih in mišicah – ti posredujejo informacijo o spremenjeni temperaturi jedra telesa (1, 3, 7, 16, 28).

Glavna pobuda za odziv fizioloških mehanizmov je spremenjena temperatura jedra telesa. Temperatura jedra se poveča že nekaj minut po začetku vadbe, saj se toplota iz skeletnih mišic prenaša po krvi po telesu. Na povišano lokalno temperaturo se odzovejo centralni receptorji v hipotalamusu s povečano aktivnostjo; nadzorni center je zaznal motnjo in pošlje signale za povečano oddajanje toplote po eferentnih nevronih do efektorjev. Ko temperatura jedra telesa preseže temperaturni prag za oddajanje toplote, se sorazmerno s povišano temperaturo jedra povečata pretok krvi skozi kožo in znojenje. Zaradi povečanega oddajanja toplote iz telesa v okolico temperatura jedra ne narašča več – ko je oddajanje toplote v okolico enako proizvodnji toplote, se vzpostavi novo stabilno stanje telesne temperature (1). Zanimivi so izsledki študij, ki so pokazali, da je temperaturni prag za oddajanje toplote pri vrhunskih športnikih nižji kot pri netreniranih ljudeh (7, 31, 32).

Povišana temperatura jedra naj bi bila eden od razlogov za utrujenost. V tem primeru govorimo o osrednji utrujenosti (angl. *central fatigue*), ki naj bi služila kot neke vrste obrambni mehanizem pred poškodbo možganov (28, 33). Temperatura možganov je odvisna od presnove in pretoka krvi v možganih (34). Utrujenost in izčrpanost sta signala, ki nas opozorita, da moramo prilagoditi telesno aktivnost in zmanjšati nastajanje toplote ter posledično segrevanje jedra in možganov. Veliko študij se ukvarja z metodami ohlajanja možganov – t. i. osrednje predohlajanje (angl. *central pre-cooling*) – ali celega telesa (sistemsko hlajenje), s katerimi

bi lahko podaljšali trajanje in intenzivnost vadbe ter vzdržljivost (13, 35–37). Rezultati vrhunskih športnikov so bili boljši, če so se pred vadbo aktivno ohlajali.

V študijah so uporabljali različne načine: uživanje ledenih pijač, hlajenje z mrzlimi vrečkami ali hlajenje celega telesa s posebnimi toplotno izoliranimi oblekami, po katerih kroži hladna tekočina (13, 36, 37). Hlajenje vpliva na zmanjšanje presnove, saj upočasni delovanje encimov, izboljša koordinacijo gibov in izkoristek presnovnih reakcij (1, 7). Za učinkovitejšo termoregulacijo in hitrejše okrevanje po vadbi je priporočljivo aktivno hlajenje tudi po vadbi, ki pa na učinkovitost same vadbe ne vpliva (38). Pri hlajenju pa je treba biti pazljiv oz. je treba pogoje strogo nadzorovati, saj je pretirano hlajenje lahko tudi škodljivo (36, 37).

Številne študije, predvsem na živalskih modelih, skušajo opredeliti vlogo posameznih živčnih prenašalcev v OŽ, ki so vpleteni pri termoregulatornem odzivu in posledičnem pojavu utrujenosti. Te študije so tudi poskušale najti povezavo med spremenjeno aktivnostjo posameznih nevronov in koncentracijo določenih živčnih prenašalcev in utrujenostjo. Enotnih izsledkov še ni, pokazali so, da mikrodializa noradrenalina v selektivne predele možganov (lat. *nucleus raphe*) pri podgani preko α_2 -adrenergičnih receptorjev povzroči znižanje temperature jedra, medtem ko preko α_1 -adrenergičnih receptorjev povzroči dvig temperature jedra (39, 40). V več študijah so preučevali tudi vlogo serotonina, vendar so si izsledki izrazito nasprotujoči (28, 41). Tudi vloga dopamina ni dokončno potrjena: dopamin naj bi moduliral presnovno aktivnost v možganih in na ta način vplival na termoregulacijo (42). Za zaviranje prenosa živčnih signalov v OŽ se veliko uporablja tetradotoksin (zaviralec Na^+ -kanalov); selektivna prekrvitev nekaterih termoregulatornih predelov s tetradotoksinom je povzročila dvig temperature jedra, povečano proizvodnjo toplote in hipertermijo (30). Študije so pokazale,

da na termoregulatorni odziv pomembno vpliva temperatura okolja, saj je bil odziv na vnos različnih snovi, ki posegajo v termoregulacijo (npr. amfetamina), močno odvisen od temperature okolja (43–45).

V zvezi s telesno dejavnostjo ponovimo, da se nekateri nevroni v termoregulatornem predelu hipotalamusa aktivirajo že nekaj sekund po začetku vadbe, še preden pride do spremembe temperature jedra telesa in ne da bi bili vzburjeni periferni termoreceptorji (zaradi pobud iz možganske skorje preko *central command*) (5, 8, 16).

PERIFERNI TERMORECEPTORJI SE ODZIVAJO NA SPREMEMBE TEMPERATURE OKOLJA

V koži imamo tri tipe receptorjev, ki zaznavajo spremembe temperature: receptorje za hlad, receptorje za toploto in receptorje za bolečino, ki se odzivajo na ekstremne temperature, kar zaznamo kot bolečino (3, 15). Termoreceptorji za hlad so majhni mielinizirani živčni končiči tik pod površino kože, ki se raztezajo do epidermijskih celic in jih je približno desetkrat več kot termoreceptorjev za toploto. Termoreceptorji za toploto so slabše raziskani. Predvidevajo, da gre za proste živčne končiče (3, 7, 15). Omenili smo že, da se periferni termoreceptorji odzivajo na spremenjeno temperaturo kože, še preden se aktivirajo osrednji termoreceptorji (1, 7, 10, 13, 25). Znano je, da se lahko periferni termoreceptorji prilagodijo, recimo na vroče okolje, preko mehanizma, ki trenutno še ni znan (7, 25).

Pokazali so, da periferni termoreceptorji modulirajo odzivnost termoregulatornega centra. Če je koža topla, se mehanizmi za oddajanje toplote aktivirajo pri nižji temperaturi jedra telesa, torej se temperaturni prag za oddajanje toplote zniža (7, 10, 13, 16, 25, 46). In obratno: pri nizki temperaturi kože, tj. v mrzlem okolju, se prag za oddajanje toplote zviša in tako ohranjamo več toplote (7). Informacija o nizki temperaturi kože, ki jo v nadzorni center posredujejo

periferni termoreceptorji, naj bi modulirala aktivacijo vazodilatatornih vlaken v koži, ne pa tudi vazokonstriktornih (25). Natančni mehanizmi teh modulacij niso raziskani, nedvomno pa ugodno prispevajo k termoregulaciji med telesno aktivnostjo (7, 25).

Zanimiva je študija Sawke in sodelavcev, kjer so pokazali, da temperatura kože vpliva tudi na učinkovitost vadbe neodvisno od temperature jedra (13). Aerobna kapaciteta ($V_{O_{2max}}$) je bila pri isti temperaturi jedra telesa manjša pri višjih temperaturah kože kot pri nižjih (13). Pri manjšem temperaturnem gradientu med jedrom in kožo je treba namreč za enako oddajanje toplote ustvariti večji pretok krvi skozi kožo, kar ogrozi pretok skozi skeletne mišice in vitalne organe. Zaradi kopičenja krvi v koži se zmanjša venski priliv v srce in s tem polnilni tlak, zato se aktivira barorefleks; poviša se srčni utrip in poveča moč iztisa srca, kar pa energetsko ni ugodno. Omenjeni odziv srčno-žilnega sistema na zmanjšan polnilni tlak (angl. *cardiovascular drift*) je bolj izražen v vročem okolju kot v hladnem (1, 5, 7). Deloma gre hipotenzijo po naporu, ki lahko traja tudi več ur, pripisati povečanemu pretoku krvi skozi kožo zaradi potreb termoregulacije (17, 24).

Omenimo še neustrezen odziv nadzorne centra na signale iz perifernih termoreceptorjev. Včasih je lahko informacija o nizki temperaturi kože za nadzorni center zavajajoča, denimo, ko se obilno znoji: temperatura kože lahko preveč pade, kar termoregulatorni center zazna kot odmik temperature v napačno smer, zato aktivira mehanizme za ohranjanje toplote. To med vadbo ni ugodno, zato je v teh primerih priporočljivo lokalno gretje oznojene kože, kar omogoči ustrezen termoregulatorni odziv (7).

GLAVNI EFEKTORSKI ORGAN ZA ODDAJANJE TOPLOTE JE KOŽA

Največ toplote iz telesa v okolico oddamo preko kože. Pobude iz nadzornega centra aktivirajo mehanizme, ki povečajo pretok

krvi skozi kožo, s čimer se močno poveča površina za izmenjavo toplote. Na prevajanje toplote iz telesa v okolico poleg temperaturnega gradienta in površine za izmenjavo vpliva tudi prevodnost kože in sloj oblačil; do neke mere lahko torej na prevodnost zavestno vplivamo in tako uravnavamo oddajanje toplote. Prevodnost kože je odvisna od debeline podkožnega maščevja in od vlažnosti kože – znojenje prevodnost poveča (1, 3).

Nekaj o anatomskih in fizioloških značilnostih kože

V mirovanju in v termonevtralnih razmerah okolja je pretok skozi kožo približno 300 ml/min (4–5 ml/min na 100 ml tkiva), med visoko intenzivno telesno vadbo v vročem okolju pa lahko naraste celo na 7–8 l/min, torej za več kot 20-krat (5, 8, 9, 12, 25). Povečanje pretoka skozi kožo v teh razmerah je posledica povečanega minutnega volumna srca ter prerazporeditve krvi med aktivnimi in neaktivnimi organi. V tem primeru lahko o koži govorimo kot o aktivnem organu v funkcionalnem smislu, saj se presnova v koži praktično ne spremeni za razliko od močno povečane presnove v skeletalnih mišicah (1, 2). Pretok krvi skozi kožo se poleg povečanega minutnega volumna srca poveča tudi zaradi izrazitega zmanjšanja upornosti arteriol v koži. Glavne pobude, ki z delovanjem na gladke mišice arteriol v koži zmanjšajo žilno upornost in povečajo njeno prevodnost, pridejo iz nadzornega centra po avtonomnem živčevju; natančen anatomski potek teh povezav predvsem v OŽ pri človeku še ni znan (16).

Arteriole v koži so oživčene izključno s simpatičnim nitjem, vendar pa obstajajo razlike med posameznimi predeli kože. Arteriole v večini predelov kože prejema - jo poleg simpatičnega adrenergičnega vazokonstriktornega nitja, katerega živčni prenašalec je noradrenalin, tudi posebno simpatično vazodilatatorno nitje (9, 12, 26). Obstoj tega nitja v večini predelov kože so

potrdili v številnih študijah z vnosom brettilija, ki zavre sproščanje noradrenalina iz presinaptičnih živčnih končičev (9, 12, 26). Četudi to vazodilatatorno nitje po sorodnosti z nitjem, ki oživčuje žleze znojnice, imenujemo holinergično simpatično nitje, pa živčni prenašalec, ki posreduje vazodilatacijo, kljub številnim raziskavam na tem področju še ni znan. Ugotovili so, da gre najverjetneje za več različnih prenašalcev, ki imajo bodisi permissivno bodisi modulatorno vlogo. Tako študije predlagajo sočasen prenos (kotransmisijo) acetilholina (angl. *acetylcholine*, ACh) iz vlaken, ki oživčujejo bližnje žleze znojnice. V zadnjem času vse večji pomen pripisujejo drugim prenašalcem, kot so bradikinin, histamin, snov P, beljakovina, ki je v sorodu z genom za kalcitonin (angl. *calcitonin-gene related peptide*, CGRP) in dušikov oksid (NO) (8, 12, 26, 47, 48). Pri tem naj bi šlo bodisi za sočasen prenos bodisi za presinaptično modulacijo presinaptičnih receptorjev. Ugotovili so, da gre zgolj 10 % povečanja prevodnosti žil v koži pripisati zaviranju aktivnosti vazokonstriktornih vlaken, preostala vazodilatacija je posledica aktivacije vazodilatatornih vlaken ob dvigu temperature jedra nad temperaturni prag (9, 25, 26).

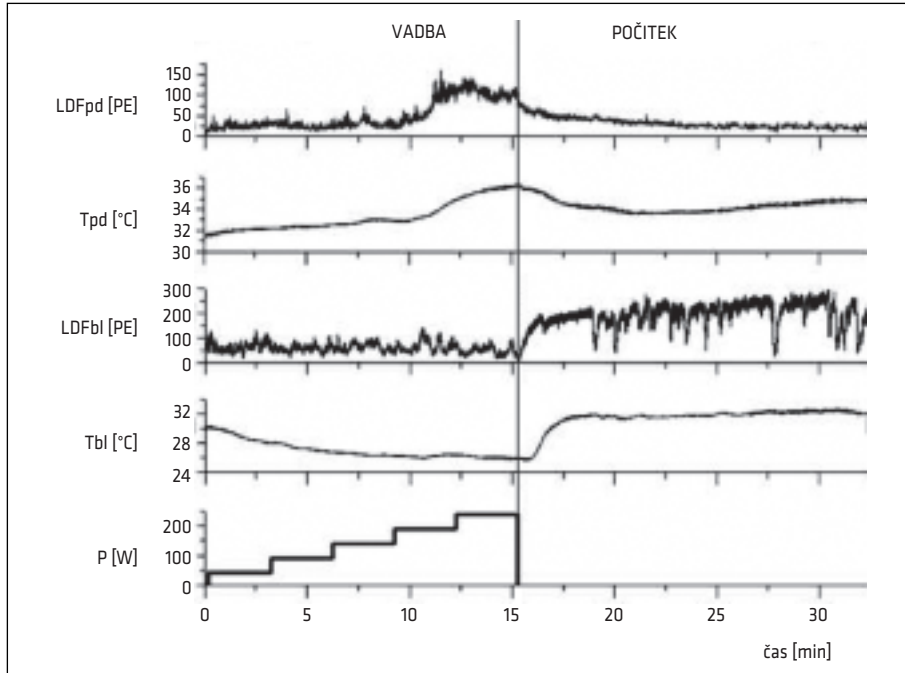
Temperaturni prag za aktivacijo vazodilatatornih vlaken je med telesno dejavnostjo višji kot v mirovanju, kar se zdi logično spričo sočasne aktivacije netermoregulatornih refleksov, ki nasprotujejo termoregulatornim. Hkrati se prag z intenzivnostjo vadbe viša (8, 9, 18, 25–27, 46). Pobude za aktivacijo vazodilatatornih vlaken in inhibicijo vazokonstriktornih vlaken naj bi do efektorja, torej arteriol, prihajale ločeno (49, 50). Deloma so to potrdili v študijah, kjer so z različnimi elektrofiziološkimi metodami merili spontano aktivnost simpatičnih vlaken na različnih predelih kože (49).

Z dodajanjem brettilija so ugotovili, da so akralni neporaščeni predeli kože (kot so stopala, dlani in ušesne mečice) oživčeni samo z vazokonstriktornim simpatičnim

nitjem, torej se sprememba žilne upornosti in pretoka v teh predelih uravnava zgolj z aktivacijo oz. inhibicijo teh vlaken. Podobno kot pri vazodilatatornem nitju so tudi pri vazokonstriktornem nitju pokazali sočasen prenos več živčnih prenašalcev, denimo neuropeptida Y in ATP iz presinaptičnih živčnih končičev, torej naj ne bi bil vpleten zgolj noradrenalin (8, 9, 12, 26). Med telesno dejavnostjo, ko je potreba po oddajanju toplote večja, se aktivnost simpatičnih vazokonstriktornih vlaken v teh predelih zmanjša, zato se gladke mišice žil sprostijo in pride do vazodilatacije.

Posebne anatomske strukture v koži neporaščenih akralnih delov, ki imajo pomembno vlogo pri termoregulaciji, so arteriovenske anastomoze (AVA). To so neposredne žilne povezave med arteriolo in venulo, ki omogočajo pretok mimo nutritivnega obtoka, tj. kapilar (5, 25, 51). Posebni mišični sfinktri (oživčuje jih samo vazokonstriktorno nitje) v arteriolah omogočajo, da se AVA odpirajo in zapirajo: ko je sfinkter zaprt, kri teče preko kapilarnih zank v venulo; ko pa se odpre, kri obide kapilare. V mirovanju se pretok skozi AVA ciklično spreminja ter kaže na spontano odpiranje in zapiranje teh sfinktrov, ki naj bi bila povezana s spontano simpatično dejavnostjo (52). Med telesno dejavnostjo so sfinktri večinoma odprti: takrat kri teče neposredno iz arteriole v venulo in pretoki krvi so izjemno veliki, zato sta večja površina za izmenjavo toplote in tudi konvektivni tok toplote na periferijo, torej na površino kože, in v okolico preha-ja več toplote.

Pretoki krvi se med posameznimi predeli kože močno razlikujejo že v mirovanju in so na akralnih predelih bistveno večji kot na neakralnih (5, 8, 14, 25, 52, 53). Med telesno aktivnostjo se vzorec odziva pretokov in znojenja na različnih delih kože močno razlikuje: medtem ko na neakralnih predelih pretok začne naraščati že razmeroma kmalu po začetku telesne dejavnosti, se to na akralnih predelih zgodi kasneje in tudi



Slika 3. Pretok krvi med telesno vadbo se na različnih delih kože razlikuje. Slika prikazuje nativni posnetek pretoka krvi v koži, ocenjen z lasersko dopplersko metodo (pretok je izražen v arbitrarnih perfuzijskih enotah), in odgovarjajoče temperature med kratkotrajno telesno aktivnostjo (cikloergometrija s stopnjevanjem obremenitve do submaksimalne) in po njej. LDF – laserski dopplerski pretok (angl. *laser Doppler flux*), PE – perfuzijske enote, LDF_{pd} – pretok na podlakti, LDF_{bl} – pretok na blazinic prsta roke, T – temperatura, P – moč (angl. *power*).

po končani telesni dejavnosti ne izzveni (slika 3) (25, 27, 54–56).

Poleg omenjenih živčnih vplivov na tonus arteriol v koži in s tem na prevodnost, na pretok krvi in oddajanje toplote v oko - lico vpliva tudi lokalna temperatura kože. Temperatura neposredno deluje tako na gladke mišice žil kot tudi na endotelij (9, 12, 14, 25, 26, 47). Kot primer navedimo vazodilatacijo v mrazu, ko nizka lokalna temperatura neposredno povzroči sprostitve gladkomišičnih celic žil in s sistemskega stališča za organizem ni ugodna, vendar preprečuje odmrtje tkiva (7, 26, 57–59). Na drugi strani pa tudi lokalno gretje deluje na gladke mišice žil tako, da povzroči njihovo sprostitve in s tem vazodilatacijo; v mehanizmu lokalnega vpliva temperature naj bi bil med drugim vpleten NO iz endotelija (12, 47, 48, 60).

NAJUČINKOVITEJŠI MEHANIZEM ZA ODDAJANJE TOPLOTE MED TELESNO DEJAVNOSTJO JE ZNOJENJE

Pri znojenju se toplota porablja za izparevanje vode (znoj) s površine telesa, s čimer se telo ohlaja. Zaradi tega se hladi tudi koža, kar poveča temperaturni gradient in s tem prehajanje toplote med jedrom telesa in periferijo. Oddajanje toplote v okolico je večje tudi zaradi boljše prevodnosti vlažne kože za toploto. Toplotna prevodnost kože pa je večja tudi zaradi večje prekrvljenosti kože, ki določa konvektivni tok toplote na periferijo (3, 4).

V vročem okolju, ko je temperatura okoli višja od temperature kože, je znojenje edini način za oddajanje toplote. Slaba stran znojenja je izguba vode in elektrolitov, ki jih je treba nadomeščati. Pretok znoja lahko

doseže 2–4 l/h, kar ogrozi delovanje srčno-žilnega sistema, če med tako intenzivno vadbo tekočine ne nadomeščamo (1, 5, 7).

Znoj je vodna raztopina elektrolitov, predvsem natrijevih in kloridnih ionov, vsebuje pa tudi protone, kalijeve ione, laktat in sečnino (3, 7). Koncentracija posameznih elektrolitov v znoju se lahko spreminja v odvisnosti od hitrosti pretoka znoja skozi vōde (duktuse) v znojnicah in hitrosti reabsorpcije elektrolitov (vpliv aldosterona); razlikuje pa se tudi sestava znoja med posameznimi deli telesa (61–63). Tako je pri visoko intenzivni telesni vadbi pretok znoja večji, znoj pa je bolj razredčen, torej vsebuje manj elektrolitov (7, 64). Pri aklimatizaciji na določeno temperaturo okolja se spremenita količina in sestava znoja (7, 65–71).

Žleze znojnice so večinoma oživčene s simpatičnimi holinergičnimi vlakni – govorimo o t. i. termoregulatornih vlaknih. Znojnice so oživčene tudi s simpatičnim adrenergičnim nitjem; študije so namreč pokazale, da *in vivo* aplikacija α - in β -adrenergičnih agonistov izzove znojenje (1, 16, 61). Ta vlakna naj bi imela pri termoregulatornem znojenju zanemarljivo vlogo – le 10 % znojenja naj bi šlo na račun aktivacije noradrenergičnega nitja (16). Na α - in β -adrenergične receptorje na žlezah lojnicah delujejo tudi visoke plazemske koncentracije adrenalina in noradrenalina med intenzivno telesno aktivnostjo (16, 61). Aktivnost živčnih vlaken, ki oživčujejo žleze znojnice, podobno kot vazodilatacijo v koži, modulirajo številni peptidi, kot so: snov P, vazoaktivni intestinalni polipeptid (VIP), CGRP, atrijski natriuretični peptid (ANP), in poleg njih še NO (8, 16, 61). Ni znano, ali gre za sočasen prenos iz živčnih končičev, ki oživčujejo žleze in arteriole v koži, ali te snovi pridejo iz okoliških celic (16). Poleg tega ACh izzove aksonski refleks, ki poveča znojenje – ta lokalni mehanizem naj bi moduliral termorefleks (16). Seveda znojenje lahko izzovejo tudi psihični stres (netermoregulatorno znojenje) in spremenjene temperature okolja (3, 16).

Med telesno dejavnostjo se znojenje poveča zaradi več medsebojno neodvisnih mehanizmov; najizrazitejši so refleksni mehanizmi zaradi višanja temperature jedra telesa, ki pa jim nasprotujejo netermoregulatorni refleksi. Pomembno vlogo na začetku vadbe igra že omenjena pobuda iz možganske skorje *central command*: ta pobuda naj bi aktivirala predvsem noradrenergično simpatično nitje (16). Pobude iz možganske skorje so med drugim potrdili v študijah, kjer so pokazali, da se je znojenje začelo neodvisno od višanja temperature jedra telesa, tako denimo med izometrično mišično kontrakcijo s prekinitvami, ko se temperatura jedra telesa ni spremenila (72). Podobno kot za vazodilatacijo žil v koži so pokazali, da se temperaturni prag za aktivacijo znojenja razlikuje med posameznimi predeli kože (16, 27, 61, 73). Na prag za izločanje znoja vplivajo tudi intenzivnost vadbe, spol in treniranost (7, 8, 27, 68, 69, 74–77). Športniki imajo pri isti obremenitvi večji pretok znoja, kar je povezano z nižjim temperaturnim pragom za aktivacijo znojenja (8, 16, 77).

Zanimive so študije, ki so predvidevale, da bi lahko iz vsebnosti laktata v znoju sklepali na intenzivnost treninga in na posameznikovo vzdržljivost, vendar si njihovi izsledki nasprotujejo (61, 64, 69). V več neodvisnih študijah so pokazali negativno soodvisnost med koncentracijo laktata v znoju in človekovo vzdržljivostjo, opredeljeno z $V_{O_{2max}}$ (64, 70, 77). Vsebnost laktata v znoju naj bi kazala na anaerobno presnovo tudi v samih žlezah znojnicah, ki naj bi pospešeno potekala takrat, ko ni zagotovljen ustrezen pretok krvi skozi žleze znojnice (61). Medtem ko so v nekaterih študijah pokazali pozitivno soodvisnost med vsebnostjo laktata v plazmi in laktata v znoju (73, 77), druge študije te soodvisnosti kljub različnim intenzivnostmi vadbe niso potrdile (78, 79).

Na termoregulatorno znojenje med vadbo vplivata tudi osmolarnost in volumen plazme. Z znojem izgubljammo vodo in

elektrolite, kar povzroči spremembo odzivnosti refleksa znojenja na telesno temperaturo. Pri dalj časa trajajoči vadbi je namreč zaradi izsušenosti (dehidracije) pretok znoja bistveno zmanjšan kljub naraščanju temperature jedra (8, 80, 81). V hiperosmolarnih pogojih je temperaturni prag za aktivacijo znojenja pomaknjen k višjim temperaturam, pretok znoja pa je zmanjšan (82–84). Posledično v takih pogojih prej pride do hipertermije. Zato je med vadbo in po njej nujno ustrezno nadomeščati vodo in elektrolite (8, 38, 82, 85, 86).

TERMOREGULACIJA MED TELESNO DEJAVNOSTJO V EKSTREMNIH RAZMERAH OKOLJA

Temperatura okolja močno vpliva na učinkovitost termoregulacije. Ekstremne temperature okolja za vadbo z vidika termoregulacije niso ugodne, torej zaželeno.

Termoregulacija med telesno dejavnostjo v vročem okolju

V vročem okolju je problem vzdrževanja ustreznega polnilnega tlaka za srčni pretok še večji kot v termonevtralnih razmerah. Zaradi povečanih potreb po večanju pretoka v koži zaradi termoregulacije se v podkožnih venah in venulah kopiči kri, kar ogrozi venski priliv; omenjeno povišanje srčne frekvence (angl. *cardiovascular drift*) je zato še večje kot v termonevtralnih razmerah in pri visoko intenzivni vadbi v zelo vročem okolju pogosto ne uspe zagotoviti ustreznega srčnega pretoka (1, 7, 25, 86). Pokazali so, da je bil pri enako intenzivni vadbi v vročem okolju kljub povečanju srčne frekvence za 20 utripov/min srčni pretok za 1,5 l/min manjši kot v termonevtralnem okolju (1, 5). Nadaljnja težava je izguba vode z znojenjem, kar lahko vodi v drastično zmanjšanje volumna telesnih tekočin. Že 1–2-odstotna izguba telesne teže zaradi dehidracije močno poslabša fiziološke odzive in zmanjša uspešnost vadbe in $V_{O_{2max}}$, izguba telesne teže za 4 % na račun dehi-

dracije pa je lahko življenje ogrožujoča (2, 87, 88). Približno 2-odstotno zmanjšanje volumna zaradi dehidracije poslabša športni rezultat za 7 % (89).

Pretok skozi aktivne mišice ni več ustrezen, zato v mišicah pospešeno potekajo anaerobne razgradnje. Laktat se v mišicah kopiči še hitreje kot v termonevtralnih razmerah, kar dodatno ogroža zmogljivost premagovanja napora. Razgradnja mišičnega glikogena je zmanjšana in mišice bolj porabljajo glukozo iz krvi (7, 90). Presnova v mišicah je hitrejša tudi zaradi višje temperature. Znano je, da encimske reakcije pri višji temperaturi potekajo hitreje.

V vročem okolju je nadomeščanje tekočin in elektrolitov še veliko pomembnejše kot v hladnem okolju; priporočajo, da med športom pijemo, še preden zaznamo žejo (7, 38, 85, 86). Poleg tega je zelo pomembna sestava pijač, predvsem vsebnost elektrolitov. Pokazali so namreč, da previsoka koncentracija soli lahko neugodno vpliva na termoregulacijo (83, 85).

Zaradi hipovolemije se viša temperaturni prag za oddajanje toplote, kar dodatno ogrozi organizem zaradi potencialne hipertermije (8, 80, 81). Zaradi dehidracije in hipertermije so tako fiziološki odzivi kot tudi učinkovitost vadbe izrazito moteni; lahko pride do začaranega kroga in hipovolemičnega šoka in hipertermije. Znaki hipertermije so sprva vročinski krči, vročinska sinkopa, vročinska izčrpanost in nazadnje vročinski udar, kadar temperatura jedra preseže 41 °C (7). Kot obrambni mehanizem se aktivirajo mehanizmi celične obrambe, ki skušajo preprečiti poškodbe celic in omogočajo njihovo popraviljanje. Gre za koordiniran odziv vnetnih, endotelijskih in epiteljskih celic. V plazmi se močno poveča koncentracija t. i. beljakovine vročinskega udara (angl. *heat-shock protein*, HSP-70) in nekaterih citokinov, ki preprečujejo denaturacijo beljakovin, zmanjšajo prepustnost epitelijskih in oksidativnega stresa (91, 92).

Aklimatizacija na vroče okolje omogoča boljše učinkovitost vadbe

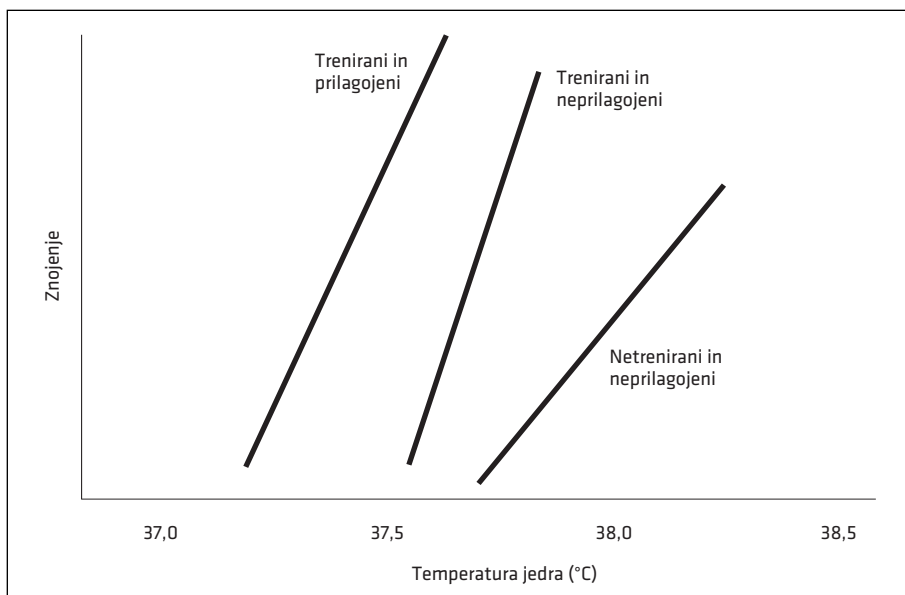
V več neodvisnih študijah so pokazali, da se po aklimatizaciji na vroče okolje omenjene težave bistveno zmanjšajo (25, 65–68, 93). Termoregulacija v vročem okolju je po aklimatizaciji učinkovitejša, saj se zniža prag za oddajanje toplote (vazodilatacija v koži in znojenje se začneta pri nižji temperaturi jedra) in spremeni občutljivost termorefleksa (slika 4). Zato lahko vadimo dalj časa, pri večjih obremenitvah, izboljša se $V_{O_{2max}}$ in vadba je učinkovitejša. Maksimalni pretok znoja je večji, spremenjena je sestava znoja: znoj je bolj razredčen, torej vsebuje manj elektrolitov (25, 65–68, 84, 93). Hkrati pride tudi do povečanja volumna plazme za okrog 12 % (7, 46). Zaradi povečanega pretoka krvi skozi kožo je oddajanje toplote večje, koža se ohlaja zaradi znojenja, zato je temperaturni gradient med jedrom in kožo večji.

Podobne prilagoditve se dogajajo tudi pri vrhunskih športnikih v termonevtralnih

razmerah, torej gre najverjetneje za podobne mehanizme odziva (7, 68). Ocenjujejo, da približno 60 % fizioloških odzivov, ki jih izzove aklimatizacija na vroče okolje, lahko izzovemo tudi z redno telesno aktivnostjo v termonevtralnem okolju (7).

Termoregulacija med telesno dejavnostjo v hladnem okolju

Vadba v mrazu z vidika termoregulacije običajno ne predstavlja večjih težav, če poteka kratek čas ter če smo dovolj in ustrezno oblečeni, da preprečimo prevelike izgube toplote. Če je produkcija toplote v skeletnih mišicah ustrezna, to ne povzroči nižanja temperature v mišicah in nižanja temperature jedra telesa (1, 7). Dokler temperatura jedra ne pade, nizke temperature okolja ne vplivajo bistveno na $V_{O_{2max}}$. Ohlajanje mišic pa po drugi strani kljub ohranjeni temperaturi jedra telesa močno zmanjša njihove funkcionalne sposobnosti, kot so maksimalna sila, hitrost krčenja in moč ter odzivni čas; najbolj so prizadeti hitri gibi (94–98).



Slika 4. Vpliv rednega treninga in/ali aklimatizacije na termoregulacijo. Tako trening kot aklimatizacija na vroče okolje povzročita premik temperaturnega praga za oddajanje toplote in občutljivost termorefleksov (na sliki odziv znojenja) (7).

V mrazu je zaradi vazokonstrikcije v koži zmanjšano izplavljanje prostih maščobnih kislin iz podkožnega maščevja, zato je poraba glikogena in proste glukoze večja kot v termonevtralnih razmerah, hitrost oksidacije maščobnih kislin pa manjša zaradi manjše dobave aktivnim mišicam (7).

Težave v mrazu pa nastopijo, če temperatura jedra pade. Do hipotermije lahko pride, če nismo dovolj oblečeni, če piha močan veter ali če aktivnost izvajamo v mrzlem okolju dalj časa. Če temperatura jedra pade, se drastično poslabša $V_{O_{2max}}$, koordinacija gibov je slabša, podaljša se odzivni čas, saj se zmanjša hitrost prevajanja živčnih impulzov (1). Posebno težavo predstavljajo športi v vodi, saj je toplotna prevodnost vode kar 25-krat večja od zračne prevodnosti in toplotna kapaciteta vode 4.000-krat večja od toplotne kapacitete zraka (1, 7, 99).

Podobno kot na vročino se aklimatiziramo tudi na mraz: izboljšajo se tako mehanizmi za zadrževanje toplote (periferna vazokonstrikcija) kot tudi mehanizmi za produkcijo toplote (drgetanje, odklopni proteini v mitohondrijih v rjavem maščevju) (1, 7, 57, 59). Težave pa lahko nastopijo zaradi slabe in neustrezne prekrvavitve akralnih delov, ko lahko v skrajnih primerih nastanejo ozeblina in omrzline.

VPLIV SPOLA NA TERMOREGULACIJO

Številne študije skušajo opredeliti vpliv spola na termoregulacijo med telesno vadbo in po njej, predvsem odziv pretoka krvi v koži, udeležene trans미터je in znojenje. Rezultati si nasprotujejo (26, 38, 65, 74–76, 100). Tako v nekaterih študijah razlike med spoloma pripisujejo zgolj različnim fizikalnim značilnostim ženskega in moškega telesa, kot sta razmerje med površino in prostornino telesa pri moških in ženskah ter večja debelina podkožnega maščevja pri ženskah.

Znano je, da v mirovanju na uravnava - nje upornosti žil v koži in s tem na pretok krvi vplivajo ženski spolni hormoni in

menstrualni cikel (8, 9, 12, 26). V nekaterih študijah so pokazali, da se ženske pri enako intenzivni vadbi manj znojijo in da je občutljivost termorefleksa, ki pogojuje znojenje, manjša kot pri moških (16, 74, 101). Naklon premice, ki kaže odvisnost znojenja od temperature jedra, je bil pri ženskah manjši (101), čeprav imajo ženske večjo gostoto znojnic na koži (71). Spet v drugi študiji so pokazali, da so bile razlike v pretoku znoja med ženskami in moškimi (pri vadbi primerljivih intenzivnosti, izražene kot delež $V_{O_{2max}}$) izrazitejše pri visoko intenzivni vadbi (74). Za razliko od znojenja pa v študijah večinoma niso našli razlik med moškimi in ženskami v temperaturnem pragu, pri katerem se začne vazodilatacija v koži, kot tudi ne v občutljivosti termorefleksa, ki pogojuje vazodilatacijo v koži (74). Nasprotno pa so v drugi študiji pokazali, da je temperaturni prag za oddajanje toplote po vadbi pri ženskah višji kot pri moških (76). Čeprav so razlike pripisali različni modulatorni vlogi efektorjev na periferiji (100), pa nekatere študije nakazujejo tudi različne vplive centralnih mehanizmov (75).

TERMOREGULACIJA PRI VRHUNSKIH ŠPORTNIKIH

Redna telesna dejavnost in treniranost vodita v prilagoditve mehanizmov za uravnavanje temperature. Številne študije so pokazale, da imajo vrhunski športniki učinkovitejšo termoregulacijo: temperaturni prag za oddajanje toplote je pomaknjen k nižjim temperaturam jedra telesa (slika 4), zato se efektorski mehanizmi za oddajanje toplote aktivirajo prej kot pri netreniranih ljudeh (31, 32, 84, 89). Omenili smo že spremenjen pretok in sestavo znoja pri vrhunskih športnikih (70, 71, 77). Spremenjena je tudi odzivnost termorefleksa. Vse omenjeno športnikom omogoča učinkovitejšo vadbo; vadbo enake intenzivnosti (izraženo kot delež $V_{O_{2max}}$) zato lahko izvajajo dalj časa kot netrenirani ljudje. Ugotovili so, da se športniki tudi bolje aklimatizirajo na vadbo

v vročini kot netrenirani ljudje (slika 4) (68, 84). Boljša aklimatizacija na vročino pri športnikih naj bi bila posledica funkcionalnih sprememb žilne reaktivnosti in ne strukturnih sprememb žil v koži (68).

ZAKLJUČEK

Vzdrževanje ničelne bilance toplote je nujno za preživetje. Termoregulacija med tele-

sno aktivnostjo je kompleksnejša od tiste v mirovanju, saj si nasprotujeta zahteva aktivnih mišic po večji prekrivtvi za zadovoljitev energetskih potreb in kože za povečano oddajanje toplote. Povečan minutni volumen srca lahko zadosti obema zahtevama, če ustrezno nadomeščamo tekočine. Kljub številnim študijam na tem področju ostaja veliko vprašanj odprtih.

LITERATURA

1. Shephard RJ, Astrand PO. *Endurance in Sport*. London, Edinburg, Boston: Oxford Blackwell Scientific Publications; 1992.
2. Gonzales-Alonso J. Human thermoregulation and the cardiovascular system. *Exp Physiol*. 2012; 97 (3): 340–6.
3. Schmidt RF, Thews G, Lang F. *Physiologie des Menschen*. 29th ed. Berlin, Heidelberg, New York: Springer; 2000.
4. Stegemann J. *Leistungsphysiologie. Physiologische Grundlagen der Arbeit und des Sports*. 3rd ed. Stuttgart, New York: Thieme Verlag; 1984.
5. Rowell LB. *Human cardiovascular control*. 1st ed. New York: Oxford University Press; 1993.
6. Saltin B, Gagge AP, Stolwijk JA. Muscle temperature during submaximal exercise in man. *J Appl Physiol*. 1968; 25: 679–88.
7. Foss MJ, Keteyian SJ. *Fox's physiological basis for exercise and sport*. 6th ed. Boston, New York, San Francisco: McGraw-Hill; 1998.
8. Kenny GP, Journeay WS. Human thermoregulation: separating thermal and nonthermal effects on heat loss. *Frontiers Biosci*. 2010; 15: 259–90.
9. Johnson JM, Kellogg DL Jr. Thermoregulatory and thermal control in the human cutaneous circulation. *Frontiers Biosci*. 2010; 2: 825–53.
10. Demachi K, Yoshida T, Kume M, et al. The influence of internal and skin temperatures on active cutaneous vasodilation under different levels of exercise and ambient temperatures in humans. *Int J Biometeorol*. 2013; 57 (4): 589–96.
11. Mekjavic IB, Eiken O. Contribution of thermal and nonthermal factors to the regulation of body temperature in humans. *J Appl Physiol*. 2006; 100: 2065–72.
12. Johnson JM, Kellogg DL Jr. Local thermal control of the human cutaneous circulation. *J Appl Physiol*. 2010; 109: 1229–38.
13. Sawka MN, Cheuvront, SN, Kenefick RW. High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. *Exp Physiol*. 2012; 97 (3): 327–32.
14. Metzler-Wilson K, Kellie LA, Tomc C, et al. Differential vasodilatory responses to local heating in facial, glabrous and hairy skin. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2012; 32: 361–6.
15. Rhoades R, Pflanzner R, eds. *Human Physiology*. 3rd Ed. Fort Worth, Philadelphia, San Diego: Saunders College Publishing; 1996.
16. Shibasaki M, Crandall CG. Mechanisms and controllers of eccrine sweating in humans *Front Biosci (Schol Ed)*. 2011; 2: 685–96.
17. Kenney WL, Stanhewicz AE, Bruning RS, et al. Blood pressure regulation III: what happens when one system must serve two masters: temperature and pressure regulation? *Eur J Appl Physiol*. 2014; 114 (3): 467–79.
18. Journeay WS, Reardon FD, Martin CR, et al. Control of cutaneous vascular conductance and sweating during recovery from dynamic exercise in humans. *J Appl Physiol*. 2004; 96: 2207–12.
19. Crandall CG, Stephens DP, Johnson JM. Muscle metaboreceptor modulation of cutaneous active vasodilation. *Med Sci Sports Exerc*. 1998; 30 (4): 490–6.

20. Kondo N, Tominaga H, Shibasaki M, et al. Modulation of the thermoregulatory sweating response to mild hyperthermia during activation of the muscle metaboreflex in humans. *J Physiol.* 1999; 515 (2): 591–8.
21. Spranger MD, Sala-Mercado JA, Coutsos M, et al. Role of cardiac output versus peripheral vasoconstriction in mediating muscle metaboreflex pressor responses: dynamic exercise versus postexercise muscle ischemia. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2013; 304: R657–63.
22. Shibasaki M, Sakai M, Oda M, et al. Muscle mechanoreceptor modulation of sweat rate during recovery from moderate exercise. *J Appl Physiol.* 2004; 96: 2115–9.
23. Mack GW, Cordero D, Peters J. Baroreceptor modulation of active cutaneous vasodilation during dynamic exercise in humans. *J Appl Physiol.* 2001; 90: 1464–73.
24. Wilkins BW, Minson CT, Halliwill JR. Regional hemodynamics during postexercise hypotension. II. Cutaneous circulation. *J Appl Physiol.* 2004; 97: 2071–6.
25. Johnson JM. Exercise in a hot environment: the skin circulation. *Scand J Med Sci Sport.* 2010; 20 Suppl 3: 29–39.
26. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *J Appl Physiol.* 2010; 109: 1221–8.
27. Kondo N, Takano S, Aoki K, et al. Regional differences in the effect of exercise intensity on thermoregulatory sweating and cutaneous vasodilation. *Acta Physiol Scand.* 1998; 164: 71–8.
28. Roelands B, Meeusen R. Alterations in central fatigue by pharmacological manipulations of neurotransmitters in normal and high ambient temperature. *Sports Med.* 2010; 40 (3): 229–46.
29. Nakamura K, Matsumura K, Hubschle T, et al. Identification of sympathetic premotor neurons in medullary raphe regions mediating fever and other thermoregulatory functions. *J Neurosci.* 2004; 24: 5370–80.
30. Hasegawa H, Ishiwata T, Saito T, et al. Inhibition of the preoptic area and anterior hypothalamus by tetrodotoxin alters thermoregulatory functions in exercising rats. *J Appl Physiol.* 2005; 98 (4): 1458–62.
31. Fritzsche RG, Coyle EF. Cutaneous blood flow during exercise is higher in endurance-trained humans. *J Appl Physiol.* 2000; 88: 738–44.
32. Simmons GH, Wong BJ, Holowatz LA, et al. Changes in the control of skin blood flow with exercise training: where do cutaneous vascular adaptations fit in? *Exp Physiol.* 2011; 96 (9): 822–8.
33. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Phys Rev.* 2001; 81 (4): 1725–89.
34. Nybo L, Secher NH. Cerebral perturbations provoked by prolonged exercise. *Prog Neurobiol.* 2004; 72 (4): 223–61.
35. Marino FE. The critical limiting temperature and selective brain cooling: neuroprotection during exercise? *Int J Hyperthermia.* 2011; 27 (6): 582–90.
36. Wegmann M, Faude O, Poppendieck W et al. Pre-Cooling and sports performance. A meta-analytical review. *Sports Med.* 2012; 42 (7): 545–64.
37. Ross M, Abbiss C, Laursen P, et al. Precooling methods and their effects on athletic performance: a systematic review and practical applications. *Sports Med.* 2013; 43 (3): 207–25.
38. Hausswirth C, Le Meur Y. Physiological and nutritional aspects of post-exercise recovery: specific recommendations for female athletes. *Sports Med.* 2011; 41 (10): 861–82.
39. Quan N, Xin L, Ungar A, et al. Preoptic norepinephrine-induced hypothermia is mediated by alpha 2-adrenoceptors. *Am J Physiol.* 1992; 262: R407–11.
40. Imbery T, Irdmusa M, Speidell A, et al. The effects of Cirazoline, an alpha-1 adrenoceptor agonist, on the firing rates of thermally classified anterior hypothalamic neurons in rat brain slices. *Brain Res.* 2008; 1193: 93–101.
41. Ishiwata T, Saito T, Hasegawa H, et al. Changes of body temperatures and extracellular serotonin level in the preoptic area and anterior hypothalamus after thermal or serotonergic pharmacological stimulation of freely moving rats. *Life Sci.* 2004; 75 (22): 2665–75.
42. Hasegawa H, Yazawa T, Yasumatsu M, et al. Alteration in dopamine metabolism in the thermoregulatory center of exercising rats. *Neurosci Lett.* 2000; 289 (3): 161–4.
43. Yehuda S, Wurtmann RJ. Release of brain dopamine as the probable mechanism for the hypothermic effect by D-amphetamine. *Nature.* 1972; 240 (5382): 477–8.
44. Malberg JE, Seiden LS. Small changes in ambient temperature cause large changes in 3,4-methylenedioxy-methamphetamine (MDMA)-induced serotonin neurotoxicity and core body temperature in the rat. *J Neurosci.* 1998; 18 (13): 5086–94.
45. Myles BJ, Jarrett LA, Broom LJ, et al. The effects of methamphetamine on core body temperature in the rat - Part 1: chronic treatment and ambient temperature. *Psychopharmacol.* 2008; 198: 301–11.
46. Gonzales-Alonso J, Crandall CG, Johnson JM. The cardiovascular challenge of exercising in the heat. *J Physiol.* 2008; 586 (1): 45–53.
47. Kellogg DL Jr, Zhao JL, Wu Y. Endothelial nitric oxide synthase control mechanisms in the cutaneous vasculature of humans in vivo. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2008; 295: H123–9.

48. Kellogg DL Jr, Zhao JL, Wu Y, et al. Nitric oxide and receptors for VIP and PACAP in cutaneous active vasodilation during heat stress in humans. *J Appl Physiol.* 2012; 113: 1512–8.
49. Vissing SF, Scherrer U, Victor RG. Increase of sympathetic discharge to skeletal muscle but not to skin during mild lower body negative pressure in humans. *J Physiol.* 1994; 481 (1): 233–41.
50. Halliwill JR, Taylor JA, Eckberg DL. Impaired sympathetic vascular regulation in humans after acute dynamic exercise. *J Physiol* 1996; 495 (1): 279–88.
51. Braverman IM. The cutaneous microcirculation: ultrastructure and microanatomical organization. *Microcirculation.* 1997; 4 (3): 329–40.
52. Bergersen TK, Hisdal J, Wall_e L. Perfusion of the human finger during cold-induced vasodilatation. *Am J Physiol.* 1999; 276 (3 Pt 2): R731–7.
53. Gardner-Medwin JM, Taylor JY, Macdonald IA, et al. An investigation into variability in microvascular skin blood flow and the responses to transdermal delivery of acetylcholine at different sites in the forearm and hand. *Br J Clin Pharmacol.* 1997; 43: 391–7.
54. Medbo JJ, Hisdal J, Strandén E. Blood flow in the brachial artery increases after intense cycling exercise. *Scand J Clin Lab Invest.* 2009; 69 (7): 752–63.
55. Saad AR, Stephens DP, Bennett LT, et al. Influence of isometric exercise on blood flow and sweating in glabrous and nonglabrous human skin. *J Appl Physiol.* 2001; 91: 2487–92.
56. Yamazaki F. Vasomotor responses in glabrous and nonglabrous skin during sinusoidal exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34: 767–72.
57. Keramidas ME, Musizza B, Kounalakis SN, et al. Enhancement of the cold-induced finger vasodilation response with exercise training. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 109: 133–40.
58. Dobnikar U, Kounalakis SN, Mekjavic IB. The effect of exercise-induced elevation in core temperature on cold-induced vasodilatation response in toes. *Eur J Appl Physiol.* 2009; 106: 457–64.
59. Leppaluoto J, Korhonen I, Hassi J. Habituation of thermal sensations, skin temperatures, and norepinephrine in men exposed to cold air. *J Appl Physiol.* 2001; 90: 1211–8.
60. Yamazaki F, Sone R, Zhao K, et al. Rate dependency and role of nitric oxide in the vascular response to direct cooling in human skin. *J Appl Physiol.* 2006; 100: 42–50.
61. Derbyshire PJ, Barr H, Davis F, et al. Lactate in human sweat: a critical review of research to the present day. *J Physiol Sci.* 2012; 62: 429–40.
62. Cotter JD, Patterson MJ, Taylor NA. The topography of eccrine sweating in humans during exercise. *Eur J Appl Physiol Occ Physiol.* 1995; 71: 549–54.
63. Patterson MJ, Galloway SD, Nimmo MA. Variations in regional sweat composition in normal human males. *Expt Physiol.* 2000; 85: 869–75.
64. Buono MJ, Lee NV, Miller PW. The relationship between exercise intensity and the sweat lactate excretion rate. *J Physiol Sci.* 2010; 60: 103–7.
65. Frye AJ, Kamon E. Sweating efficiency in acclimated men and women exercising in humid and dry heat. *J Appl Physiol Resp Environ Exerc Physiol.* 1983; 54: 972–7.
66. Saat M, Sirisinghe RG, Singh R, et al. Effects of short-term exercise in the heat on thermoregulation, blood parameters, sweat secretion and sweat composition of tropic dwelling subjects. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 2005; 24: 541–9.
67. Buono MJ, Martha SL, Heaney JH. Peripheral sweat gland function is improved with humid heat acclimation. *J Therm Biol.* 2009; 34: 127–30.
68. Lorenzo S, Minson, CT. Heat acclimation improves cutaneous vascular function and sweating in trained cyclists. *J Appl Physiol.* 2010; 109 (6): 1736–43.
69. Fellmann N, Grizard G, Coudert J. Human frontal sweat rate and lactate concentration during heat exposure and exercise. *J Appl Physiol Resp Environ Exerc Physiol.* 1983; 54: 355–60.
70. Lamont LS. Sweat lactate secretion during exercise in relation to women's aerobic capacity. *J Appl Physiol.* 1987; 62: 194–8.
71. Buono MJ, Sjöholm NT. Effect of physical training on peripheral sweat production. *J Appl Physiol.* 1988; 65 (2): 811–4.
72. Yamazaki F, Sone R, Ikegami H. Responses of sweating and body temperature to sinusoidal exercise. *J Appl Physiol.* 1994; 76: 2541–45.
73. Pilardeau PA, Lavie F, Vaysse J, et al. Effect of different work-loads on sweat production and composition in man. *J Sports Med Phys Fit.* 1988; 28: 247–52.
74. Gagnon D, Kenny GP. Sex differences in thermoeffector responses during exercise at fixed requirements for heat loss. *J Appl Physiol.* 2012; 113: 746–57.

75. Journeay WS, Reardon FD, McInnis NH, et al. Nonthermoregulatory control of cutaneous vascular conductance and sweating during recovery from dynamic exercise in women. *J Appl Physiol.* 2005; 99: 1816–21.
76. Kenny GP, Murrin JE, Journeay WS, et al. Differences in the postexercise threshold for cutaneous active vasodilation between men and women. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2006; 290: R172–9.
77. Pilardeau PA, Chalumeau MT, Harichaux P, et al. Effect of physical training on exercise induced sweating in men. *J Sports Med Phys Fit.* 1988; 28: 176–80.
78. Green JM, Bishop PA, Muir IH, et al. Effects of high and low blood lactate concentrations on sweat lactate response. *Int J Sports Med.* 2000; 21: 556–60.
79. Green JM, Bishop PA, Muir IH, et al. Lactate-sweat relationships in younger and middle-aged men. *J Aging Phys Act.* 2001; 9: 67–77.
80. Sawka MN, Young AJ, Francesconi RP, et al. Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels. *J Appl Physiol.* 1985; 59: 1394–401.
81. Montain SJ, Latzka WA, Sawka MN. Control of thermoregulatory sweating is altered by hydration level and exercise intensity. *J Appl Physiol.* 1995; 79: 1434–9.
82. Ichinose T, Okazaki K, Masuki S, et al. Ten-day endurance training attenuates the hyperosmotic suppression of cutaneous vasodilation during exercise but not sweating. *J Appl Physiol.* 2005; 99: 237–43.
83. Takamata A, Mack GW, Gillen CM, et al. Osmoregulatory modulation of thermal sweating in humans: reflex effects of drinking. *Am J Physiol.* 1995; 268: R414–22.
84. Takamata A, Nagashima K, Nose H, et al. Osmoregulatory inhibition of thermally induced cutaneous vasodilation in passively heated humans. *Am J Physiol.* 1997; 273: R197–204.
85. Mora-Rodriguez R, Hamouti N. Salt and fluid loading: effects on blood volume and exercise performance. *Med Sport Sci.* 2012; 59: 113–9.
86. Charkoudian N, Halliwill JR, Morgan BJ, et al. Influences of hydration on post-exercise cardiovascular control in humans. *J Physiol.* 2003; 552 (2): 635–44.
87. Sawka MN, Francesconi RP, Young AJ., et al. Influence of hydration level and body fluids on exercise performance in the heat. *JAMA.* 1984; 252: 1165–9.
88. Murray R. Fluid needs in hot and cold environments. *Int J Sports Nutrition.* 1995; 5 Suppl: S62–72.
89. Armstrong LE, Costill DL, Fink WJ. Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1985; 17 (4): 456–61.
90. Febbraio M, Snow R, Stathis CG, et al. Effect of heat stress on muscle energy metabolism during exercise. *J Appl Physiol.* 1994; 77 (6): 2827–31.
91. Epstein Y, Roberts WO. The pathophysiology of heat stroke: an integrative view of the final common pathway. *Scand J Med Sci Sports.* 2011; 21: 742–8.
92. Heled Y, Fleischmann C, Epstein Y. Cytokines and their role in hyperthermia and heat stroke. *J Basic Clin Physiol Pharmacol.* 2013; 24 (2): 85–96.
93. Mora-Rodriguez R. Influence of aerobic fitness on thermoregulation during exercise in the heat. *Exerc Sport Sci Rev.* 2012; 40 (2): 79–87.
94. Faulkner JA, Zerba E, Brooks SV. Muscle temperature in mammals: coolin impairs most functional properties. *Am J Physiol.* 1990; 28: 259–65.
95. Oksa J, Rintamaki H, Rissanen S. Muscle performance and electromyographic activity of the lower leg muscles with different levels of cold exposure. *Eur J Appl Physiol.* 1997; 75: 484–90.
96. Comeau MJ, Potteiger JA, Brown LE. Effects of environmental cooling on force production in the quadriceps and hamstrings. *J Strength Cond Res.* 2003; 17 (2): 279–84.
97. Cheung SS, Sleivert GG. Lowering of skin temperature decreases isokinetic maximal force production independent of core temperature. *Eur J Appl Physiol.* 2004; 91(5–6): 723–8.
98. Dewhurst S, Riches PE, Nimmo MA, et al. Temperature dependence of soleus h-reflex and M wave in young and older women. *Eur J Appl Physiol.* 2005; 94: 491–9.
99. Castellani JW, Young AJ, Sawka MN, et al. Human thermoregulatory responses during serial cold-water immersions. *J Appl Physiol.* 1998; 85 (1): 204–9.
100. Gagnon D, Kenny GP. Does sex have an independent effect on thermoeffector responses during exercise in the heat? *J Physiol.* 2012; 590 (Pt 23): 5963–73.
101. Frye AJ, Kamon E. Response to dry heat of men and women with similar aerobic capacities. *J Appl Physiol Respirat Environ Exercise Physiol.* 1981; 50 (1): 65–70.

Nejka Potočnik¹

Aktivnost avtonomnega živčevja med telesno vadbo

Autonomic Nervous System Activity During Physical Exercise

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: telesni napor, avtonomno živčevje, centralno povelje, barorefleks, refleks aktivnih skeletnih mišic, variabilnost srčne frekvence, hitrost povrnitve srčne frekvence k nižjim vrednostim

Prilagoditve telesa na napor so deloma posledica lokalnih sprememb notranjega okolja, večji del prilagoditev pa je sistemskih in vplivajo predvsem na spremenjeno delovanje srčno-žilnega sistema. Pri tem ima ključno vlogo avtonomni živčni sistem. Končni namen prilagoditve srčno-žilnega sistema na telesno aktivnost je, da telo dobi zadosti kisika za opravljanje dela med naporom. Večja obremenitev pomeni večjo porabo kisika in zato terja večje prilagoditve telesa. Centralno povelje, baroreceptorski refleksi, ki med telesno aktivnostjo spremenijo območje delovanja, refleksi aktivnih skeletnih mišic, centralni termorefleksi in drugi refleksi, ki se aktivirajo med telesnim naporom, poskrbijo za to, da se delovanje srčno-žilnega sistema spremeni do te mere, da natančno uravna dotok kisika v telo in njegovo porazdelitev po tkivih. Pri tem sodelujeta simpatično in parasimpatično živčevje. Med stopnjevano telesno vadbo se aktivnost parasimpatičnega živčevja zmanjšuje, aktivnost simpatičnega pa povečuje. Aktivnost posamezne veje avtonomnega živčevja med telesno vadbo in po njej merimo z analizo variabilnosti srčne frekvence in z določanjem hitrosti vračanja srčne frekvence k mirovni vrednosti po končanem naporu. Novejše študije dokazujejo, da redna telesna vadba ščiti avtonomni živčni sistem pred starostnimi spremembami. Poleg tega telesna aktivnost izboljša stanje bolnikov z motnjami v delovanju avtonomnega živčnega sistema. Svetovna zdravstvena organizacija zdravemu odraslemu človeku priporoča zmerno telesno aktivnost 30 minut petkrat tedensko.

ABSTRACT

KEY WORDS: exercise, autonomic nervous system, central command, baroreflex, exercise pressor reflex, heart rate variability, heart rate recovery

The autonomic nervous system plays a crucial role in the cardiovascular response to exercise. During exercise, oxygen uptake increases to meet increased energy consumption. Central command, baroreflex with its resetting, exercise pressor reflex, central thermo reflex and other reflexes are important in determining the cardiovascular response to exercise in order to precisely match systemic oxygen delivery with its consumption. The interplay of decreased parasympathetic and increased sympathetic activity during graded exercise succeeds to adjust the cardiovascular function to increased metabolic demand.

¹ Asist. dr. Nejka Potočnik, dipl. ing. fizike, Inštitut za fiziologijo, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Zaloška cesta 4, 1000 Ljubljana; nejka.potocnik@mf.uni-lj.si

Heart rate variability analysis and heart rate recovery after exercise could be used to determine the activation of autonomic nervous system during and after exercise. There is now convincing evidence that some of the protective effects of chronic exercise training have positive impact on the autonomic nervous system. Additionally, regular long-term exercise can be used therapeutically to treat autonomic disorders. For healthy adults, the World Health Organization recommends moderate-intensity exercise of at least 30 minutes 5 days per week.

METODE ZA VREDNOTENJE AKTIVNOSTI AVTONOMNEGA ŽIVČNEGA SISTEMA MED TELESNO VADBO

Avtonomni živčni sistem (AŽS) uravnava tonus gladkih mišic, srčno akcijo, delovanje žlez z notranjim in zunanjim izločanjem ter vpliva na presnovo. Anatomsko in fiziološko ločimo dve veji AŽS: simpatično in parasimpatično živčevje. Prvo deluje difuzno na celo telo, njegov učinek traja običajno dlje časa, drugo deluje specifično in prehodno (1). Največkrat je njuno delovanje nasprotno, aktivnost enega vpliva na aktivnost drugega (1). Med telesno vadbo se aktivnost AŽS spremeni in poskrbi za to, da se telo prilagodi večji porabi energije.

Za spremljanje aktivnosti avtonomnega živčnega sistema med telesno vadbo lahko uporabljamo različne merilne metode. Merimo lahko lokalno ali sistemsko aktivnost, neposredno (npr. električna aktivnost avtonomnih živčnih vlaken, koncentracija kateholaminov v krvi) ali posredno preko vpliva AŽS na tarčni organ. Eferentno pot AŽS običajno sestavljata dva nevrona: presinaptični in postsinaptični. Živčni prenašalec sinaptičnega prenosa med presinaptičnim in postsinaptičnim nevromom je v obeh vejah AŽS acetilholin, ki deluje na nikotinske receptorje v postsinaptični membrani. Difuzno delovanje simpatičnega živčevja je posledica velike prepletenosti njegovih eferentnih poti in aktivacije središče nadledvične žleze, ko se v kri izplavljajo kateholamini. Stik postganglionarne

ga nevrona s tarčnim organom je pri parasimpatičnem živčevju holinergičen, receptorji na tarčnem organu so muskarinski. Postganglionarna vlakna simpatičnega živčevja so večinoma adrenergična, receptorji pa so različni: α in β . Vazokonstrikcija je posledica delovanja simpatičnega živčevja preko adrenergičnih receptorjev α . Simpatično živčevje vpliva na srce preko adrenergičnih receptorjev β_1 , ter na gladke mišice v dihalnih poteh in žilah preko adrenergičnih receptorjev β_2 , kjer njihova aktivacija povzroči dilatacijo. Odziv organa na simpatično aktivnost je odvisen od gostote in vrste adrenergičnih receptorjev. Obstajajo tudi holinergična simpatična vlakna, ki jih je manj in oživčujejo žleze znojnice ter gladke mišice v steni nekaterih žil v koži in skeletnih mišicah (1).

Meritve aktivnosti AŽS, povezane s telesnim naporom, lahko izvajamo v različnih pogojih. Lahko izmerimo skupno aktivnost med naravno telesno vadbo ali pa izključimo posamezne fiziološke sisteme, ki bi lahko imeli vpliv na skupno avtonomno aktivnost. Meritve lahko potekajo:

- med naravno telesno vadbo, npr. med stopnjevanjem telesnim naporom (slika 1),
- ob nameri za gibanje, pri čemer mišice, ki jih nameravamo uporabiti, začasno paraliziramo,
- med električnim draženjem motoričnega korteksa brez namere za gibanje in
- med električno stimulacijo mišične kontrakcije tistih skeletnih mišic, ki jih pri telesni vadbi uporabljamo.

Za ocenjevanje aktivnosti AŽS med telesno vadbo uporabljamo različne merilne metode. Nekatere so uporabne samo za poskuse na živalih (npr. kirurška prekinitev avtonomnih nevronskih povezav in uporaba genske tehnologije).

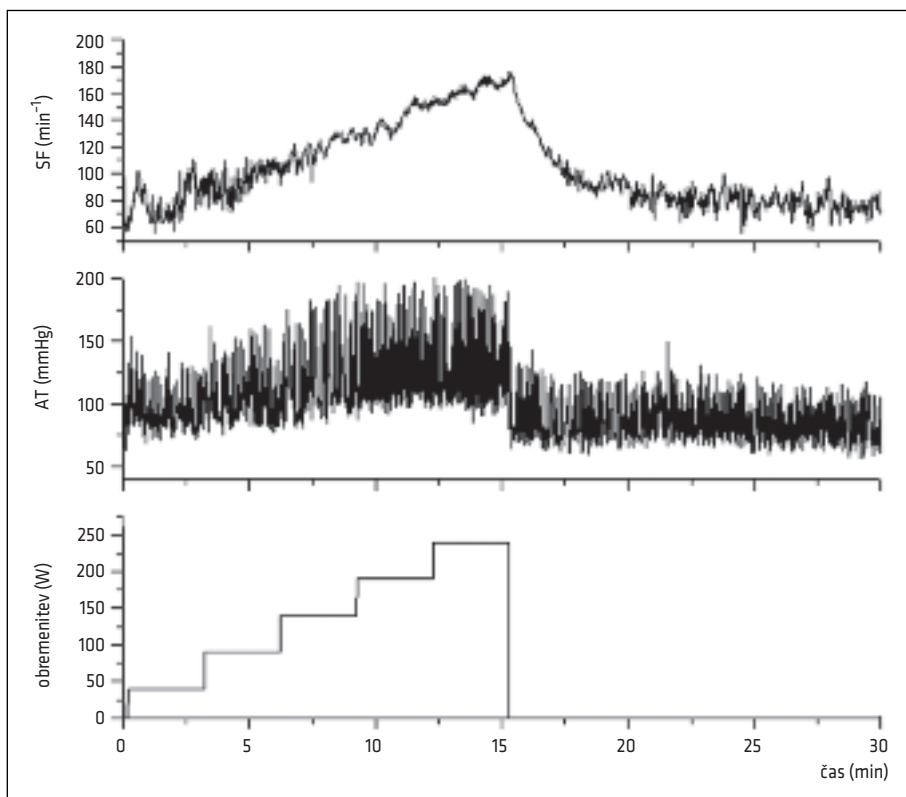
Merjenje aktivnosti parasimpatičnega živčevja med telesno vadbo

Aktivnost parasimpatičnega živčevja med telesnim naporom ocenjujemo predvsem glede na njegove vplive na srčno akcijo, še posebej na srčno frekvenco (SF). Intrinzično SF določa hitrost spontane diastolne depolarizacije v sinoatrialnem vozlu, ki je posledica toka ionov K^+ skozi smešne kalijeve kanale (angl. *funny channels*) na mem-

brani celic sinoatrialnega vozla (2). Ker adrenergični receptorji β in muskarinski receptorji preko cAMP vplivajo na delovanje smešnih kalijevih kanalov, aktivnost AŽS vpliva na vrednost SF. Parasimpatično živčevje zmanjša hitrost spontane diastolne depolarizacije in tako niža SF (negativni kronotropni vpliv), simpatično pa jo viša (pozitivni kronotropni vpliv). V mirovanju prevladuje vpliv parasimpatičnega živčevja.

Merimo lahko vpliv aktivacije parasimpatičnega živčevja na:

- vrednost SF,
- variabilnost SF (angl. *heart rate variability*, HRV) in
- hitrost povrnitve SF k nižjim vrednostim po končanem submaksimalnem naporu (angl. *heart rate recovery*, HRR).



Slika 1. Spreminjanje srčne frekvence (SF) in arterijskega krvnega tlaka (AT) v povezavi s protokolom telesne vadbe (obremenitev) na sobnem kolesu. Vadba se začne pri 40 W in se vsake tri minute poveča za 50 W do 85 % maksimalne srčne frekvence (SF_{max}) pri zdravem 20-letnem preiskovancu.

Vpliv parasimpatičnega živčevja na srčno akcijo lahko določamo tudi z aplikacijo antagonistov muskarinskih receptorjev (npr. atropina), ki s kompetitivno inhibicijo preprečijo delovanje parasimpatičnega živčevja na tarčne organe (3). Atropin lahko apliciramo pred telesno vadbo ali med njo. Aplikacija atropina pred telesno vadbo povzroči zvišanje SF v mirovanju, ker prekinemo negativni kronotropni vpliv vagusnega živca na srce. S tem prekinemo tudi negativni vpliv vagusnega živca na moč kontrakcije levega prekata. Zmanjšanega vpliva parasimpatičnega živčevja na moč kontrakcije srca ne moremo ločiti od prispevka po Frank-Starlingovem zakonu, po katerem se zaradi zvišane SF zmanjša polnitev prekata v diastoli. Prekrivanje kontraktilnih vlaken v srčnih mišičnih celicah ni več optimalno, zato se zmanjša moč kontrakcije. Vsako dodatno zvišanje SF po aplikaciji atropina pomeni povečano aktivnost simpatičnega živčevja. Zvišanje SF po aplikaciji atropina med telesno vadbo odraža vpliv parasimpatičnega živčevja v trenutku aplikacije, ki je odvisen od intenzivnosti in časa trajanja telesne vadbe (4).

Metoda HRV temelji na primerjavi zaporednih intervalov RR (čas med dvema zobcema R v EKG-ju) (4, 5). Interval RR se od utripa do utripa spreminja. HRV lahko ocenimo subjektivno glede na časovno spreminjanje SF (slika 1) oziroma intervala RR, ovrednotimo pa jo v časovni ali v frekvenčni domeni (slika 2). Pri slednji uporabimo različne metode frekvenčne analize (npr. Fourier, avtoregresijska metoda in druge).

Najpogosteje uporabljeni časovni parametri so:

- standardni odklon intervalov RR (povprečen standardni odklon intervalov RR v vseh petminutnih odsekih posnetka (angl. *Standard Deviation of NN intervals*, SDNN) in standardni odklon povprečij intervalov RR v vseh petminutnih odsekih posnetka (angl. *Standard Deviation of the Averages of NN*, SDANN)),
- kvadratni koren povprečja kvadratov odklonov zaporednih intervalov RR (angl. *Root Mean Square of the Successive Differences*, RMSSD) in
- število ter delež intervalov RR, ki se od povprečnega ločijo za več kot 50 ms (NN50 in pNN50).

HRV lahko predstavimo tudi s Poincaréjevim diagramom, ki prikazuje korelacijo med zaporednimi intervali RR (slika 2). Elipsa, ki se najbolje prilega točkam v diagramu, ima glavno os pod kotom 45° glede na os x. Standardni odklon v smeri kratke osi elipse (SD1) se v glavnem pripisuje vplivu dihanja na HRV, standardni odklon v smeri glavne osi (SD2) pa vsem ostalim vplivom (6). Razmerje SD2/SD1 ovrednoti naključne utripe (6).

SF se tudi v mirovanju ves čas spreminja, kar vidimo kot spreminjanje intervala RR od utripa do utripa. Interval RR ves čas niha okoli povprečne vrednosti (slika 2). Vsako nihanje lahko z matematičnim postopkom razstavimo na več nihanj z različnimi frekvencami (frekvenca nihanja RR ni enaka kot SF) in amplitudami. Če sta na primer SF in s tem interval RR modulirana pretežno z dihanjem (pri vdihu se RR podaljša, pri izdihu pa skrajša) in dihamo s 15 vdihmi na minuto (0,25 na sekundo), se interval RR spreminja natanko s to frekvenco. Frekvenčna analiza takega spreminjanja RR bi imela en sam visok vrh pri frekvenci 0,25 Hz. Ker na spreminjanje intervala RR vplivajo še številni drugi dejavniki, ima frekvenčna analiza več različno visokih vrhov, ki so med seboj povezani. Sliki povezanih vrhov v odvisnosti od frekvence pravimo frekvenčni spekter (slika 2). Frekvenčni spekter lahko razdelimo v pasove frekvenc in določimo površino pod spektrom v posameznem frekvenčnem pasu (moč dela spektra) (slika 2). Standardni parametri frekvenčne analize HRV so (7):

- moč zelo nizkofrekvenčnega dela spektra (VLF) v mejah 0,0033–0,04 Hz,

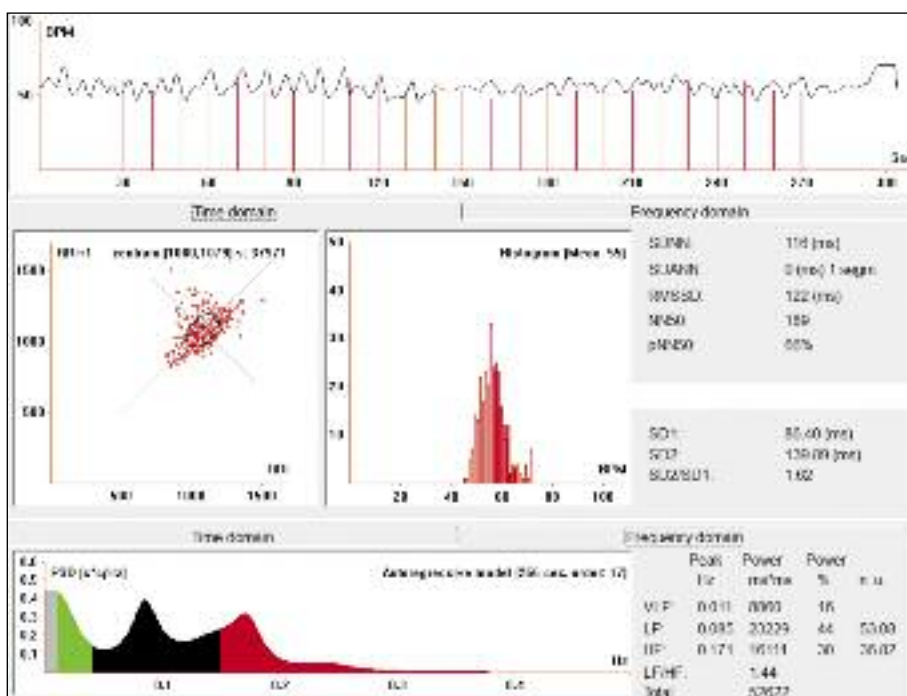
- moč nizkofrekvenčnega dela spektra (LF) v mejah 0,04–0,15 Hz in
- moč visokofrekvenčnega dela spektra (HF) v mejah 0,15–0,4 Hz.

Lahko so izraženi absolutno ali relativno glede na celotno moč spektra. Razmerje moči nizkofrekvenčnega in visokofrekvenčnega dela spektra (LF/HF, slika 2) je merilo uravnoveženosti obeh avtonomnih vej. Visoke vrednosti kažejo na prevlado simpatičnega živčevja, nizke pa parasimpatičnega (7). Slabost frekvenčne analize

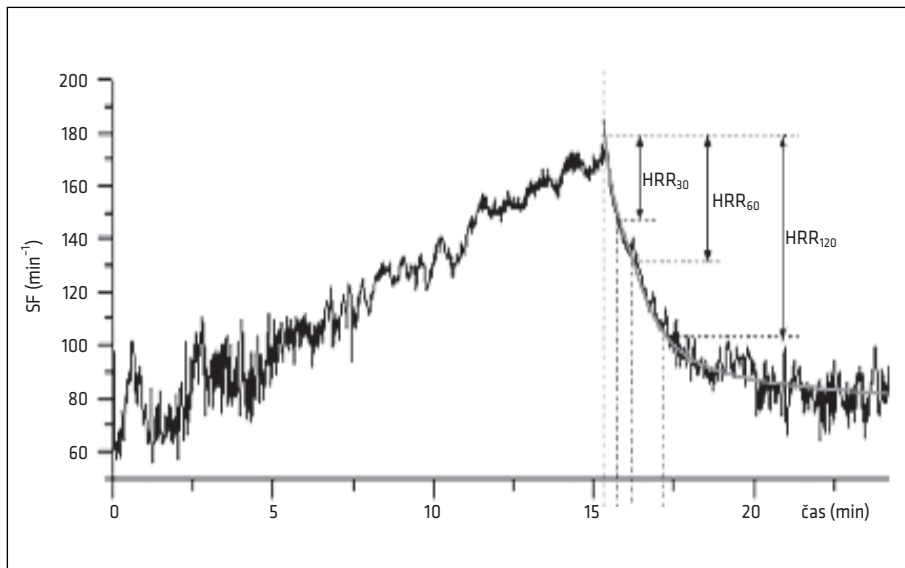
HRV je, da jo lahko uporabimo le, kadar se SF v povprečju ne spreminja, torej le v ti- stih fazah telesnega napora, ko je SF stacionarna (8).

Parasimpatično živčevje večja variabilnost SF (vrednosti SDNN, RMSSD, pNN50 ter HF) (9).

Pri metodi HRR stopnjevano telesno vadbo prekinemo pri submaksimalni obremenitvi. To je obremenitev, pri kateri dosežemo 85% maksimalne srčne frekvence (SF_{max}) (10). SF takoj po prekinitvi vadbe začne hitro padati proti mirovni vrednosti. Časovni potek



Slika 2. Analiza variabilnosti srčne frekvence (HRV) v mirovanju, kot jo omogoča analizni program *Cardio-Soft* (Houston, Teksas). Zgoraj je prikazano časovno spreminjanje intervalov RR, v sredini časovna analiza HRV (levo Poincaréjev diagram, desno histogram intervalov RR), spodaj pa frekvenčni spekter po avtoregresijski metodi (na osi x je frekvenca). BPM – utrip na minuto, RR_i – i-ti interval RR, RR_{i+1} – naslednji interval RR od i-tega, SDNN – standardni odklon intervalov RR, SDANN – standardni odklon povprečnih intervalov RR v petminutnih časovnih intervalih, RMSSD – kvadratni koren povprečja kvadratov odklonov zaporednih intervalov RR, NN50 – število intervalov RR, ki se od povprečnega intervala RR razlikujejo za več kot 50 ms, pNN50 – delež intervalov RR, ki se od povprečnega intervala RR razlikujejo za več kot 50 ms, PSD – gostota močnostnega spektra, VLF – pas zelo nizkih frekvenc (zeleno območje), LF – pas nizkih frekvenc (črno območje), HF – pas visokih frekvenc (rdeče območje), *peak* – vrednost frekvence z največjo spektralno gostoto v posameznem frekvenčnem pasu, *power* – vrednost spektralne gostote v različnih enotah (ms², %, n. u. – LF/(LF+HF) in HF/(LF+HF)).



Slika 3. Hitrost povrnitve srčne frekvence (SF) k nižjim vrednostim po končanem submaksimalnem naporu po protokolu telesne vadbe (obremenitev) na sobnem kolesu. Vadba se začne pri 40 W in se vsake tri minute poveča za 50 W do 85 % maksimalne srčne frekvence (SF_{max}) pri zdravem 20-letnem preiskovancu. HRR_{30} – absolutno zmanjšanje SF v 30 sekundah, HRR_{60} – absolutno zmanjšanje SF v eni minuti, HRR_{120} – absolutno zmanjšanje SF v dveh minutah.

padanja je približno eksponenten s časovno konstanto okoli 50 sekund. Merimo absolutno zmanjšanje SF v 30 sekundah (HRR_{30}), v eni minuti (HRR_{60}) ali v dveh minutah (HRR_{120}) po končanem naporu (slika 3). Ker je padanje SF po koncu napora povezano z reakcijo parasimpatičnega živčevja, je HRR dobro merilo aktivnosti le-tega (7).

Merjenje aktivnosti simpatičnega živčevja med telesno vadbo

Aktivnost simpatičnega živčevja se kaže v lokalnem vplivu na posamezne organe (srce, kožo, ledvice, mišice) in sistemsko zaradi izločanja kateholaminov iz sredice nadledvične žleze v kri.

Aktivnost simpatičnega živčevja lahko spremljamo:

- neposredno preko električne aktivnosti v postganglionarnih simpatičnih nevronih (mikronevrografija),
- z merjenjem koncentracije živčnih prenašalcev v krvi,

- z aplikacijo antagonistov teh živčnih prenašalcev in
- posredno preko neposrednega vpliva simpatičnega živčevja na tarčne organe.

Številne sodobne radiološke tehnike, kot sta pozitronska emisijska tomografija (angl. *positron emission tomography*, PET) in enofotonska emisijska računalniška tomografija (angl. *single photon emission computed tomography*, SPECT), omogočajo vizualizacijo simpatične aktivnosti, vendar zaradi gibanja preiskovanca niso primerne za uporabo med telesnim naporom.

Mikronevrografija, s katero merimo električno aktivnost postganglionarnih simpatičnih živčnih končičev, je edina direktna metoda za merjenje aktivnosti simpatičnega živčevja. Pri ljudeh se med telesnim naporom mikronevrografija uporablja za merjenje simpatične aktivnosti v nevronih, ki oživčujejo gladke mišice v steni arteriol v neaktivnih skeletnih mišicah (angl. *muscle*

sympathetic nerve activity, MSNA) in v simpatičnih živčnih končičih, ki oživčujejo kožo (angl. *skin sympathetic nerve activity*, SSNA) tistega dela telesa, ki pretežno miruje (11). Merjenje simpatične aktivnosti v notranjih organih, npr. v ledvicah, (angl. *renal sympathetic nerve activity*, RSNA) je povezano z zahtevno kirurško namestitvijo elektrode in je zato omejeno le na poskusne živali (12).

Med telesno vadbo lahko merimo koncentracije noradrenalina v krvni plazmi preiskovanca. Noradrenalin se sprošča iz postganglionarnih simpatičnih nevronov kot odziv na aktivacijo simpatičnega živčevja. Deloma se reabsorbira nazaj v živčne končiče, deloma pa se zunaj nevrona razgradi. Le majhen delež difundira v kri, kjer je njegova koncentracija odvisna tudi od hitrosti izločanja iz telesa (13). Njegova koncentracija v krvni plazmi se merljivo poveča le med hudim telesnim naporom, pri katerem sodeluje velik del skeletnih mišic (14). Pri merjenju vrednosti med različnimi skupinami je zaradi velikih variacij v hitrosti izločanja noradrenalina iz telesa nezanesljiva (14).

Nevropeptid Y se izloča iz simpatičnih živčnih končičev, kadar je simpatična stimulacija zelo močna. Njegov razpolovni čas je precej daljši od razpolovnega časa noradrenalina. Merjenje koncentracije nevropeptida Y v krvni plazmi dobro sovпада z aktivnostjo simpatičnega živčevja, kadar je ta velika (15).

Vpliv simpatičnega živčevja na izločanje adrenalina iz sredice nadledvične žleze med telesnim naporom določamo z merjenjem plazemske koncentracije adrenalina (16). Aktivnost simpatičnega živčevja med telesno vadbo lahko izmerimo tudi z aplikiranjem antagonistov adrenergičnih receptorjev α in β (npr. propranolol, fentolamin) (13). Kot v študijah z atropinom tudi te antagoniste preiskovancu apliciramo pred vadbo ali med njo in na ta način določimo tisti prispevek simpatične aktivacije, ki je posredovan preko nadledvične žleze.

Moč nizkofrekvenčnega dela spektra HRV se včasih uporablja kot merilo aktivnosti simpatičnega živčevja, vendar ta metoda za ocenjevanje simpatične aktivnosti ni splošno uveljavljena (14).

PARASIMPATIČNO ŽIVČEVJE MED TELESNO AKTIVNOSTJO Nizke telesne obremenitve

Kadar vadimo pri nizki, konstantni obremenitvi, SF narašča le na začetku vadbe, potem pa se ustali na novi, višji ravnovesni vrednosti. Če obremenitev stopnjujemo, se vrednost SF zvišuje, dokler ne dosežemo SF_{max} .

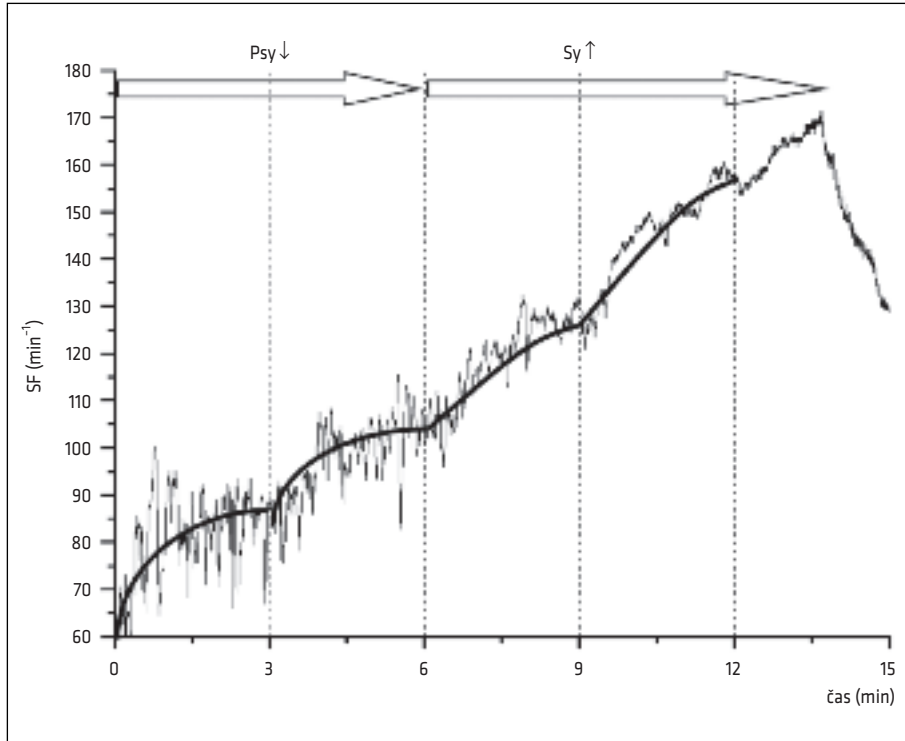
Na začetku aerobne telesne vadbe, ko so obremenitve nizke, se SF viša zaradi zmanjšane aktivnosti parasimpatičnega živčevja (slika 4). Eksperimentalni dokazi za to so številni (slika 4) (17, 18):

- spreminjanje SF po začetku napora je hitro, ravnovesno vrednost SF dosežemo v nekaj minutah,
- med telesnim naporom se HRV zmanjša (na sliki 4 opazimo očitno razliko med časovnim spreminjanjem intervala RR pri nizkih obremenitvah, ko je variabilnost velika in pri veliki obremenitvi, ko praktično izgine),
- z aplikacijo atropina pred telesno vadbo preprečimo naraščanje SF med zmernim telesnim naporom in
- če zmerno obremenitev prekinemo, časovni potek HRR približno sovпада s spreminjanjem SF po tem, ko nenadoma prekinemo inhibicijo vagusnega živca.

Zmerne in hude telesne obremenitve

Med stopnjevano telesno aktivnostjo se inhibicija parasimpatičnega živčevja stopnjuje (slika 3), kar dokazujemo s tem, da se (19):

- s stopnjevanjem naporom HRV zmanjšuje, je pa še vedno opazna, in
- aplikacija atropina prepreči ali močno zmanjša naraščanje SF ob zmernih obremenitvah. Če pa so obremenitve večje, atropin postane neučinkovit.



Slika 4. Spreminjanje srčne frekvence (SF) med telesnim naporom po protokolu telesne vadbe (obremenitev) na sobnem kolesu. Vadba se začne pri 40 W in se vsake tri minute poveča za 50 W do 85 % maksimalne srčne frekvence (SF_{max}) pri zdravem 20-letnem preiskovancu. Tanka črta kaže vrednosti SF, debela pa njeno povprečno spreminjanje glede na čas. Pri nizkih obremenitvah SF močno variira in v treh minutah doseže ravnovesno vrednost. Pri visokih obremenitvah variabilnost SF izgine, SF ne doseže ravnovesja. Spreminjanje HRV dokazuje, da gre med stopnjevanim telesnim naporom za zmanjševanje aktivnosti parasimpatičnega živčevja ($Psy \downarrow$) in večanje aktivnosti simpatičnega ($Sy \uparrow$).

Ker SF kljub aplikaciji atropina pri hudih telesnih naporih narašča, sklepajo, da je to posledica povečane aktivnosti simpatičnega živčevja in njegovega vpliva na zvišanje SF (17, 18).

SF med stopnjevanim telesnim naporom narašča zaradi inhibicije parasimpatičnega živčevja do telesne obremenitve, ki jo zremo pri SF okoli 100 min^{-1} , pri večjih obremenitvah pa postaja bolj in bolj pomembna aktivacija simpatičnega živčevja (15).

Dolgotrajna telesna obremenitev (več kot 30 minut)

Pri dolgotrajni zmerni telesni obremenitvi se SF po tem, ko se je ustalila na ravnovesni

vrednosti, začne dvigovati nad to vrednost. Do tega najverjetneje pride zaradi nadaljnega zmanjševanja aktivnosti parasimpatičnega živčevja, ki se kaže tudi z zmanjšanjem HRV med dolgotrajnim tekom pri psih (20).

SIMPATIČNO ŽIVČEVJE MED TELESNO AKTIVNOSTJO

Nizke telesne obremenitve

Kot je omenjeno že v poglavju o aktivnosti parasimpatičnega živčevja med nizko telesno obremenitvijo, spreminjanja SF na začetku telesne obremenitve ne povezujejo z aktivnostjo simpatičnega živčevja, saj so študije pokazale, da (12, 17, 21):

- SF ob začetku telesnega napora narašča tudi po aplikaciji adrenergičnih blokatorjev β ,
- se izločanje adrenalina iz sredice nadledvične žleze ob začetku napora ne poveča (koncentracija adrenalina v krvi se poviša le pri izjemno hudih naporih ali kadar je napor povezan s strahom) in da
- SF po izoliranem draženju simpatičnih živčnih vlaken, ki delujejo na sinoatrialni vozle, narašča bistveno počasneje kot ob začetku telesnega napora.

Simpatično živčevje preko adrenergičnih receptorjev α vpliva tudi na upornost žil in s tem na pretok krvi. Stimulacija simpatičnega živčevja v mišicah povzroči vazokonstrikcijo. Pri aerobni vadbi nizkih obremenitev je vpliv simpatičnega živčevja na žile viden v neaktivnih mišicah, v aktivnih mišicah pa pride do vazodilatacije, ki je posledica lokalne regulacije z metaboliti.

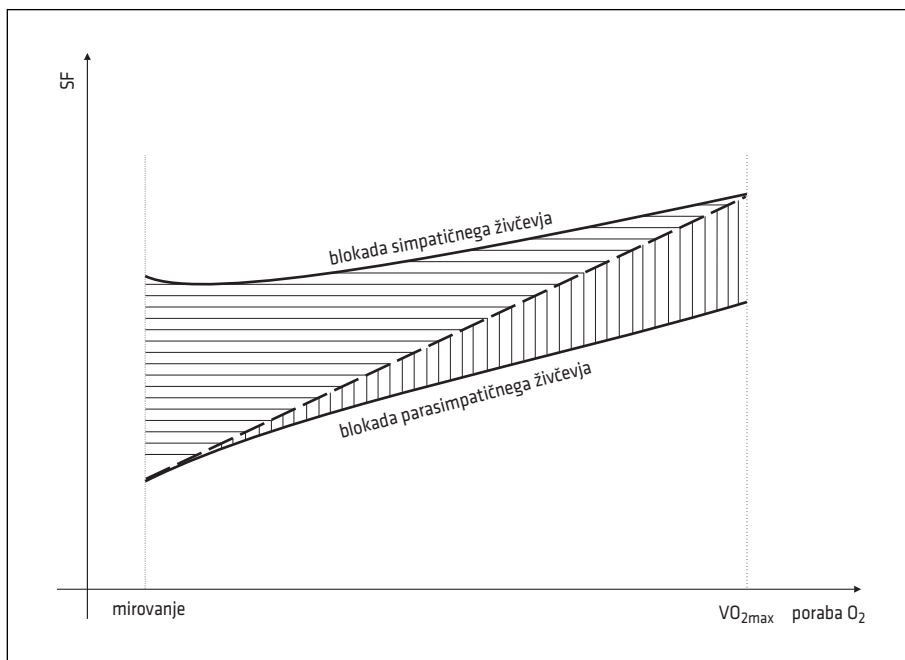
Pretok krvi v aktivnih skeletnih mišicah se poveča. Aktivnost simpatičnega živčevja v aktivnih mišicah se pri nizkih naporih ne poveča, saj bi njen učinek nasprotoval vazodilataciji, ki je nujna za prilagoditev mišice povečanim potrebam po kisiku (22).

Zmerne in hude telesne obremenitve

Močna aktivacija simpatične avtonomne osi se pojavi pri večjih telesnih obremenitvah, ko SF preseže vrednost 100 min^{-1} (od okoli 25 do 50 % maksimalne porabe kisika ($\text{VO}_{2\text{max}}$)) in se večja s stopnjevanjem napora (slika 5) (3, 15, 23).

Pri teh obremenitvah se najbolj aktivirajo simpatična vlakna, ki oživčujejo srce, ledvice, kožo in aktivne ter neaktivne skeletne mišice (23).

Simpatična aktivacija srca močno poveča minutni volumen srca (MVS), saj ima



Slika 5. Spreminjanje srčne frekvenca (SF) med vadbo na sobnem kolesu med naraščajočo obremenitvijo do maksimalne porabe kisika ($\text{VO}_{2\text{max}}$) kaže spreminjanje tonusa parasimpatičnega in simpatičnega živčevja med stopnjevanjem telesnim naporom (3). Črtkana črta kaže spreminjanje SF pri mladem zdravem preiskovanca, zgornja zvezna črta po predhodni aplikaciji atropina in spodnja zvezna črta po aplikaciji propranolola.

poleg vpliva na SF tudi vpliv na moč krčenja levega prekata.

V večjem delu kože pod vplivom simpatičnega živčevja pride do vazodilatacije, kar poveča oddajanje toplote, nujno za vzdrževanje telesne temperature med vadbo.

Aktivira se tudi simpatično živčevje, ki povzroči vazokonstrikcijo ledvičnega žilja, zaradi česar se poveča skupni periferni upor, pomemben za vzdrževanje arterijskega krvnega tlaka (AT) kljub vazodilataciji v aktivnih mišicah (23).

Pri zmernih do hudih telesnih naporih simpatično živčevje močno vpliva na žile v aktivnih skeletnih mišicah. Esler je s sodelavci dokazal, da se kar 60% vsega noradrenalina iz simpatičnih živčnih končičev sprosti prav v aktivnih mišicah (24). Kljub temu je pretok krvi skozi aktivne skeletne mišice povečan, da zadovolji povečano potrebo po kisiku. Pretok krvi je odvisen od žilne upornosti. Ta je rezultat kontrakcije gladkih mišic v žilni steni, na katero vplivajo (22):

- simpatično živčevje,
- koncentracija metabolitov (ogljikov dioksid, H^+ , ADP),
- koncentracija ionov K^+ v zunajcelični tekočini in
- prisotnost vazoaktivnih snovi, ki jih izloča žilni endotelij.

Med telesno aktivnostjo upornost žil v aktivnih skeletnih mišicah pade, v neaktivnih pa naraste. Uravnavanje pretoka krvi skozi mišico je preplet vseh naštetih dejavnikov. V aktivnih skeletnih mišicah pride do vazodilatacije zaradi:

- kopičenja produktov metabolizma,
- zvišane zunajcelične koncentracije ionov K^+ in
- vazodilatatornega vpliva dušikovega oksida (NO), ki se sprošča iz endotelnih celic kot posledica večjih strižnih sil v žilni steni.

Ker so endotelne celice med seboj povezane s tesnimi in presledkovnimi stiki, se vazodi-

latatorni dražljaj iz ene endotelne celice razširi na več milimetrov dolg žilni odsek (22).

Če telesna vadba vključuje večino skeletnih mišic, se lahko zaradi vazodilatacije v njih skupni periferni upor zmanjša do te mere, da AT pade in oskrba vitalnih delov telesa s krvjo postane nezadostna. Z aktivacijo simpatičnega živčevja, ki nasprotuje metabolni vazodilataciji, ohranimo sposobnost uravnavanja AT. Mehanizem, s katerim vzdržujemo pretok in obenem uravnavamo AT pri telesni obremenitvi, je funkcionalna simpatikoliza (25). Do simpatikolize pride v metabolno aktivnih delih mišice, zato sklepajo, da na mikroskopskem nivoju simpatikolizo povzročijo metaboliti, ki zavrejo sproščanje noradrenalina iz simpatičnih živčnih končičev ali pa zmanjšajo afiniteto adrenergičnih receptorjev α gladkih mišičnih celic v steni arteriol na noradrenalin (26).

Stopnjevana aktivacija simpatičnega živčevja v neaktivnih skeletnih mišicah povzroči stopnjevano vazokonstrikcijo, zaradi česar pride do prerazporeditve pretoka krvi iz neaktivnih mišic v pomembnejše organe (27).

Pri večjih naporih se poveča tudi izločanje adrenalina iz sredice nadledvične žleze. Koncentraciji noradrenalina in adrenalina v krvni plazmi se povečata z 1,4 nM in 0,25 nM v mirovanju na 20 nM oziroma 2 nM pri maksimalni obremenitvi (28).

Dolgotrajna telesna obremenitev (več kot 30 minut)

Med dolgotrajno submaksimalno telesno aktivnostjo pride do postopnega stopnjevanja aktivacije simpatičnega živčevja. To potrjujejo številne študije, ki so pokazale, da med dolgotrajno vadbo kljub obremenitvi narašča plazemska koncentracija (29, 30):

- noradrenalina,
- adrenalina, kar bi bilo lahko tudi posledica hipoglikemije zaradi izčrpanosti energetskega rezerv, in
- neuropeptida Y.

Glavni tarčni organ, kjer se v obdobju dolgotrajne telesne aktivnosti močno poveča tonus simpatičnega živčevja, so neaktivne skeletne mišice (23). Povečana upornost žil v neaktivnih skeletnih mišicah pripomore k uravnavanju AT med dolgotrajnim telesnim naporom (31).

MEHANIZMI, KI VPLIVAJO NA AKTIVACIJO AVTONOMNEGA ŽIVČEVJA

Spremenjeno aktivnost AŽS na začetku telesne vadbe povzroči začetni dražljaj, ki ga običajno poimenujemo centralno povelje (angl. *central command*) in izhaja iz primarne motorične skorje. Ob nameri za telesno aktivnost se hkrati aktivirata primarna motorična skorja in AŽS po principu vnaprejšnje priprave telesa na napor (*»feed forward«*). Fiziološki procesi se začnejo spreminjati. Zaradi teh sprememb se vzdražijo številni periferni in centralni receptorji. Negativne povratne povezave (refleksi) iz teh receptorjev nato modulirajo centralno povelje glede na stopnjo obremenitve, tip in trajanje napora (slika 6). Glavni modulatorji avtonomne aktivnosti med telesnim naporom so:

- refleks aktivnih mišic (angl. *exercise pressor reflex*),
- barorefleks,
- Bainbridgeev refleks,
- termorefleks,
- refleks na nateg v pljučih in
- metaborefleks dihalnih mišic.

Refleks aktivnih mišic

K temu refleksu štejemo vse odzive srčno-žilnega sistema, ki jih povzročijo aktivne skeletne mišice in imajo za posledico dvig AT med mišično aktivnostjo ter povečan pretok krvi skozi aktivne skeletne mišice (32). Glede na to, kateri receptorji v aktivni mišici se pri tem refleksu vzdražijo, ločimo metaborefleks in mehanorefleks. Metaborefleks aktivirajo metabolni produkti aktivnih skeletnih mišic (najmočnejše sprememba pH mišičnega intersticija), meha-

norefleks pa mehanski dražljaji. V obeh primerih se poveča aktivnost v aferentnih vlaknih tipa III in/ali tipa IV (33).

Odgovor na aktivacijo metaborefleksa je povečanje tonusa simpatičnega živčevja brez vpliva na tonus vagusnega živca. Posledično pride do (15):

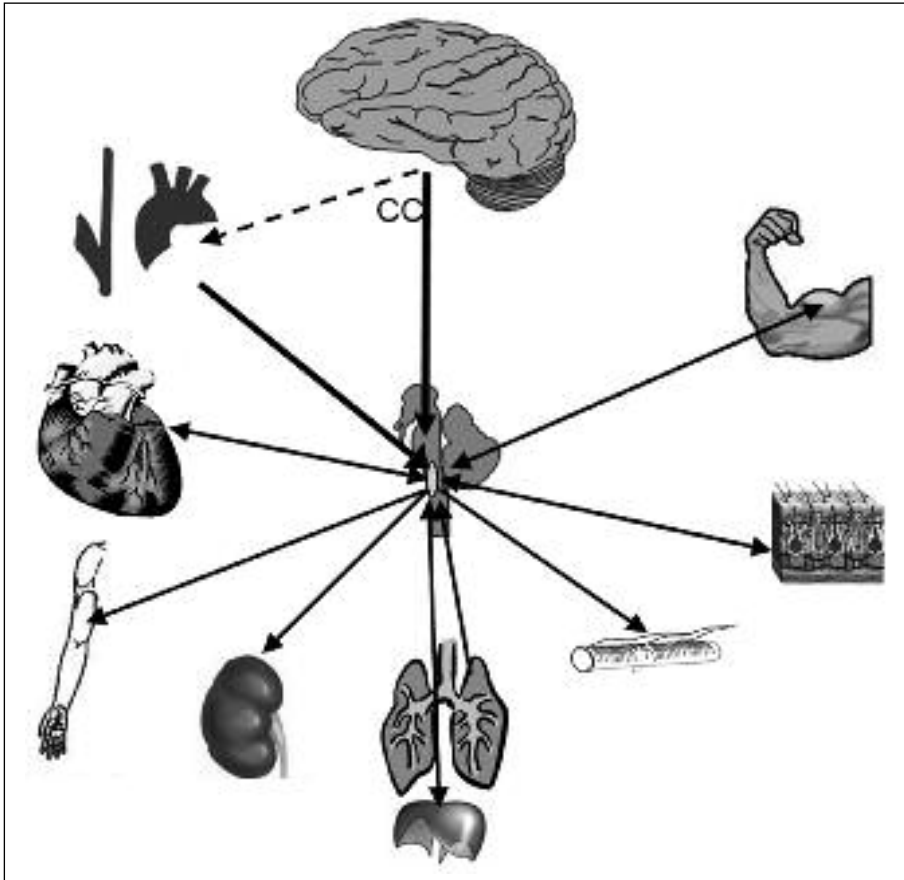
- zvišanja SF,
- povečanja moči kontrakcije srčnih prekatov in
- vazokonstrikcije plovodov razen v aktivnih mišicah, kjer jo preprečuje simpatikoliza.

Mehanorefleks poleg povečanega tonusa simpatičnega živčevja zmanjša tudi aktivnost vagusnega živca v srcu (15, 34). Ker mehanoreceptorji delujejo izrazito fazično, torej se trajajočemu dražljaju hitro prilagodijo, je mehanorefleks pomemben samo na začetku ali ob spremembi mišične aktivnosti (33).

Baroreceptorski refleks

Baroreceptorski refleks je primarni mehanizem, s katerim se organi ob posredovanju AŽS prilagajajo telesnemu naporu. Aktivira se ob spremembi AT in vpliva na SF in periferni žilni upor. Pri tem sodelujeta tako simpatično kot parasimpatično živčevje.

Pri živalih, ki so imele denervirane baroreceptorje, je AT takoj po začetku telesne vadbe močno padel (35). To pomeni, da je aktivacija barorefleksa nujna za vzdrževanje normalnega AT ob začetku napora. Baroreceptorji normalen AT na začetku napora prepoznajo kot prenizek, ker se takrat referenčna vrednost AT prestavi k višjim vrednostim (15). Za prestavitev delovne točke je odgovorno centralno povelje (15). Najhitrejši način za popraviljanje AT je vagalna modulacija srčne akcije, zato na začetku telesnega napora pride do inhibicije parasimpatičnega živčevja, ki povzroči višanje SF, MVS in AT. Med stopnjevanjem telesnim naporom se referenčna vrednost AT stalno zvišuje, vrednost je odvisna od intenzitete napora. Dokler se AT lahko uravna z zviševanjem SF, ki je posledica parasimpatične inhibicije,



Slika 6. Shematični prikaz nadzora aktivnosti avtonomnega živčnega sistema (AŽS) med telesno vadbo. CC – centralno povelje.

je aktivnost simpatiko-adrenalnega sistema minimalna ali pa je ni. Pri telesnih naporih od 20 do 50 % VO_{2max} pa se v proces uravnavanja vključi aktivacija simpatičnega živčevja, predvsem preko adrenergičnih vplivov β na SF in na moč krčenja prekatov. Če telesni napor še stopnjujemo proti maksimalnemu, se močno poveča izločanje adrenalina iz sredice nadledvične žleze, ki še dodatno zveča omenjeni količini. Pri tako visokih obremenitvah pride do vazokonstrikcije tudi v aktivnih skeletnih mišicah (22).

Bainbridgeev refleks

Baroreceptorski refleks in Bainbridgeev refleks med telesnim naporom delujeta

sočasno, a v nasprotnem smislu. Bainbridgeev refleks nadzira polnitev desnega atrija, torej razteg stene desnega atrija. Kadar je polnitev prevelika, se inhibira živčna aktivnost simpatičnega živčevja, kar pripelje do vazodilatacije. Poveča se podajnost arterijskega sistema in kri se prerazporedi iz venskega dela v arterijski. Sproščajo se tudi hormoni, ki uravnavajo volumen zunajcelične tekočine in vplivajo na izločanje natrija in vode (npr. atrijski natriuretični peptid) (3).

Med telesno aktivnostjo, še posebej če smo v pokončnem položaju, mišična črpalka s pritiskom na vene nog povzroči povečan venski dotok v srce in s tem večjo polnitev

desnega atrija. To privede do zmanjšane tonusa simpatičnega živčevja na začetku takšne vadbe (15).

Vse več je dokazov, da se tudi Bainbridgeevemu refleksu med telesno aktivnostjo referenčna točka prestavi k večjim polnivam (36).

Termorefleks

Telesna aktivnost je vedno povezana z nastajanjem toplote, ki jo telo lahko oddaja s:

- sevanjem,
- toplotnim prevajanjem,
- izhlapevanjem vode s površine kože in
- dihanjem (vdihan mrzel zrak se v telesu segreje, izdihan zrak je topel).

Termorefleksi, ki ga sprožijo centralni termoreceptorji v hipotalamusu, med telesnim naporom skrbi za prerazporejanje pretoka krvi iz aktivnih skeletnih mišic v kožo, kjer poteka oddajanje toplote s toplotnim prevajanjem in z izhlapevanjem. Mehanizmi, ki večajo pretok krvi skozi aktivne mišice, delujejo v nasprotni smeri kot termorefleksi. Tako med telesnim naporom en in drug sistem tekmujeta za pretok krvi (12). Kadar termoregulatorni vplivi prevladajo (npr. pri telesni aktivnosti v vlažnem, toplem okolju), lahko znižan periferni upor zaradi vazodilatacije v koži in v aktivnih mišicah privede do padca AT. V takih razmerah AŽS v prvi vrsti ohranja AT, da zagotovi prekrvljenost vitalnih organov ne glede na temperaturo jedra telesa (12). Zaradi zvišane temperature jedra telesa lahko pride do toplotne kapi, pri kateri se pojavijo znaki zmedenosti in slabost. Razvijeta se lahko nezavest ali koma, slednja pa lahko vodi v smrt. Zato se velja izogibati telesni vadbi v termično neugodnih okoljih.

Refleks na nateg v pljučih

Dihanje preko AŽS vpliva na SF, prav tako pa tudi na aktivnost simpatičnega živčevja v skeletnih mišicah. Refleks izhaja iz pljučnih receptorjev na razteg. Med vdihom se

pri človeku inhibira, med izdihom pa aktivira MSNA v mirovanju (37). Spremenjen vzorec dihanja med telesno vadbo bi lahko prispeval k spremenjeni aktivnosti AŽS, vendar jasnih dokazov za to ni (37).

Metaborefleks dihalnih mišic

To je refleks, ki je podoben metaborefleksu aktivnih skeletnih mišic, a ga sprožijo metaboreceptorji v dihalnih mišicah. Zagotavlja zadostno prekrvljenost dihalnih mišic med telesnim naporom. Delo dihalnih mišic se med telesno vadbo poveča. Pri ekstremnih telesnih naporih pride do utrujanja dihalnih mišic zaradi kopičenja metabolitov anaerobnega metabolizma, kar vzdraži metaboreceptorje v teh mišicah. Odziv AŽS je povečana aktivnost simpatičnega živčevja s periferno vazokonstrikcijo, tudi v skeletnih mišicah, ki so pri tem naporu udeležene. Posledično se tok krvi preusmeri v dihalne mišice (38).

PRILAGODITEV NA REDNO TELESNO VADBO

Telesna vadba za človeško telo pomeni neke vrste fiziološki stres, na katerega se telo, kadar ta vadba postane redna, začne prilagajati. Prilagoditve so posledica spremenjenega delovanja AŽS in se izrazijo v mirovanju, še posebej pa med telesno aktivnostjo, ki je podobna redni telesni vadbi. Lahko rečemo, da pride do optimalizacije fizioloških procesov med vadbo in tudi v mirovanju. Na ta način se lahko trenirane osebe prilagajajo večjim spremembam, poveča se območje homeostaze in obremenitev za telo pomeni manjši stres (12).

Dolgotrajna vzdržljivostna telesna vadba na aktivnost AŽS v mirovanju vpliva na dva načina (39):

- poveča se aktivnost parasimpatičnega in
- zmanjša aktivnost simpatičnega živčevja.

To dvoje, skupaj z znižanjem intrinzične SF, ki je tudi posledica redne telesne aktivnosti, povzroči, da je SF športnikov

v mirovanju nižja (40). S staranjem tonus parasimpatičnega živčevja usiha, vendar lahko z redno vzdržljivo telesno vadbo ta proces zavremo (40). Svetovna zdravstvena organizacija (angl. *World Health Organization*, WHO) zdravemu odraslemu človeku priporoča zmerno telesno aktivnost 30 minut petkrat tedensko in telesno aktivnost do maksimalnih obremenitev, ki naj poteka pod nadzorom (41).

Spremembe v mirovanju

Pri treniranih je SF v mirovanju po navadi nižja kot pred redno vadbo. Razlag za to je več. Nekateri menijo, da je znižanje SF v mirovanju pri športnikih posledica večje vagalne modulacije, drugi pa trdijo, da se športnikom zniža intrinzična SF, torej frekvenca sproženja akcijskih potencialov v sinoatrialnem vozlu ne glede na aktivnost AŽS (39). Prvemu mnenju v prid so študije pokazale, da se po blokadi parasimpatičnega živčevja z atropinom SF pri treniranih poveča bolj kot pri netreniranih (40). Variabilnost SF, ki je kazalec aktivnosti parasimpatičnega živčevja, je pri treniranih v mirovanju večja kot pri tistih, ki ne vadijo redno (12). Po drugi strani pa številne študije trdijo nasprotno. Prekomerna telesna vadba vodi celo v zmanjšano vagalno modulacijo SF v mirovanju (43). Do teh nasprotnih rezultatov najbrž pride zato, ker na prilagoditev najbolj vpliva izhodiščna absolutna vrednost vagalne modulacije v mirovanju, ki pa je ne znamo izmeriti (12). Tisti z nižjo izhodiščno vrednostjo naj bi se na vadbo odzvali bolj kot tisti z višjo (12).

Velja laično mnenje, da je v mirovanju simpatična aktivnost pri treniranih zmanjšana, rezultati raziskav pa so si spet nasprotni. Po eni strani se pri redno vadečih SF ob blokadi adrenergičnih receptorjev β zmanjša manj kot pri nevadečih (44). Število in afiniteta teh receptorjev v srcu se pri treniranih živalih zmanjšata (45). Po drugi strani je koncentracija adrenalina pri športnikih v mirovanju višja kot pri nešportni-

kih (46). Pretreniranost nedvomno vodi v večji tonus simpatičnega živčevja v mirovanju (43).

Redna telesna vadba vpliva tudi na adrenergično aktivnost α in njen vpliv na žile, vendar pa tudi tu rezultati raziskav niso enotni. Vazokonstrikcija pod vplivom adrenergičnih agonistov α se je v nekaterih študijah pri treniranih zmanjšala, v drugih se ni spremenila, v tretjih pa se je celo povečala (47–49). Če pri redno telesno vadečih pride do zmanjšane vazokonstrikcije kot odziv na adrenergično stimulacijo α , je to posledica večje od NO odvisne vazodilatacije (47).

Spremembe med telesno aktivnostjo

Ločimo dve vrsti fizioloških prilagoditev na redno telesno vadbo (12):

- prilagoditev na telesno obremenitev je hitrejša kot pred redno telesno vadbo, nekateri fiziološki kazalci napora pa se pri isti obremenitvi spremenijo manj kot pred redno telesno vadbo (npr. trenirani isto obremenitev zmore pri nižji SF) in
- drugi fiziološki kazalci napora se med vadbo spreminjajo enako, kot preden smo redno trenirali, relativno pa je njihova sprememba manjša, ker se je zaradi redne vadbe povečala njihova največja vrednost (npr. trenirana oseba ima večjo VO_{2max} , tako da isto obremenitev zmore pri relativno manjši porabi kisika).

Simpatična avtonomna aktivnost med potekom telesne vadbe pri zmernih do submaksimalnih telesnih naporih je pri redno vadečih precej nižja kot pri nevadečih (50). Če z redno telesno vadbo prekinemo, se kmalu spet poveča (51).

Vzrok za spremembe tako vagalne kot simpatične modulacije srčne akcije pri treniranih med vadbo je spremenjeno delovanje dveh ključnih kontrolnih mehanizmov, ki vplivata na prilagoditev AŽS med telesno aktivnostjo (12):

- centralnega povelja in
- območja delovanja baroreceptorskega refleksa.

Manjša aktivacija centralnega povelja pri redno vadečih med telesno vadbo povzroči manj vagalne modulacije SF ter hkrati manj spremeni območje delovanja barorefleksa. S tem razložimo, zakaj trenirani enak

napor premaguje pri nižji SF in nižjem AT kot netrenirani.

Novjša spoznanja dokazujejo, da redna telesna aktivnost vpliva neposredno na remodeliranje nevronskih mrež v centralnem živčevju tako, da je končni rezultat spremenjena periferna avtonomna aktivnost, ki po obdobju brez treninga izzveni (52, 53).

LITERATURA

1. Dale M, Haylett DG. The autonomic nervous system. In: *Pharmacology Condensed*. Churchill Livingstone; 2009. p. 26–32.
2. DiFrancesco D. Funny channels in the control of cardiac rhythm and mode of action of selective blockers. *Pharmacol Res.* 2006; 53 (5): 399–406.
3. Robinson BF, Epstein SE, Beiser GD, et al. Control of heart rate by the autonomic nervous system. Studies in man on the interrelation between baroreceptor mechanisms and exercise. *Circ Res.* 1966; 19 (2): 400–11.
4. Billman GE, Dujardin JP. Dynamic changes in cardiac vagal tone as measured by time-series analysis. *Am J Physiol.* 1990; 258 (3): H896–902.
5. Brenner IK, Thomas S, Shephard RJ. Spectral analysis of heart rate variability during heat exposure and repeated exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1997; 76 (2): 145–56.
6. Carrasco S, Gaitán MJ, González R, et al. Correlation among Poincaré plot indexes and time and frequency domain measures of heart rate variability. *J Med Eng Technol.* 2001; 25 (6): 240–8.
7. Malik M. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation.* 1996; 93 (5): 1043–65.
8. Casadei B, Cochrane S, Johnston J, et al. Pitfalls in the interpretation of spectral analysis of the heart rate variability during exercise in humans. *Acta Physiol Scand.* 1995; 153 (2): 125–31.
9. Hayano J, Sakakibara Y, Yamada A, et al. Accuracy of assessment of cardiac vagal tone by heart rate variability in normal subjects. *Am J Cardiol.* 1991; 67 (2): 199–204.
10. Danieli A, Lusa L, Potočnik N, et al. Resting heart rate variability and heart rate recovery after submaximal exercise. *Clin Auton Res.* 2014; 24 (2): 53–61.
11. Seals DR, Victor RG. Regulation of muscle sympathetic nerve activity during exercise in humans. *Exerc Sport Sci Rev.* 1991; 19: 313–49.
12. Seals DR. The autonomic nervous system. In: Farrell PA, Joyner MJ, et al., eds. *ACSM's Advanced Exercise Physiology*. American College of Sports Medicine; 2012. p. 194–241.
13. Grassi G, Esler M. How to assess sympathetic activity in humans. *J Hypertens.* 1999; 17 (6): 719–34.
14. Christensen NJ, Galbo H. Sympathetic nervous activity during exercise. *Annu Rev Physiol.* 1983; 45: 139–53.
15. Rowell LB, O'Leary DS, Kellogg DL. Integration of cardiovascular control systems in dynamic exercise. In: Rowell LB, Sheperd JT, eds. *Handbook of Physiology*. New York: Oxford University; 1996. p. 770–838.
16. Kjaer M. Epinephrine and some other hormonal responses to exercise in man: with special reference to physical training. *Int J Sports Med.* 1989; 10 (1): 2–15.
17. Fagraeus L, Linnarsson D. Autonomic origin of heart rate fluctuations at the onset of muscular exercise. *J Appl Physiol.* 1976; 40 (5): 679–82.
18. Pierpont GL, Adabag S, Yannopoulos D. Pathophysiology of exercise heart rate recovery: a comprehensive analysis. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2013; 18 (2): 107–17.

19. Robinson S, Pearcy M, Brueckmann FR. Effects of atropine on heart rate and oxygen intake in working man. *J Appl Physiol.* 1953; 5 (9): 508–12.
20. Kukielka M, Seals DR, Billman GE. Cardiac vagal modulation of heart rate during prolonged submaximal exercise in animals with healed myocardial infarctions: effects of training. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2006; 290 (4): H1680–5.
21. Warner HR, Cox A. A mathematical model of heart rate control by sympathetic and vagus efferent information. *J Appl Physiol.* 1962; 17: 349–55.
22. Hudlicka O. Microcirculation in the skeletal muscle. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2011; 1 (1): 3–11.
23. Hagberg JM, Seals DR, Yerg JE, et al. Metabolic responses to exercise in young and older athletes and sedentary men. *J Appl Physiol (1985).* 1988; 65 (2): 900–8.
24. Esler M, Jennings G, Lambert G, et al. Overflow of catecholamine neurotransmitters to the circulation: source, fate, and functions. *Physiol Rev.* 1990; 70 (4): 963–85.
25. VanTeeffelen JW, Segal SS. Interaction between sympathetic nerve activation and muscle fibre contraction in resistance vessels of hamster retractor muscle. *J Physiol.* 2003; 550 (2): 563–74.
26. Thomas GD, Segal SS. Neural control of muscle blood flow during exercise. *J Appl Physiol (1985).* 2004; 97 (2): 731–8.
27. Saito M, Tsukanaka A, Yanagihara D, et al. Muscle sympathetic nerve responses to graded leg cycling. *J Appl Physiol (1985).* 1993; 75 (2): 663–7.
28. Lehmann M, Keul J, Huber G, et al. Plasma catecholamines in trained and untrained volunteers during graduated exercise. *Int J Sports Med.* 1981; 2 (3): 143–7.
29. Galbo H, Holst JJ, Christensen NJ. Glucagon and plasma catecholamine responses to graded and prolonged exercise in man. *J Appl Physiol.* 1975; 38 (1): 70–6.
30. Pernow J, Lundberg JM, Kaijser L, et al. Plasma neuropeptide Y-like immunoreactivity and catecholamines during various degrees of sympathetic activation in man. *Clin Physiol.* 1986; 6 (6): 561–78.
31. Rowell LB. Neural control of muscle blood flow: importance during dynamic exercise. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 1997; 24 (2): 117–25.
32. Mitchell JH, Kaufman MP, Iwamoto GA. The exercise pressor reflex: its cardiovascular effects, afferent mechanisms, and central pathways. *Annu Rev Physiol.* 1983; 45: 229–42.
33. Kaufman MP. The exercise pressor reflex in animals. *Exp Physiol.* 2012; 97 (1): 51–58.
34. Saito M, Naito M, Mano T. Different responses in skin and muscle sympathetic nerve activity to static muscle contraction. *J Appl Physiol* 1990; 69 (6): 2085–90.
35. Raven PB, Fadel PJ, Ogoh S. Arterial baroreflex resetting during exercise: a current perspective. *Exp Physiol.* 2006; 91 (1): 37–49.
36. Ogoh S, Brothers RM, Barnes Q, Eubank WL, Hawkins MN, Purkayastha S, O-Yurvati A, Raven PB. Cardiopulmonary baroreflex is reset during dynamic exercise. *J Appl Physiol (1985).* 2006; 100 (1): 51–9.
37. Seals DR, Suwarno NO, Dempsey JA. Influence of lung volume on sympathetic nerve discharge in normal humans. *Circ Res.* 1990; 67 (1): 130–41.
38. Seals DR. Robin Hood for the lungs? A respiratory metaboreflex that »steals« blood flow from locomotor muscles. *J Physiol.* 2001; 537 (1): 2.
39. Katona PG, McLean M, Dighton DH, et al. Sympathetic and parasympathetic cardiac control in athletes and nonathletes at rest. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1982; 52 (6): 1652–7.
40. Carter JB, Banister EW, Blaber AP. Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. *Sports Med.* 2003; 33 (1): 33–46.
41. WHO. Global recommendations on physical activity for health [internet]. 2010 [citirano 2014 Jul 12]. Dosegljivo na: http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241599979_eng.pdf
42. Fu Q, Levine BD. Exercise and the autonomic nervous system. In Buijs RM, Swaab DF, eds. *Handb Clin Neurol.* 2013; 117: 147–160.
43. Iellamo F, Legramante JM, Pigozzi F, et al. Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. *Circulation.* 2002; 105 (23): 2719–24.
44. Ekblom B, Kilbom A, Soltysiak J. Physical training, bradycardia, and autonomic nervous system. *Scand J Clin Lab Invest.* 1973; 32 (3): 251–6.
45. Hammond HK, White FC, Brunton LL, et al. Association of decreased myocardial beta-receptors and cholinotropic response to isoproterenol and exercise in pigs following chronic dynamic exercise. *Circ Res.* 1987; 60 (5): 720–6.

46. Kjaer M. Epinephrine and some other hormonal responses to exercise in man: with special reference to physical training. *Int J Sports Med.* 1989; 10 (1): 2–15.
47. Delp MD, McAllister RM, Laughlin MH. Exercise training alters endothelium-dependent vasoreactivity of rat abdominal aorta. *J Appl Physiol* (1985). 1993; 75 (3): 1354–63.
48. Jones PP, Shapiro LF, Keisling GA, et al. Is autonomic support of arterial blood pressure related to habitual exercise status in healthy men? *J Physiol.* 2002; 540 (2): 701–6.
49. Svedenhag J, Martinsson A, Ekblom B, et al. Altered cardiovascular responsiveness to adrenoceptor agonists in endurance-trained men. *J Appl Physiol* (1985). 1991; 70 (2): 531–8.
50. Péronnet F, Cléroux J, Perrault H, et al. Plasma norepinephrine response to exercise before and after training in humans. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1981; 51 (4): 812–5.
51. Hagberg JM, Hickson RC, McLane JA, et al. Disappearance of norepinephrine from the circulation following strenuous exercise. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1979; 47 (6): 1311–4.
52. Mueller PJ. Physical (in)activity-dependent alterations at the rostral ventrolateral medulla: influence on sympathetic nervous system regulation. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2010; 298 (6): R1468–74.
53. Mischel NA, Llewellyn-Smith IJ, Mueller PJ. Physical (in)activity-dependent structural plasticity in bulbospinal catecholaminergic neurons of rat rostral ventrolateral medulla. *J Comp Neurol.* 2014; 522 (3).

Prispelo 9. 7. 2014

Lovro Žiberna¹

Nenamerni doping v športu

Inadvertent Doping in Sport

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: doping, prehranska dopolnila, šport, terapevtska izjema, zdravniške napake

Nenamerni doping je nenamerna kršitev protidopinških pravil, ki je pogosto posledica strokovne napake, neznanja ali malomarnosti. Glede na etiologijo nenamernega dopinga ločimo: nezavedno jemanje prepovedane zdravilne učinkovine zaradi namernega dodajanja le-te v prehrano ali v športne napitke s strani tretje osebe; neustrezno farmakološko zdravljenje vrhunskega športnika z zdravilnimi učinkovinami, ki so na Listi prepovedanih snovi in postopkov; neustrezna ureditev dokumentacije za pridobitev statusa terapevtske izjeme pri športnikih s kroničnimi bolezenskimi stanji (ti športniki lahko sicer ob ustrezno postavljeni diagnozi v terapevtske namene uporabljajo snovi, ki so na Listi prepovedanih snovi in postopkov); kontaminacija prehrane oziroma živil s prepovedanimi snovmi iz okolja; pasivna inhalacija prepovedanih snovi; uživanje prehranskih dopolnil, ki so kontaminirana s prepovedanimi snovmi. Športnik je sam odgovoren za snovi, ki pridejo v njegovo telo, zato tudi v primerih nenamernega dopinga veljajo za športnike enake sankcije kot za športnike, ki so namerno jemali prepovedane snovi.

ABSTRACT

KEY WORDS: doping, nutritional supplements, sports, therapeutic use exemption, medical errors

Inadvertent doping is defined as an unintentional breach of anti-doping rules, which is often the result of professional errors, negligence or ignorance. Depending on etiology, inadvertent doping can be due to: unconscious taking of a prohibited drug substance due to the deliberate addition of it in the diet or in sports drinks by a third party (coach, physician); improper pharmacological treatment of a professional athlete with active substances that are on the List of prohibited substances and methods; inadequate documentation for obtaining the therapeutic use exemption for athletes with chronic medical conditions (when appropriate diagnosis is established, these athletes are allowed to use substances from the List of prohibited substances and methods for therapeutic purposes); food contamination with prohibited substances from the environment; passive inhalation of prohibited substances; usage of dietary supplements that are contaminated with the prohibited substances. The athlete is solely responsible for the substances which enter his body, thus even in the case of inadvertent doping, athletes are subject to the same sanctions as athletes who are intentionally taking a banned substance.

¹ Doc. dr. Lovro Žiberna, mag. farm., Inštitut za farmakologijo in eksperimentalno toksikologijo, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Korytkova ulica 2, 1000 Ljubljana; SLOADO, Slovenska antidoping organizacija, Celovška cesta 25, 1000 Ljubljana; lovro.ziberna@mef.uni-lj.si

UVOD

Športniki so po načelu striktno odgovornosti, ki ga definira Svetovni kodeks proti dopingju, odgovorni za vse prepovedane snovi, njihove metabolite ali označevalce, najdene v njihovem vzorcu, ne glede na izvor ali odsotnost motivacije (1, 2). Športniki morajo sami poskrbeti, da prepovedane snovi ne pridejo v njihovo telo.

Lista prepovedanih snovi in postopkov (LPSP) je mednarodni standard, ki identifikira snovi in postopke, prepovedane v športu. Leta 1968 jo je prvič izdal Mednarodni olimpijski komite (MOK), od leta 2004 pa je za pripravo in izdajo odgovorna Svetovna protidopinška agencija (angl. *World Anti-Doping Agency*, WADA), ki seznam posodobi vsako leto 1. januarja. Pogoj za uvrstitev na LPSP je, da ima snov ali postopek zagotovljena vsaj dva od treh kriterijev (1, 3):

- dokaz, da ima snov ali postopek potencialni vpliv na izboljšanje telesnih zmogljivosti,
- dokaz, da snov ali postopek predstavlja tveganje za zdravje športnika, in
- določbo s strani WADA, da uporaba snovi ali postopka krši športni duh tekmovanja.

Lista, ki je trenutno v veljavi, razvršča prepovedane snovi po farmakoloških skupinah (kategorije S), kot so anabolični agensi, peptidni hormoni, rastni dejavniki, β 2-agonisti, antagonistni hormonov, diuretiki, stimulansi, narkotiki, kanabinoidi in glukokortikosteroidi. Hkrati prepoveduje tudi določene postopke (kategorije M), kot so manipulacije krvi, kemijske in fizične manipulacije ter genski doping (3). LPSP razvršča snovi v tiste, ki so vedno prepovedane, in tiste, ki so prepovedane le na tekmovanjih. Prav tako so prepovedane tudi snovi, ki niso nujno navedene na LPSP, vendar imajo podobno kemijsko zgradbo ali podobno biološki učinek kot navedene snovi.

Poleg namernega dopinga, kjer športnik zavestno uporablja prepovedane snovi

in postopke z namenom izboljšanja telesnih sposobnosti, se danes pojavlja tudi problem nenamernega dopinga. V teh primerih se v bioloških vzorcih na kontroli dopinga odkrije prisotnost prepovedane snovi, čeprav je športnik ni jemal zavestno. Nenamerni doping obsega vse nenamerne kršitve protidopinških pravil, ki so posledica strokovne napake, neznanja ali malomarnosti (4). Do tega pogosto pride zaradi nezavednega zaužitja prepovedane zdravilne učinkovine v hrani, v prehranskem dopolnilu, v športni pijači oziroma pri pasivni inhalaciji iz okolja. Prav tako je nenamerni doping lahko posledica farmakološkega zdravljenja z zdravilnimi učinkovinami, ki so na LPSP, brez predhodne ureditve terapevtske izjeme pri protidopinški organizaciji.

Na podlagi analize biološkega vzorca za zdaj ne moremo ugotoviti, ali je izvor prepovedane snovi posledica nenamernega dopinga (npr. kontaminacija hrane) ali posledica načrtnega uživanja za izboljšanje telesnih zmogljivosti. Zato tudi v primerih nenamernega dopinga veljajo za športnike enake sankcije kot za športnike, ki so namerno jemali prepovedane snovi. Pomembno je, da se vsi strokovni delavci v športu (zdravniki, fizioterapevti, trenerji in ostali) zavedajo svoje odgovornosti ter ustrezno izobrazijo o nevarnostih nenamernega dopinga. Tako lahko preprečijo nepotrebne napake, ki imajo za kariero vrhunkega športnika hude posledice.

NEZAVEDNO UŽIVANJE PREPOVEDANIH SNOVI ZARADI TRETJE OSEBE

Najbolj očiten primer nenamernega dopinga je nezavedno zaužitje prepovedanih snovi. Športnik lahko nezavedno zaužije prepovedane zdravilne učinkovine v hrani, športnih napitkih ali prehranskih dopolnilih, ki so bile tja namerno dodane s strani tretje osebe. To so lahko trener, ostali športniki, fizioterapevt, zdravnik, družinski člani, navijači in ostali. Poznamo posamezne pri-

mere in primere organiziranega sistematičnega dopinga na nivoju klubske ekipe, nacionalne reprezentance ali celotne države kot npr. v Vzhodni Nemčiji.

V primeru Vzhodne Nemčije je šlo za politično motiviran sistematični doping, kjer so številni športniki prejeli odmerke dopinga z namenom doseganja vrhunskih rezultatov na največjih tekmovanjih. Državni program v obdobju od leta 1971 do leta 1989 je vključeval okoli 10.000 športnikov in številne zdravnike. V program so bili vključeni vsi perspektivni mladi športniki od 14. leta starosti naprej, ki so po zdravniških navodilih, večinoma nezavedno, prejeli doping (5). V nekaterih primerih so bili mladoletni športniki informirani, da prejema le vsakodnevne odmerke vitaminov v obliki tablet, v bistvu pa so prejeli peroralne odmerke anaboličnega androgenega steroida Oral-Turinabol (dehidroklorometiltestosteron) in klomifena, ki je modulator estrogenskih receptorjev in povečuje sintezo testosterona (5).

Namerno in nezavedno dodajanje prepovedanih snovi s strani tretje osebe je prisotno tudi danes. Takšen primer je metalka krogla Nadzeya Ostapchuk, ki je na Olimpijskih igrah v Londonu leta 2012 osvojila zlato olimpijsko medaljo. Njen urinski vzorec je bil pozitiven na anabolični androgeni steroid metenolon (6). Športnica je jemanje prepovedane snovi zanikala. Kasneje je njen trener priznal, da ji je brez njene vednosti dodajal metenolon v kavo, ker so ga skrbeli slabi rezultati iz predolimpijskega obdobja (7).

V širšem smislu lahko v to skupino prištevamo tudi namerne kontaminacije hrane in/ali športnih pijač z namenom pozitivnega dopinškega rezultata s strani konkurence, kar spada med kriminalna dejanja. Zaradi tega so številni vrhunski športniki zelo previdni pri uživanju hrane in imajo lastne kuharje, ki nabavljajo hrano preverjenega izvora. Previdnost je potrebna tudi pri uživanju športnih pijač. Potrebna je

dosledna uporaba lastnih napitkov ali ustekleničenih pijač, ki jih športnik ne vzame iz rok drugega športnika, tujega trenerja ali obiskovalca športne prireditve. V tem primeru so še posebej nevarne snovi, ki jih je preprosto detektirati, in tako odkriti zlorabe dopinga za daljše obdobje nazaj. Takšne snovi so npr. določeni anabolični steroidi, katerih presnovke je moč odkriti tudi več tednov po zaužitju (8).

VLOGA ZDRAVNIKOV

Vloga osebnih in športnih zdravnikov pri zdravljenju vrhunskih športnikov je zahtevna. Športniku je treba zagotoviti čim hitrejšo okrevanje, hkrati pa paziti, da se v primeru farmakološkega zdravljenja ne uporablja zdravilnih učinkovin, ki so prepovedane in bi lahko pripeljale do pozitivnega dopinškega testa.

Gledano skozi zgodovino in danes imajo zdravniki pomembno vlogo pri sistematičnem ali načrtovanem individualnem dopingju (9). V primerih zlorab gre za kršitve temeljnih poklicno-etičnih načel zdravniškega poklica, hkrati pa v nekaterih državah tudi za kazniva dejanja. V zadnjem desetletju je nekaj evropskih držav, kot so npr. Danska, Francija, Nemčija, Nizozemska, Španija, Švedska, Velika Britanija in ostale, umestilo boj proti dopingju v zakonodajo z ločenimi zakoni (10). V Sloveniji za zdaj ločenega protidopinškega zakona še nimamo, vendar pa je sodelovanje zdravnikov pri dopingju opredeljeno kot kršitev 189. člena Kazenskega zakonika (KZ-1), ki velja na področju Republike Slovenije od 1. novembra 2008 naprej in vsebinsko obsega vse vidike omogočanja uživanja prepovedanih snovi v športu (11). Čeprav so primeri načrtnega dopinga medijsko vedno zelo odmevni, je vpletenih le manjše število zdravnikov. V nasprotju s temi se večina zdravnikov danes v svoji redni praksi ob delu z vrhunskimi športniki srečuje s problemi nenamernega dopinga. Športniki se po nasvet ali dodatne informacije najbolj pogosto

obračajo na trenerje in klubske zdravnike, zato je pomembno, da so ti strokovni kadri ustrezno izobraženi tudi z vsebinami boja proti dopingju (12).

Vsi družinski zdravniki in tudi zdravniki ostalih specializacij se pogosto srečujejo z vprašanji s področja dopinga. Raziskava v Franciji je pokazala, da se je 11 % družinskih zdravnikov v obdobju enega leta neposredno soočilo z vsaj enim športnikom, ki je želel, da se mu predpiše terapija s prepovedanimi zdravilnimi učinkovinami (androgeni anabolični steroidi, stimulanse in glukokortikosteroidi) (13). V isti raziskavi so tudi pokazali, da je v roku enega leta 10 % zdravnikov imelo v svoji ordinaciji vsaj enega športnika, ki je bil zaskrbljen zaradi potencialnih stranskih učinkov uporabe dopinga. Zdravniki so v večini primerov tem športnikom opravili laboratorijske preiskave krvi in naredili EKG (13). Odnos zdravnika do pacienta športnika, ki zavestno jemlje doping in to prizna zdravniku, postane kompleksen. Zdravnik mora varovati skrivnosti, ki mu jih je zaupal njegov bolnik, hkrati pa paziti, da s svojim delovanjem, vključujoč posvetovanja in opravljene laboratorijske diagnostične preiskave, ne krši kazenske zakonodaje glede omogočanja uživanja prepovedanih snovi v športu (14). Prav tako je etično vprašljiva vloga zdravnika, ki sodelovanje s športnikom pri uporabi prepovedanih snovi razume z vidika ohranjanja športnikovega zdravja oz. zmanjševanja stranskih učinkov (14).

Zelo pomembna je vloga zdravnika, ko vrhunskemu športniku predpiše farmakološko zdravljenje. Pomembno je, da natančno pozna aktualno verzijo LPSP (vsako leto izide nova verzija) ali da se pred uvedbo terapije posvetuje z ustreznim strokovnjakom (3). Včasih je treba izbrati alternativno obliko zdravljenja z drugimi zdravilnimi učinkovinami, ki niso prepovedane, ali se odločiti za pridobitev terapevtske izjeme. V nasprotnem primeru lahko pride do nena-

športnika s prepovedanimi zdravilnimi učinkovinami iz LPSP. Pri večini teh primerov gre za pravilne klinične odločitve za zdravljenje bolnika, ki ni športnik. Pri zdravljenju vrhunškega športnika pa je potrebna posebna previdnost.

Poznavanje protidopinških pravil in LPSP s strani zdravnikov je slabo. V raziskavi med družinskimi zdravniki leta 1997 v Veliki Britaniji je le 53 % zdravnikov poznalo prepovedane snovi, v podobni raziskavi v Franciji pa je 77 % družinskih zdravnikov ocenilo, da nimajo ustreznega znanja o dopingju (13, 15). V Sloveniji ima 47,3 % družinskih zdravnikov in 35,2 % farmacevtov neustrezno (oz. zelo slabo) znanje o dopingju, le 2,3 % družinskih zdravnikov in 5,6 % farmacevtov pa odlično (16).

Do zelo odmevnega primera nenamernega dopinga zaradi zdravniške napake je prišlo leta 2000 na Olimpijskih igrah v Sydneyju, ko je romunska telovadka Andreea Raducan izgubila zlato olimpijsko medaljo. Športnica je pred tekmovanjem imela glavobol in zaprt nos zaradi prehladnega obolenja. Reprezentančni zdravnik ji je predpisal zdravilo brez recepta, Nurofen. Zdravilo kot glavno aktivno zdravilno učinkovino vsebuje nesteroidno protivnetno učinkovino ibuprofen, hkrati pa kot dekongestiv za zmanjšanje občutka zaprtega nosu vsebuje tudi psevdoefedrin. Psevdoefedrin je na LPSP uvrščen v kategorijo S6 – Stimulanse. Telovadka je zaužila tableto Nurofena med ogrevanjem pred tekmovanjem. Njen urinski vzorec, odvzet po zaključku tekmovanja, je bil pozitiven zaradi prisotnosti psevdoefedrini. MOK ji je odvzel zlato medaljo, čeprav je povedala, da ji je zdravilo predpisal zdravnik in da namen zaužitja ni bil izboljšanje telesne zmogljivosti (17). Po načelu striktnosti, ki je definirana v Svetovnem kodeksu proti dopingju, je športnik odgovoren za vse zaužite snovi, ki pridejo v njegovo telo, ne glede na motivacijo ali odsotnost motivacije (1, 2, 18). Zdravnika so suspen-

dirali za obdobje dveh olimpijskih ciklov, čeprav kazni za zdravnike niso natančno opredeljene.

Drug primer nenamernega dopinga je primer Miloša Milinića, srbskega igralca rokometu, ki je bil leta 2010 pozitiven na kontroli dopinga zaradi prisotnosti klortiazida (tiazidni diuretik, ki je uvrščen na LPSP v kategorijo S5 – Diuretiki in maskirni agensi). Anamneza je pokazala, da se je športnik od leta 2008 zaradi povišanega krvnega tlaka zdravil z inhibitorji angiotenzinske konvertaze, s kalcijevimi antagonistami in z diuretiki, ki mu jih je predpisal kardiolog v Beogradu (19). Omenjeno terapijo je najprej potrdil njegov takratni klubski zdravnik, kasneje pa tudi klubski zdravnik v drugih dveh ekipah, kjer je nadaljeval kariero. Športnika so do pozitivnega dopinškega testa s celotno medicinsko dokumentacijo obravnavali kar štiri zdravniki in nobeden izmed njih ni ugotovil, da zdravljenje vsebuje prepovedano snov. V primeru odločitve kardiologa, da športnik zaradi resnosti svojega bolezenskega stanja za zdravljenje povišanega krvnega tlaka potrebuje tritirno zdravljenje z diuretikom, bi moral športnik zaprositi protidopinško organizacijo za terapevtsko izjemo. Športnik je bil kaznovan z desetmesečno prepovedjo nastopanja (nižja kazen, namesto dve leti), medtem ko sta bila dva izmed vpletenih klubskih zdravnikov kaznovana z globo preko civilne tožbe (19).

V primeru terapije, ki vsebuje prepovedane snovi, ima zdravnik velikokrat možnost izbrati alternativno terapijo z zdravilnimi učinkovinami, ki niso na LPSP. Če športnik nadaljuje s prvotno terapijo, mora urediti terapevtsko izjemo, kot bo razloženo v nadaljevanju.

Pomembno je vedeti, da lahko zdravi la poleg glavne aktivne učinkovine, ki ni prepovedana, vsebujejo tudi druge učinkovine, ki pa so lahko na LPSP. Za ilustracijo si pogledjmo dva pogosta primera iz vsakdanje prakse:

- Aspirin® (acetilsalicilna kislina) in Aspirin Complex® (acetilsalicilna kislina in psevdoefedrin) in
- Claritine® (loratadin) in Claritine-Kombo® (loratadin in psevdoefedrin).

Tako acetilsalicilna kislina, ki je nesteroidna protivnetna učinkovina, kot tudi loratadin, ki je antihistaminik, nista na LPSP in sta pogosti zdravilni učinkovini v številnih zdravilih brez recepta. Medtem pa je psevdoefedrin, ki je prisoten v zgoraj omenjenih zdravilih, uvrščen na LPSP v kategorijo S6 – Stimulansi.

Določeni športi imajo zelo strogo politiko zdravljenja brez parenteralnih aplikacij, razen v primeru nujnih medicinskih stanj. Gre za t. i. terapijo brez igel (angl. *no needle policy*). V kolesarstvu velja, da mora vsak kolesar, ki tekmuje v najvišjem mednarodnem razredu, v roku 24 ur po kateri koli prejeti parenteralni terapiji pisno obvestiti Mednarodno kolesarsko zvezo (fra. *Union Cycliste Internationale*, UCI) in predložiti ustrezno medicinsko dokumentacijo za utemeljitev. V nasprotnem primeru sledi kazen od 8 dni do 6 mesecev prepovedi nastopanja na tekmovanjih (20). Podobno pravilo velja tudi za ostale športe v celotnem obdobju trajanja olimpijskih iger. Sicer pa za večino ostalih športov velja, da športnik ne sme prejeti intravenskih infuzij v obsegu več kot 50 ml v 6 urah, vključujoč infuzije fizioloških raztopin. To seveda ne velja v primeru nujnih medicinskih stanj ali za namene medicinskih preiskav, kot je tudi definirano na LPSP, v kategoriji M2 – Kemične in fizične manipulacije.

Po trenutno veljavnih pravilih je odgovornost športnega zdravnika, ki bi moral za svoje vrhunske športnike preveriti predpisano farmakološko zdravljenje pri odgovornem specialistu, slabo definirana. Vsa odgovornost je na športniku, ki je v primeru kršitve protidopinških pravil tudi edini sankcioniran.

UREDITEV TERAPEVTSKE IZJEME

Do problema nenamernega dopinga lahko pride pri športnikih, ki zaradi svojega zdravstvenega stanja potrebujejo zdravljenje, ki vključuje prepovedane snovi ali postopke. V teh primerih mora športnik predhodno pridobiti terapevtsko izjemo, ker gre v nasprotnem primeru za kršitev protidopinških pravil. V primeru nujnih medicinskih stanj ali diagnostičnih preiskav se to ureja kasneje, t. i. retroaktivna terapevtska izjema.

Pridobivanje terapevtske izjeme (angl. *therapeutic use exemption*) je postopek, pri katerem lahko športniki z uradno zdravniško dokumentacijo zahtevajo izjemo za jemanje prepovedanih snovi ali uporabo prepovedanih postopkov zaradi uporabe v zdravstvene namene. Pravila za obravnavo prošenj za terapevtske izjeme in njihovo odobritev so opredeljena v Mednarodnih standardih za terapevtske izjeme, ki jih izdaja WADA (21). V skladu s temi standardi so glavni kriteriji za dodelitev terapevtskih izjem naslednji:

- zdravje športnika se lahko znatno poslabša v primeru neuporabe prepovedane snovi ali postopka za zdravljenje akutne ali kronične bolezni,
- terapevtska uporaba prepovedane snovi ali postopka ne izboljša sposobnosti športnika preko nivoja normalnega zdravstvenega stanja,
- ne obstaja nobena razumna alternativna možnost zdravljenja in
- potreba po uporabi prepovedane snovi ali postopka ne sme biti v nobenem primeru posledica predhodne uporabe prepovedanih snovi ali postopkov.

Športniki mednarodnega razreda, katerih zdravljenje zahteva uporabo prepovedanih snovi ali postopkov, morajo za terapevtsko izjemo zaprositi pri svoji mednarodni športni zvezi. Kadar športnik tekmuje na nacionalnem nivoju, mora za terapevtsko izjemo zaprositi pri nacionalni protidopinški organizaciji. V Sloveniji je to Slovenska antidoping organizacija (SLOADO). Posebna

pravila veljajo za olimpijske igre, kjer morajo športniki preko nacionalnega olimpijskega komiteja predložiti obstoječo terapevtsko izjemo v obravnavo medicinski komisiji MOK.

Postopek pridobivanja terapevtske izjeme

Osební zdravnik izda športniku napatnico za pregled pri zdravniku specialistu za posamezno področje. Športnik oz. njegov izbrani ali klubski zdravnik mora pred pregledom pri zdravniku specialistu natančno preučiti, katere preiskave so zahtevane s strani WADA. Te so jasno navedene v zadnji verziji WADA-smernic za izdajo terapevtskih izjem za posamezno bolezensko stanje. Treba je poudariti, da se smernice nenehno spreminjajo, zato je treba pred specialističnim pregledom preveriti vsebino zadnje verzije, ki je prosto dostopna na spletni strani WADA (22). Zdravnik specialist po potrjeni diagnozi izpolni obrazec za terapevtsko izjemo. Športnik izpolnjeni obrazec za terapevtsko izjemo skupaj s celotno medicinsko dokumentacijo, ki obsega dotedanje bolezni, opravljene preglede in rezultate preiskav, pošlje na nacionalno protidopinško organizacijo. Vlogo obravnava strokovna komisija, ki športnika najkasneje v roku enega meseca obvesti o odločitvi, ali je bila prošnja odobrena. Nepopolne vloge se vrne športniku z zahtevo po dopolnitvi. Prav tako velja, da do prejema potrjene terapevtske izjeme športnik ne sme uporabljati prepovedanih snovi ali postopkov. Primer vloge za pridobitev terapevtske izjeme v Sloveniji (SLOADO), ki jo mora izpolniti zdravnik specialist, je v prilogi 1.

Športniki mednarodnega razreda morajo za pridobitev terapevtske izjeme za nastope na mednarodnih tekmovanjih zaprositi svojo mednarodno športno zvezo. Obrazec za pridobitev terapevtske izjeme (angl. *therapeutic use exemption application form*) in vsa navodila se običajno nahajajo na spletnih straneh posameznih mednarodnih zvez.

Obrazec je treba izpolniti v angleškem jeziku in priložiti celotno medicinsko dokumentacijo. Priporočljivo je, da športnik mednarodni prijavi priloži tudi veljavno terapevtsko izjemo, podeljeno s strani nacionalne protidopinške organizacije. To pospeši odločitev mednarodne komisije, ki v večini primerov potrdi delo nacionalnih komisij. V primeru zavrnitve terapevtske izjeme ima športnik pravico pritožbe na WADA.

WADA lahko na lastno pobudo kadarkoli preveri odobritev ali zavrnitev terapevtske izjeme kateremu koli športniku. Če WADA ugotovi neskladnost odobritve ali zavrnitve terapevtske izjeme z Mednarodnimi standardi za terapevtske izjeme, lahko WADA takšno odločitev spremeni.

Obnavljanje terapevtske izjeme

Vsaka izdana terapevtska izjema ima določen rok veljavnosti. Napake, ki lahko privedejo do nenamernega dopinga, se lahko zgodijo tudi v primerih, kadar športniki oz. njihovi zdravniki pozabijo na dejstvo, da je terapevtsko izjemo treba redno obnavljati. Vsako leto ali vsaka tri leta (odvisno od postavljene diagnoze) je treba ponoviti vse postopke kot ob prvem pridobivanju terapevtske izjeme.

PASIVNA INHALACIJA PREPOVEDANIH SNOVI

Športnik je lahko v določenih socialnih situacijah izpostavljen dimu različnih psihostimulativnih učinkovin. V primeru detekcije v urinu ni mogoče ločiti, ali je snov prišla v telo aktivno kot namenska aplikacija psihoaktivnih snovi ali pasivno. Dejavniki, ki vplivajo na pasivno inhalacijo, so:

- velikost in ventilacija prostora,
- čas izpostavljenosti in
- koncentracija psihoaktivnih snovi v zraku.

Pasivna inhalacija kanabinoidov

Kanabinoidi so na LPSP uvrščeni v kategorijo S8 – Kanabinoidi, ki vključuje tako naravne kanabinoide (npr. kanabis, hašiš,

marihuana) kot tudi sintetične kanabimimetike. Pozitivni primer kršenja dopinga temelji na detekciji glavnega presnovka tetrahidrokanabinola (THC), to je delta-9-tetrahidrokanabinola-9-karboksilne kisline (karboksi-THC), v urinu. Odločitvena mejase je v letu 2013 z > 15 ng/ml zvišala na > 175 ng/ml (23).

Z namenom, da se ugotovi obseg pasivnega vdihavanja kanabinoidov, je bilo opravljenih več raziskav. V študiji, kjer je osem posameznikov pokadilo vsak po štiri cigarete z vsebnostjo 27 mg THC/cigareto, so bili v manjši sobi brez ventilacije prisotni trije preiskovanci. Urinske vrednosti THC so bile pri preiskovancih pod 10 ng/ml (24). V drugi študiji so bili preiskovanci v avtomobilu, kjer so vdihovali dim marihuane in hašiša (pomešano s tobacnimi cigaretami) v ekvivalentu 90 mg THC. V poskusu, kjer je bil uporabljen dim iz hašiša, THC v urinu ob pasivni inhalaciji pri preiskovancih niso zaznali. V istem poskusu pa so pri dimu iz marihuane urinske vrednosti znašale 14–30 ng/ml (25). Prav tako so izvedli preiskavo kronične pasivne izpostavljenosti dimu cigaret marihuane z 2,8 % vsebnostjo THC. V seriji poskusov, kjer so bili posamezniki eno uro dnevno, šest dni zapored v nezračenih manjši sobi izpostavljeni dimu iz 16 marihuanskih cigaret, so bile povprečne dnevne vrednosti za THC v plazmi v območju 2,4–7,4 ng/ml, maksimalna vrednost pa je dosegla 18,8 ng/ml brez trendov akumulacije (26).

Študije so pokazale, da je možno, da ima posameznik v urinu zaznavne količine THC v primeru ostrih pogojev pasivne izpostavljenosti dimu marihuane. Vendar pa je v skladu z novim WADA-tehničnim dokumentom, kjer morajo vrednosti za karboksi-THC presežati 175 ng/ml, malo verjetno, da bi bil pozitiven rezultat posledica realnih pogojev pasivne izpostavljenosti dimu. Do leta 2013 je bila odločitvena meja nad 15 ng/ml. To vrednost bi športnik v primeru ekstremne izpostavljenosti dimu marihuane lahko

presegel. Danes torej lahko razlikujemo med zavestnim uživanjem kanabinoidov (npr. kajenje ali peroralno uživanje) in pasivno izpostavljenostjo dimu v okolju, zato je možnost za nenamerni doping manjša.

Ostale oblike pasivne inhalacije v socialnem okolju

Športniki so lahko izpostavljeni tudi dimu hlapne oblike kokaina, ki je znana kot »*crack* kokain« (kokainska baza, ki se lahko kadi). Visoka hlapnost te oblike omogoča, da se lahko kadi v pipah. Pasivna izpostavljenost je možna preko inhalacije dima, hlapov ali izdihanega zraka kadilca. Ostale možnosti so tudi inhalacija prahu, transdermalna absorpcija ali nenamerna oralna zaužitev. V raziskavi, kjer so šest zdravih prostovoljcev izpostavili 100 in 200 mg hlapov kokainske baze v nezračeni manjši sobi, so ugotovili, da je bila koncentracija benzoilekgonina (glavni presnovek kokaina) 22–123 µg/l (27). Tudi v drugi seriji raziskave, kjer so bili preiskovanci za štiri ure izpostavljeni v neposredno bližino kadilcev »*crack* kokaina«, so uspeli zaznati do 6 µg/l benzoilekgonina (27). Torej v ostrih pogojih izpostavljenosti dimu »*crack* kokaina« je športnik lahko testiran pozitivno na prisotnost kokaina. Kokain je prepovedan na tekmovanjih in je uvrščen na LPSP, v kategorijo S6 – Stimulansi.

V socialnem okolju je lahko športnik izpostavljen tudi pasivni inhalaciji dima kristalnega metamfetamina (poznani tudi pod imenom »*ice*«), ki se dobro absorbira ob kajenju/inhalaciji ali intranazalni aplikaciji in je razširjen tudi v Evropi (28, 29). Metamfetamin je uvrščen na LPSP, v kategorijo S6 – Stimulansi.

KONTAMINACIJA PREHRANE IN ŽIVIL IZ OKOLJA

Nenamerni doping je lahko tudi posledica zaužitja kontaminirane prehrane oziroma posameznih živil, ki vsebujejo prepovedane aktivne učinkovine iz LPSP. Slednje izvi-

rajo iz vzreje živali in/ali kasnejše obdelave živil.

Klenbuterol in anabolni androgeni steroidi v živalskem mesu

Uporaba anaboličnih steroidov za vzpodbujanje telesne mase živine je v Evropski uniji v celoti prepovedana. Kljub natančni regulativi vedno obstaja možnost nezakonite uporabe anaboličnih steroidov, kar pripelje do prisotnosti ostankov hormonov v živalskih proizvodih (30). Na splošno so pospeševalci rasti (npr. anabolični steroidi in ostali hormoni) v večini tkiv živali prisotni v zelo nizkih koncentracijah. Višja koncentracija le-teh je v jetrih, ledvicah in črevesju (4). Prisotnost teh snovi v mesu lahko privede do zaužitja v majhnih količinah. Posledično bi lahko športniki, ki so zaužili takšno meso, bili pozitivni na kontroli dopinga. Tveganje se poveča ob večkratni aplikaciji, torej ob rednem uživanju kontaminiranega mesa.

Dejavniki, ki vplivajo na možnost pozitivnega rezultata, so:

- količina zaužitega mesa,
- tip zaužitega tkiva (meso, jetra, ledvice, črevesje itd.) in
- način, na katerega so živali prejemale anabolične agense.

V raziskavi, kjer so prostovoljci jedli piščančje meso živali, ki so prejemale metenolon (anabolični androgeni steroid) bodisi intramuskularno bodisi peroralno v krmi, so ugotovili, da so bili vsi urinski vzorci negativni v primeru peroralne krme (31). Pozitivnih pa je bilo kar 50 % vseh urinskih vzorcev, zbranih 24 ur po zaužitju mesa živali, ki so metenolon prejemale intramuskularno (31).

V letih 2010 in 2013 se je pojavilo več nerazločljivih primerov dopinga s klenbuterolom pri športnikih v namiznem tenisu, nogometu in kolesarstvu. Klenbuterol je adrenergični agonist β₂ in se ponekod v klinični medicini uporablja kot bronhodilatator,

vendar ima hkrati tudi izrazito anabolično (hipertrofija skeletnih mišic) in lipolitično delovanje (zmanjševanje telesnih maščob) (32). Prav zato se v vrhunskem športu pogosto uporablja kot doping, hkrati pa je zaradi enakih farmakodinamičnih lastnosti zanimiv tudi za živinorejce (33). Slednje predstavlja veliko tveganje za nenamerni doping, saj je danes moč detektirati zelo nizke koncentracije klenbuterola v urinskih vzorcih (34). V zadnjem času se prav zato opravlja veliko študij farmakokinetike in presnove klenbuterola, da bi razvili potrjeno metodo, ki bi omogočila razlikovanje med klenbuterolom, ki izvira iz zdravila (namerni doping), in tistim, ki izvira iz zaužitega mesa (nenamerni doping) (35, 36).

Najbolj nazoren primer nenamernega dopinga zaradi uživanja mesa, kontaminiranega s klenbuterolom, se je zgodil na svetovnem prvenstvu v nogometu za kategorijo mladincev, mlajših od 17 let, v Mehiki leta 2011 (37). Od skupno 208 odvzetih urinskih vzorcev na kontrolah dopinga jih je bilo 109 pozitivnih (52%) na prisotnost klenbuterola. Zato so v nadaljevanju opravili tudi odvzeme mesnih vzorcev v hotelih, kjer so bivale ekipe, in ugotovili prisotnost klenbuterola v 14 od 47 vzorcev mesa (30%). Na celotnem prvenstvu je bilo samo 5 od 24 ekip, ki niso imele klenbuterola v nobenem izmed odvzetih urinskih vzorcev. Od teh je bila ena ekipa na brezmesni dieti. Odločitev je bila, da je najbolj verjeten vzrok za prisotnost klenbuterola pri športnikih prehrana s kontaminiranim mesom, zato so se odločili, da športnikov ne bodo sankcionirali (37).

Zgoraj omenjene študije podpirajo hipotezo, da lahko uporaba mesa živali, tretiranih z anaboličnimi učinkovinami (anabolični androgeni steroidi, klenbuterol ipd.), ki so na LPSP uvrščene v kategorijo S1 – Anabolični agensi, vodi do pozitivnih rezultatov pri analizah vzorcev urina. Uporaba prepovedanih snovi v živinoreji je pogostejša v določenih državah. V raziskavi na Kitaj-

skem so dokazali prisotnost klenbuterola v mesu pri 79% vseh odvzetih vzorcev, čeprav je uporaba klenbuterola uradno prepovedana (38). Zato WADA in nekatere mednarodne panožne zveze opozarjajo svoje športnike, da se naj med potovanjem ali bivanjem v Mehiki in na Kitajskem v celoti izogibajo uživanju mesa zaradi nevarnosti nenamernega zaužitja klenbuterola (39). Verjetno obstajajo tudi druge države s podobnim tveganjem.

Mikotoksini v prehrabnih izdelkih

Določeni prehranski izdelki so lahko kontaminirani z mikotoksini, ki so produkt gliv. Tak primer je zearalenon. Uvrščamo ga med mikotoksine, ki ga proizvajajo glive iz rodu *Fusarium*, v človeškem telesu pa se presnovi v zeranol (40, 41). Zeranol je promotor rasti in je na LPSP uvrščen v kategorijo S1 – Anabolični agensi. Problem je, ker ni lahko opredeliti, ali je zeranol prišel v človeško telo kot doping ali kot posledica kontaminirane rastlinske hrane (okužene z glivami) (8, 40). V obdobju od leta 2005 do leta 2010 so imeli v WADA-akreditiranemu laboratoriju v Kölnu nekaj sumljivih urinskih vzorcev, vendar so uspeli s pomočjo analize vseh značilnih metabolitov zearalenona razlikovati med kontaminacijo hrane z mikotoksini in namernim vnosom zeranola. Zeranol se namreč v telesu v zelo majhnem obsegu pretvarja v zearalenon in ostale značilne metabolite, medtem ko ima zearalenon obsežen metabolizem in se v večjem obsegu pretvarja le v zeranol (40).

Makova semena (morfij) v kruhu ali pecivu

Uživanje peciva ali kruha, pripravljenega iz maka, je po svetu popularno. Makova semena vsebujejo dva alkaloida: kodein in morfij. Raziskave so pokazale, da uživanje hrane iz makovih semen pripelje do prisotnosti morfija v urinskih vzorcih, ki je na LPSP uvrščen v kategorijo S7 – Narkotiki (42).

Meja za pozitiven dopinški test je za prisotnost morfija v urinu postavljena nad 1.300 µg/l (23).

V raziskavi, kjer so preiskovanci zaužili torto, pripravljeno iz makovih semen, je bila najvišja izmerjena koncentracija morfija v urinu 302 µg/l (42). V drugi raziskavi, kjer so preiskovanci zaužili tri zavitke iz makovih semen (zavitek je vseboval 2 g makovih semen in 108 µg morfija/g semen), so bile največje urinske vrednosti za morfij do 1.000 µg/l (43). V isti raziskavi je eden izmed preiskovancev zaužil 15 g makovih semen in je imel najvišjo izmerjeno koncentracijo morfija v urinu 2.010 µg/l (9 ur po zaužitju). Koncentracija je padla pod 300 µg/l 28 ur po zaužitju (43).

Uživanje makovih semen lahko v določenih primerih pripelje do pozitivnega rezultata, kadar vrednost morfija v urinu preseže odločitveno mejo (1.300 µg/l), zato je potrebna previdnost pri uživanju makovega peciva.

Konopljinolje v prehranskih izdelkih

Izdelki iz konoplje (*Cannabis sativa*) so v nekaterih državah popularni tudi v jedeh, in sicer v obliki peciva (angl. *brownies*, *cookies*), konopljine torte, olja iz konopljinih semen, konopljinega čaja ali konopljinega piva (44, 45). Športnik lahko te izdelke zaužije zavedno ali nezavedno.

Preiskovanci, ki so v raziskavi zaužili pecivo z marihuano (*brownies*) z ekvivalencom 1–2 cigaret marihuane (2,8 % THC), so imeli najvišje vrednosti za karboksi-THC v urinu med 108–436 ng/ml (46). Odločitvena meja za pozitivni primer kršitve proti dopinških pravil je definirana nad 175 ng/ml karboksi-THC v urinu (23).

V drugi raziskavi so prostovoljci zaužili konopljinolje v predvidenem dnevnem odmerku (vsebnost THC 0,17–1,77 mg/dan). Njihove najvišje izmerjene vrednosti karboksi-THC v urinu so bile 1,8–48,7 mg/ml (47). V raziskavi, kjer so preučevali kronično uživanje

konopljinega olja (v dnevnem odmerku 0,09–0,6 mg), so izmerili najvišjo vrednost karboksi-THC v urinu 5,2 ng/ml (48). Torej uživanje konopljinega olja v predvidenih dnevni odmerkih ne povzroči vsebnosti karboksi-THC v urinu, ki bi prekoračila predvideno odločitveno mejo. Obstaja pa problem, da je težko kontrolirati vnos THC preko konopljinega olja, saj imajo različni produkti različne vsebnosti THC. V primeru večjega vnosa THC, podobno kot v primeru različnih peciv, je športnik lahko pozitiven na kontroli dopinga. Kanabinoidi so na LPSP uvrščeni v kategorijo S8 – Kanabinoidi.

Stimulansi v zeliščnih čajih

Določeni čaji iz Azije lahko vsebujejo večje količine efedrina. Tak primer so pripravki iz rastline *Ephedra sinica* (kitajsko *Ma-Huang*), ki se uporabljajo v prehranskih dopolnilih in čajih za hujšanje (49). *Ephedra* alkaloidi, kot so efedrin, psevdoefedrin, metilefedrin, norpsevdoefedrin in norefedrin so uvrščeni na LPSP, v kategorijo S6 – Stimulansi.

Določeni čaji iz Južne Amerike (Peru, Bolivija) lahko vsebujejo liste koke, in sicer lahko določeni tipični pripravki (1 g rastlinskega materiala/čajno vrečko) vsebujejo okoli 5 mg kokaina (50). Po zaužitju skodelice takšnega čaja so v urinu prisotni metaboliti kokaina (npr. benzoilekgonin) vsaj 20 ur po zaužitju (50). V primeru, da bi športnik zaužil tak čaj dan pred tekmovanjem, bi bil zanesljivo pozitiven na kontroli dopinga. Kokain je na tekmovanjih prepovedan in je uvrščen na LPSP v kategorijo S6 – Stimulansi.

PREHRANSKA DOPOLNILA

Prehranska dopolnila so živila, katerih namen je dopolnjevati običajno prehrano, čeprav se večinoma oglašujejo kot produkti za izboljševanje splošnega zdravja in počutja ter nekateri tudi kot produkti za povečevanje telesne zmogljivosti. Prehranska

dopolnila lahko vsebujejo vitamine, minerale, aminokisljine, maščobne kisline, vlaknine, rastline in rastlinske izvlečke, mikroorganizme ter druge snovi s hranilnim ali fiziološkim učinkom, pod pogojem, da je njihova varnost v prehrani ljudi znanstveno utemeljena (51).

Na področju prehranskih dopolnil imamo ohlapno regulativo, saj zakonodaja za prehranska dopolnila določa manj stroge kriterije kakovosti proizvodnje kot veljajo za zdravila. Prav tako proizvodi pred prihodom na trg niso testirani za varnost ali učinkovitost. Proizvajalci lahko torej na tržišču postavijo številne produkte po opravljenih lastnih analizah, ki niso vedno natančne ali izvedene na prisotnost morebitnih (neželih) kontaminantov. Šele v primeru, ko na podlagi novih podatkov in spoznanj obstaja utemeljen sum, da prehransko dopolnilo predstavlja nevarnost za zdravje ljudi, lahko odgovorno ministrstvo za zdravje začasno prepove ali omeji promet s prehranskim dopolnilom (51). Prav tako zakonodaja prepričuje proizvajalca, da pri oglaševanju ali označevanju prehranskih dopolnil prispejuje lastnosti preprečevanja, zdravljenja ali ozdravljenja bolezni pri ljudeh (51). V obdobju od leta 2004 do leta 2012 je Ameriška agencija za hrano in zdravila (angl. *Food and Drug Administration*, FDA) s trga v ZDA umaknila 237 prehranskih dopolnil, največ zaradi kontaminacije z drugimi bioaktivnimi snovmi (52). Težava je tudi v tem, da odgovorne agencije nimajo natančnih kontaktnih podatkov proizvajalcev, zato je težko doseči hiter in popolni umik kontaminiranih izdelkov s trga (52). Kontaminirana prehranska dopolnila imajo potencialno negativen vpliv na zdravje potrošnikov, hkrati pa lahko v primeru vrhunškega športnika pripeljejo do pozitivnega rezultata na kontroli dopinga (nena-merni doping).

Danes je na trgu več sto tisoč različnih prehranskih dopolnil v različnih državah, njihovo število pa se iz leta v leto povečuje.

V ZDA je bilo leta 1994 okoli 4.000 različnih prehranskih dopolnil, v letu 2013 pa okoli 85.000 (53). Prodaja prehranskih dopolnil je hitro rastoč posel. Okoli leta 1990 je bil trg prehranskih dopolnil v ZDA ocenjen na približno 3 milijarde dolarjev, leta 1999 na 12 milijard dolarjev, leta 2013 pa na 32 milijard dolarjev (53–55). Svetovni trg je bil leta 2006 ocenjen na 60 milijard dolarjev (56). Trend rasti prodaje in večje uporabe prehranskih dopolnil se kaže tudi pri vrhunskih športnikih (12, 57).

Uporaba prehranskih dopolnil je v športu zelo razširjena. V povprečju znaša raba 1,7 prehranskih dopolnil na enega športnika (58). Ocenjuje se, da okoli 55–80 % vseh vrhunskih športnikov uporablja prehranska dopolnila, frekvenca pa se povečuje s starostjo športnika in s trajanjem športne kariere (12, 59, 60). Motivacija oziroma poglavitni razlogi vrhunskih športnikov za uporabo prehranskih dopolnil so (61):

- pomoč pri regeneraciji po treningih (71 %),
- izboljševanje zdravja (52 %),
- izboljšanje telesnih zmogljivosti (46 %),
- preprečevanje ali zdravljenje bolezni (40 %) in
- nadomeščanje slabe diete (29 %).

Kontaminacija prehranskih dopolnil s prepovedanimi snovmi

Raziskave kažejo, da je okoli 15–25 % vseh prehranskih dopolnil na trgu kontaminiranih s prepovedanimi snovmi (62, 63). Najpogostejši kontaminanti so anabolni androgeni steroidi in njihovi prekurzorji, stimulantni in adrenergični agonisti β_2 (63). Najpogostejši primeri kontaminantov v zadnjih letih so predstavljeni v tabeli 1.

V študiji, opravljeni v WADA-akreditiranem laboratoriju v Kölnu, je bilo analiziranih 634 vzorcev prehranskih dopolnil. Izvirala so iz 13 različnih držav in od 215 različnih proizvajalcev. Ugotovili so, da je 94 prehranskih dopolnil (14,8 %) vsebovalo prekurzorje anaboličnih androgenih hormonov, ki niso bili navedeni na oznaki

izdelka. Od vseh pozitivnih prehranskih dopolnil je 23 vzorcev (24,5 %) vsebovalo prekurzorje nandrolona in testosterona, 64 vzorcev (68,1 %) je vsebovalo le prekurzorje testosterona in 7 vzorcev (7,5 %) le prekurzorje nandrolona (62). Največ kontaminiranih produktov je bilo iz Nizozemske (25,8 %), Avstrije (22,7 %), Velike Britanije (18,8 %), ZDA (18,8 %) in Italije (14,3 %) (62). Slovenija v omenjeno raziskavo ni bila vključena.

Vzroki za kontaminacijo prehranskih dopolnil so (65, 66):

- namerno dodajanje prepovedanih snovi,
- uporaba kontaminiranih vhodnih snovi in
- navzkrižna kontaminacija med proizvodnim procesom.

Namerno dodajanje prepovedanih snovi

Včasih podjetja v prehranska dopolnila dodajo zdravilne učinkovine z namenom doseganja farmakoloških učinkov, ker je kon-

kurenca na trgu velika. Tak primer so čaji za hujšanje, ki so kontaminirani s sledovi sibutramina (anorektik, psihostimulans, na LPSP v kategoriji S6 – Stimulansi), ali dodatki anaboličnih androgenih steroidov.

Uporaba kontaminiranih vhodnih snovi

Podjetja, ki proizvajajo prehranska dopolnila, velikokrat nabavljajo vhodne snovi (osnovne surovine) v različnih predelih sveta. Prav tako tudi pogosto menjajo proizvajalce glede na ceno. Nekatere od teh snovi niso podvržene potrebnim ukrepom za nadzor kakovosti, ki bi zagotovili ustrezno čistost. Tako lahko te sestavine precej nedolžno privedejo do končnega izdelka s prepovedanimi snovmi, ki niso navedene na oznaki.

Navzkrižna kontaminacija med proizvodnim procesom

Nekatera podjetja na svojih proizvodnih linijah proizvajajo različne produkte. Ker je

Tabela 1. Najpogostejši kontaminanti z Liste prepovedanih snovi in postopkov (LPSP), ki jih najdemo v prehranskih dopolnilih (64).

| Snov | Farmakološka skupina iz LPSP |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 4-androsten-3,17-diol | S1. Androgeni anabolični steroidi |
| 4-androsten-3,17-dion | S1. Androgeni anabolični steroidi |
| 5-androsten-3,17-diol | S1. Androgeni anabolični steroidi |
| 19-nor-4-androsten-3,17-diol | S1. Androgeni anabolični steroidi |
| 19-nor-4-androsten-3,17-dion | S1. Androgeni anabolični steroidi |
| 19-nor-5-androsten-3,17-diol | S1. Androgeni anabolični steroidi |
| 19-nortestosteron (nandrolon) | S1. Androgeni anabolični steroidi |
| benzilpiperazin | S6. Stimulansi |
| dehidroepiandrosteron (DHEA) | S1. Androgeni anabolični steroidi |
| efedrin | S6. Stimulansi |
| metandienon | S1. Androgeni anabolični steroidi |
| metilendioksimetilamfetamin (MDMA) | S6. Stimulansi |
| nor-psevdoefedrin | S6. Stimulansi |
| sibutramin | S6. Stimulansi |
| stanozolol | S1. Androgeni anabolični steroidi |
| testosteron | S1. Androgeni anabolični steroidi |

nekatero napravo med različnimi proizvodnjami težko natančno očistiti, lahko pride do nenamerne navzkrižne kontaminacije. V podjetjih, ki se ukvarjajo s pripravo različnih produktov, so med proizvodnimi procesi merili kontaminacijo s steroidi in/ali stimulanse. Ugotovili so prepovedane snovi v sledovih (zelo nizki odmerki) na 12–85 % naprav, čeprav je imela večina teh podjetij vpeljeno dobro proizvodno prakso (angl. *good manufacturing practice*, GMP) (66). Pogostost navzkrižne kontaminacije je večja pri določenih farmacevtskih oblikah, kot so kapsule ali tablete, zaradi težavnega čiščenja aparatov.

Ali lahko uporaba kontaminiranega prehranskega dopolnila pripelje do pozitivnega primera na kontroli dopinga?

Nizka vsebnost prepovedanih snovi v kontaminiranem prehranskem dopolnilu ne pomeni, da bo športnik imel neposredne farmakološke učinke na izboljšanje telesnih zmogljivosti, t. i. pozitivni ergogeni učinek. Vendar je po načelu striktno individualne odgovornosti prisotnost prepovedanih snovi in/ali njihovih metabolitov v bioloških vzorcih obravnavana kot kršitev protidopingovskih pravil, saj so lahko te vrednosti tudi pokazatelj, da je športnik zaužil večji odmerek prepovedane snovi nekaj dni/tednov nazaj.

Detekcijske metode za steroide, njihove prekurzorje in stimulanse, ki jih uporabljajo WADA-akreditirani laboratoriji, so zelo občutljive z nizkimi mejami detekcije (angl. *limit of detection*, LOD) in z nizkimi mejami kvantifikacije (angl. *limit of quantification*, LOQ) v območju ng/ml v urinu (npr. metaboliti nandrolona se zaznajo v urinu pri koncentracijah < 2 ng/ml) (67). Ker ni moč razlikovati med namernim dopingom (npr. večji odmerek za izboljšanje telesnih sposobnosti nekaj dni/tednov nazaj) in nenamernim dopingom (npr. kontaminacija prehranskega dopolnila v nizkih

odmerkih brez učinka za izboljšanje telesnih sposobnosti, ki je bil zaužit pred nekaj urami/dnevi), je zelo pomembno, da se športniki te nevarnosti zavedajo. V raziskavi je 18 zdravih prostovoljcev zaužilo prehransko dopolnilo, ki je bilo kontaminirano s 10 µg odmerkom 19-norandrostenediona, ta pa je prekurzor nandrolona (anabolični androgeni steroid). Ugotovili so, da bi bili vsi pozitivni na kontroli dopinga v roku 2 ur po zaužitju, nekateri tudi po 8 urah po zaužitju (68). Vse vrednosti so se 10 ur po zaužitju vrnila pod detekcijsko mejo, ki bi pomenila pozitiven rezultat na kontroli dopinga. V podobni raziskavi so pokazali, da lahko 10 µg 19-norandrostendionoma povzroči pozitiven rezultat v obdobju 6 ur po zaužitju (69).

Raziskava na prostovoljcih, v kateri so uporabili dejanska prehranska dopolnila s tržišč, za katera so predhodno dokazali kontaminacijo s sledovi anaboličnih androgenih steroidov (nekaj µg količine/kapsulo), je pokazala, da je bil pri nekaterih rezultatih nad odločitveno mejo tudi do 36 ur po zaužitju prehranskega dopolnila. Vsi posamezniki so bili pozitivni 8–12 ur po zaužitju (67).

Zelo odmeven je bil primer ameriškega plavalca Kikerja Vencila, ki je bil leta 2003 pozitiven zaradi prisotnosti 19-norandrostena v urinu in suspendiran za obdobje 4 let. Sam je uporabo prepovedanih snovi zavrnil, zato je vsa svoja prehranska dopolnila poslal v analizo v zasebni laboratorij, kjer so ugotovili, da je bil multivitaminski pripravek kontaminiran s sledovi anaboličnih androgenih steroidov. Pritožil se je na mednarodno arbitražno sodišče (angl. *Court of Arbitration for Sport*, CAS), kjer so kazenski 4 let znižali na 2 leti. Proti podjetju *Ultimate Nutrition*, ki je pripravilo prehransko dopolnilo, je leta 2005 dobil odškodninsko tožbo v višini več kot pol milijona dolarjev (70). Izgubil je možnost verjetnega nastopa za ameriško plavalno reprezentanco na Olimpijskih igrah v Atenah leta 2004, kar

je neprecenljiva škoda. Od takrat sodeluje z ameriško protidopinško organizacijo (angl. *United States Anti-Doping Agency*, USADA) in na številnih izobraževalnih seminarjih preko svoje zgodbe opozarja športnike, da naj ne uporabljajo prehranskih dopolnil.

Na Olimpijskih igrah v Sočiju leta 2014 so bili trije športniki pozitivni zaradi prisotnosti 1,3-dimetilamilamina (DMAA, znan tudi pod imenom metilheksanamin), ki je na LPSP uvrščen v skupino S6 – Stimulansi. DMAA je v zadnjem obdobju pogosto detektiran kot kontaminant prehranskih dopolnil (53). Vsi trije športniki so v svojem zagovoru navedli kontaminacijo prehranskih dopolnil kot edini možni vir vnosa prepovedane snovi v njihovo telo, vendar to ni imelo vpliva na zmanjšanje sankcije zaradi kršenja protidopinških pravil.

Učinkovitost prehranskih dopolnil

Številni športniki imajo slabo znanje o prehranskih dopolnilih. Pogosto v svoje odločitve ne vključijo strokovnjakov s področja športne prehrane, ki bi lahko ovrednotili, ali imajo specifične potrebe po določenih hranilih. Veliko športnikov se tudi ne zaveda pomanjkljivih znanstvenih dokazov o učinkovitosti prehranskih dopolnil in posledično informacij s strani proizvajalcev in prodajalcev ne ovrednotijo dovolj kritično. Osnovni namen podjetij, ki se ukvarjajo s prodajo prehranskih dopolnil, je zaslužek. Zato bodo v skladu z veljavno zakonodajo, ki preprečuje le pripisovanje zdravilnih lastnosti, športnikom predstavili in oglaševali izboljšanje telesnih zmogljivosti (povečanje mišične mase, izgubo telesne teže, povečane aerobne sposobnosti ipd.), ki v nekaterih primerih (paradoksalno) presega celo učinkovitost dopinga. Športniki pogosto v želji, da bi na legalen način optimizirali svojo telesno pripravljenost, hkrati uporabljajo številna prehranska dopolnila in se sploh ne zavedajo, da se nekatere snovi v teh pripravkih podvajajo. Prav tako se

le 36 % vseh športnikov zaveda nevarnosti kontaminacije prehranskih dopolnil (59).

Večina prehranskih dopolnil nima znanstveno dokazane učinkovitosti (71). Prehranska dopolnila lahko glede na (ne)učinkovitost razvrstimo na (71):

- prehranska dopolnila, ki imajo ergogeno učinkovitost, podprto z viri iz literature (npr. kreatin, kofein, natrijev bikarbonat, β -alanin),
- prehranska dopolnila, ki imajo nasprotujoče si izsledke ali nimajo dovolj znanstvene podpore, da bi lahko kritično ovrednotili njihovo učinkovitost (npr. glutamin, β -hidroksimetilbutirat, kolostrum, riboza), in
- prehranska dopolnila, ki nimajo ergogene učinkovitosti (npr. posamezne aminokisliline, aminokisliline z razvejano verigo (angl. *branched chain amino acids*, BCAA), L-karnitin, kromov pikolinat, citokrom C, vanadij, oksigenirana voda, inozin, ginseng, dihidroksiacetone, konjugirana linoletična kislina, piruvat in številni ostali).

Večina prehranskih dopolnil ne izboljša telesnih sposobnosti, precej pa jih lahko pripelje do stranskih učinkov. Nekateri od stranskih učinkov so zelo resni. Opisanih je bilo 24 kliničnih primerov hepatotoksičnosti z akutno jetrno odpovedjo v obdobju 6 mesecev (maj 2013–oktober 2013) na ameriški kliniki *Hawaii Department of Health* zaradi uporabe prehranskega dopolnila *OxyElite Pro*, ki vsebuje DMAA (72, 73). Ista snov (DMAA) v produktu *Jack3D* je bila tudi eden izmed vzročnih dejavnikov za smrt rekreativne tekačice Claire Squires na londonskem maratonu leta 2012, pri smrti dveh vojakov med telesno obremenitvijo ter pri hemoragični možganski kapi mladega moškega in akutnem miokardnem infarktu pri mlademu moškemu (74–77). Mehanizem toksičnosti se povezuje s povečanim simpatikomimetičnim delovanjem. Pogosti so tudi drugi srčno-žilni zapleti, kot npr. večja incidenca sinkop in palpitacij pri mladih zdra-

vih moških, ki uživajo različna prehranska dopolnila (78). Tudi za večino ostalih prehranskih dopolnil imamo opisane številne stranske učinke, ki so večinoma povezani s prisotnostjo kontaminantov (53). Nekritična uporaba prehranskih dopolnil ni povezana samo s tveganjem za nenamerni doping, ampak lahko tudi resno ogrozi zdravje vrhunskega športnika.

Kaj lahko športnik naredi?

Vse protidopinške organizacije športnikom svetujejo, da naj prehranskih dopolnil zaradi tveganja nenamernega dopinga ne uporabljajo. V večini primerov je mogoče doseči ustrezen vnos hranil in tekočine s pomočjo specialne diete, ki jo lahko športniku individualno prilagodi strokovnjak za športno prehrano. V primeru, da športnik vztraja pri vnašanju določenih hranil s pomočjo prehranskih dopolnil, mu ostane možnost, da kupljeno prehransko dopolnilo pošlje v privatni laboratorij na analizo. Tak način omogoča absolutno varnost, vendar so analize drage, zato to počnejo le nekateri vrhunski športniki. Druga možnost je uporaba javno dostopnih informacij na spletnih portalih, ki objavljajo sezname kontaminiranih prehranskih dopolnil in sezname tistih, ki niso kontaminirana. Tak način omogoča relativno varnost, saj tveganje ostaja, vendar je dostop do podatkov zastoj (64).

Testiranja prehranskih dopolnil na trgu s strani privatnih laboratorijev, ki izpolnjujejo primerne standarde (ISO 17025), omogočajo relativno varnost športnikom, hkrati pa pozitivno vplivajo tudi na podjetja, ki postanejo aktivna pri zagotavljanju ustrezne kakovosti. Izkušnje podjetja *HFL Sports Science*, ki se ukvarja s testiranjem prehranskih dopolnil v športu, so pokazale, da lahko podjetja, ki svoje proizvode redno testirajo, znižajo delež kontaminiranih prehranskih dopolnil na trgu tudi do < 1 % v nekaj letih (66). To lahko za končnega uporabnika pomeni, da se tveganje za uživanje kontaminiranega prehranskega dopolnila od

20 % spusti na 1 %. V praksi je varnost pri slednjih še večja, saj podjetja, ki dobijo povratno informacijo od laboratorija glede kontaminacije, teh produktov (verjetno) ne izdajo na tržišče.

Zaradi tega se športnikom svetuje, da se poslužujejo spletnih portalov, kjer so objavljeni rezultati naključnih analiz prehranskih dopolnil na prisotnost anaboličnih androgenih steroidov ter njihovih prekurzorjev in na prisotnost stimulansov (tabela 2). Zaradi velikega obsega trga (preko 100.000 različnih prehranskih dopolnil) je nemogoče pričakovati, da bi bila vsa prehranska dopolnila testirana. Prav tako je problem, da nekatera manjša podjetja ne označujejo proizvodne serije (angl. *lot number*) na svojih produktih, kar onemogoča sledenje in umik kontaminiranih serij produktov. Večina podjetij se ne odloča, da bi svoje izdelke pošiljala na testiranja, ker to predstavlja strošek. Vrhunski športniki morajo pred uporabo prehranskih dopolnil narediti analizo tveganja. Vsekakor naj uporabljajo le prehranska dopolnila tistih podjetij, ki svoje produkte redno preverjajo na analizah, četudi so izdelki zaradi tega nekoliko dražji.

ZAKLJUČEK

Analizne metode za odkrivanje prepovedanih snovi se nenehno izboljšujejo, kar pomeni, da se detekcijski prag za odkritje prepovedane zdravilne učinkovine in njenih presnovkov znižuje. To po eni strani pomeni napredek v boju proti zlorabi zdravilnih učinkovin, ki jih je moč odkriti dlje časa po zaužitju, hkrati pa to tudi pomeni, da se možnost za odkritje nenamernega dopinga povečuje. Športnik je po načelu striktnosti, v skladu s Svetovnim kodeksom za boj proti dopingu s strani WADA, odgovoren za vse snovi, ki jih zaužije. Pomembno je, da se športnik zaveda, da pozitiven dopinški rezultat pusti trajne in ireverzibilne posledice za njegovo kariero, kot so odvzem rezultatov, prepoved nastopanja, finančne posledice in omadeževanje imena.

Tabela 2. Seznam spletnih portalov organizacij, ki testirajo prehranska dopolnila na prisotnost anaboličnih androgenih steroidov, njihovih prekurzorjev in stimulansov (79–83).

| Spletni portal | Kratek opis |
|--|---|
| <i>NSF Certified for Sport®</i> | Vsebuje seznam vseh prehranskih dopolnil, ki so bila testirana v njihovem laboratoriju in imajo na svoji embalaži tudi njihov logotip. trg: ZDA in Kanada |
| <i>USADA: High Risk Dietary Supplement List – Supplement 411</i> | Vsebuje seznam vseh prehranskih dopolnil, ki so bila pozitivno testirana na vsebnost prepovedanih snovi (anabolični androgeni steroidi in stimulanzi). trg: ZDA in Kanada |
| <i>Kölner Liste = Cologne List</i> | Za spletni portal skrbi Olimpijski center Rhineland. Laboratoriji so v okviru raziskovalnega inštituta <i>Center for Preventive Doping Research, German Sport University Cologne</i> . Vsebuje seznam vseh prehranskih dopolnil, ki so jih testirali na vsebnost anaboličnih androgenih steroidov in stimulansov. Vključuje tudi določena prehranska dopolnila, ki jih najdemo na slovenskem trgu. trg: Nemčija in ostale evropske države |
| <i>NZVT database</i> | Za spletni portal skrbi Nizozemska antidoping organizacija v sodelovanju s partnerji. Vsebuje seznam vseh prehranskih dopolnil, ki so jih testirali na vsebnost anaboličnih androgenih steroidov in stimulansov. trg: Nizozemska in ostale evropske države |
| <i>Informed-Sport</i> | Za spletni portal skrbi organizacija <i>LGC Group (HFL Sports Science)</i> . Vsebuje seznam vseh prehranskih dopolnil, ki so bila testirana v njihovem laboratoriju in imajo na svoji embalaži tudi njihov logotip. |

Zato je pomembno, da športniki sodelujejo z ustreznimi usposobljenimi kadri, kot so športni zdravniki, športni dietetiki in ostali, ter da skupaj natančno preverijo zdravila pred uporabo in naredijo analizo tveganja (npr. pred uporabo prehranskih dopolnil in pred uživanjem mesne hrane v določeni predelih sveta). Podobno velja tudi za športne zdravnike, ki se ukvarjajo z vrhunskimi športniki. Zavedati se morajo svoje odgovornosti in poleg medicinskega zna-

nja pridobiti tudi ustrezna znanja s področja boja proti doping. To zajema natančno poznavanje LPSP, pravilno ureditev dokumentacije za pridobitev terapevtskih izjem in ocenitev tveganja, povezanega z uporabo prehranskih dopolnil. Pomembna je tudi vloga nacionalnih protidopinških organizacij, ki skrbijo za redna izobraževanja vseh ključnih akterjev v vrhunskem športu s protidopinškimi vsebinami.

LITERATURA

1. WADA. 2015 World Anti-Doping Code [internet]. 2014 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: http://www.wada-ama.org/Documents/World_Anti-Doping_Program/WADP-The-Code/Code_Review/Code_Review_2015/Code_Final_Draft/WADA-2015-World-Anti-Doping-Code.pdf
2. Anne A. Inadvertent Doping and the WADA Code. *Bond Law Review*. 2007; 19 (1).
3. WADA. The 2014 Prohibited List [internet]. 2013 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: http://www.wada-ama.org/Documents/World_Anti-Doping_Program/WADP-Prohibited-list/2014/WADA-prohibited-list-2014-EN.pdf
4. Yonamine M, Garcia PR, de Moraes Moreau RL. Non-intentional doping in sports. *Sports Med*. 2004; 34 (11): 697-704.
5. Franke WW, Berendonk B. Hormonal doping and androgenization of athletes: a secret program of the German Democratic Republic government. *Clin Chem*. 1997; 43 (7): 1262-79.
6. IOC Disciplinary Commission. Decision Regarding Nadzeya Ostapchuk [internet]. 2012 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: http://www.olympic.org/Documents/Commissions_PDFfiles/Disciplinary_commission/London2012_Decision-EB_Disciplinary_Commission-Ostapchuk.pdf
7. Reuters. Olympics-Shot putter Ostapchuk given year ban for doping. Reuters [internet]. 2012 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: <http://www.reuters.com/article/2012/09/11/olympics-doping-ostapchuk-ban-idUSL3E8KB4P920120911>
8. Geyer H, Schänzer W, Thevis M. Anabolic agents: recent strategies for their detection and protection from inadvertent doping. *Br J Sports Med*. 2014; 48 (10): 820-6.
9. Laure P. Doping in sport: doctors are providing drugs. *Br J Sports Med*. 1997; 31 (3): 258-9.
10. WADA. Information on national legislation in relation to anti-doping [internet]. 2009 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: <http://www.wada-ama.org/en/World-Anti-Doping-Program/Governments/Legal-articles-case-law-and-national-laws/>
11. Kazenski zakonik 2012. Uradni list RS, št. 50/2012: 187. člen.
12. Somerville SJ, Lewis M, Kuipers H. Accidental breaches of the doping regulations in sport: is there a need to improve the education of sportspeople? *Br J Sports Med*. 2005; 39 (8): 512-6.
13. Laure P, Binsinger C, Leцерf T. General practitioners and doping in sport: attitudes and experience. *Br J Sports Med*. 2003; 37 (4): 335-8.
14. McNamee M, Phillips N. Confidentiality, disclosure and doping in sports medicine. *Br J Sports Med*. 2011; 45 (3): 174-7.
15. Greenway P, Greenway M. General practitioner knowledge of prohibited substances in sport. *Br J Sports Med*. 1997; 31 (2): 129-31.
16. Auersperger I, Topić MD, Maver P, et al. Doping awareness, views, and experience: a comparison between general practitioners and pharmacists. *Wien Klin Wochenschr*. 2012; 124 (1-2): 32-8.
17. Committee IO. Arbitration CAS ad hoc Division (O.G. Sydney) 00/011 – Regarding Andreea Raducan [internet]. 2000 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: http://arbitrationlaw.com/files/free_pdfs/CAS_00-011_AR_v_IOC_Award.pdf
18. McNamee MJ, Tarasti L. Juridical and ethical peculiarities in doping policy. *J Med Ethics*. 2010; 36 (3): 165-9.
19. Dikic N, McNamee M, Gunter H, et al. Sports physicians, ethics and antidoping governance: between assistance and negligence. *Br J Sports Med*. 2013; 47 (11): 701-4.
20. UCI. No Needle Policy: The UCI prohibits injections without medical indication [internet]. 2011 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: <http://www.uci.ch/Modules/ENews/ENewsDetails.asp?id=NzMzMw&MenuId=MTI2Mjc>
21. WADA. Therapeutic Use Exemption Guidelines, Version 4.0: WADA [internet]. 2010 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: http://www.wada-ama.org/Documents/World_Anti-Doping_Program/WADP-IS-TUE/WADA_TUE_Guidelines_V4.0_EN.pdf
22. WADA. Medical Information to Support the Decisions of Therapeutic Use Exemption Committees (TUECs) [internet]. 2014 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: <http://www.wada-ama.org/en/Science-Medicine/TUE/Medical-information-to-support-the-decisions-of-TUECs/>
23. WADA. Decision Limits for the Confirmatory Quantification of Threshold Substances [internet]. 2013 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: http://www.wada-ama.org/Documents/World_Anti-Doping_Program/WADP-IS-Laboratories/Technical_Documents/WADA-TD2013DL-Decision-Limits-for-the-Confirmatory-Quantification-Threshold-Substances-2.0-EN.pdf
24. Mule SJ, Lomax P, Gross SJ. Active and realistic passive marijuana exposure tested by three immunoassays and GC/MS in urine. *J Anal Toxicol*. 1988; 12 (3): 113-6.
25. Morland J, Bugge A, Skuterud B, et al. Cannabinoids in blood and urine after passive inhalation of Cannabis smoke. *J Forensic Sci*. 1985; 30 (4): 997-1002.

26. Cone EJ, Johnson RE. Contact highs and urinary cannabinoid excretion after passive exposure to marijuana smoke. *Clin Pharmacol Ther.* 1986; 40 (3): 247–56.
27. Cone EJ, Yousefnejad D, Hillsgrove MJ, et al. Passive Inhalation of Cocaine. *J Anal Toxicol.* 1995; 19 (6): 399–411.
28. Harris DS, Boxenbaum H, Everhart ET, et al. The bioavailability of intranasal and smoked methamphetamine. *Clin Pharmacol Ther.* 2003; 74 (5): 475–86.
29. Griffiths P, Mravcik V, Lopez D, et al. Quite a lot of smoke but very limited fire—the use of methamphetamine in Europe. *Drug Alcohol Rev.* 2008; 27 (3): 236–42.
30. Stephany RW. Hormones in meat: different approaches in the EU and in the USA. *APMIS Suppl.* 2001 (103): S357–63.
31. Kicman AT, Cowan DA, Myhre L, et al. Effect on sports drug tests of ingesting meat from steroid (methenolone)-treated livestock. *Clin Chem.* 1994; 40 (11): 2084–7.
32. Prather ID, Brown DE, North P, et al. Clenbuterol: a substitute for anabolic steroids? *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27 (8): 1118–21.
33. Prezelj A, Obreza A, Pecar S. Abuse of clenbuterol and its detection. *Curr Med Chem.* 2003; 10 (4): 281–90.
34. Yang S, Liu X, Xing Y, et al. Detection of clenbuterol at trace levels in doping analysis using different gas chromatographic-mass spectrometric techniques. *J Chromatogr Sci.* 2013; 51 (5): 436–45.
35. Thevis M, Thomas A, Beuck S, et al. Does the analysis of the enantiomeric composition of clenbuterol in human urine enable the differentiation of illicit clenbuterol administration from food contamination in sports drug testing? *Rapid Commun Mass Spectrom.* 2013; 27 (4): 507–12.
36. Nicolli R, Petrou M, Badoud F, et al. Quantification of clenbuterol at trace level in human urine by ultra-high pressure liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J Chromatogr A.* 2013; 1292: 142–50.
37. Thevis M, Geyer L, Geyer H, et al. Adverse analytical findings with clenbuterol among U-17 soccer players attributed to food contamination issues. *Drug Test Anal.* 2013; 5 (5): 372–6.
38. Guddat S, Fußhöller G, Geyer H, et al. Clenbuterol – regional food contamination a possible source for inadvertent doping in sports. *Drug Test Anal.* 2012; 4 (6): 534–8.
39. WADA. Athletes must show caution due to contaminated meat [internet]. 2011 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: <http://www.wada-ama.org/en/Media-Center/Archives/Articles/Athletes-must-show-caution-due-to-contaminated-meat/>
40. Thevis M, Fusscholler G, Schanzer W. Zeranol: doping offence or mycotoxin? A case-related study. *Drug Test Anal.* 2011; 3 (11–12): 777–83.
41. Wang Y, Wong TY, Chan FL, et al. Assessing the effect of food mycotoxins on aromatase by using a cell-based system. *Toxicol In Vitro.* 2014; 28 (4): 640–6.
42. Meadway C, George S, Braithwaite R. Opiate concentrations following the ingestion of poppy seed products—evidence for ‘the poppy seed defence’. *Forensic Sci Int.* 1998; 96 (1): 29–38.
43. elSohly HN, elSohly MA, Stanford DF. Poppy seed ingestion and opiates urinalysis: a closer look. *J Anal Toxicol.* 1990; 14 (5): 308–10.
44. Fortner N, Fogerson R, Lindman D, et al. Marijuana-positive urine test results from consumption of hemp seeds in food products. *J Anal Toxicol.* 1997; 21 (6): 476–81.
45. Zoller O, Rhyn P, Zimmerli B. High-performance liquid chromatographic determination of delta9-tetrahydrocannabinol and the corresponding acid in hemp containing foods with special regard to the fluorescence properties of delta9-tetrahydrocannabinol. *J Chromatogr A.* 2000; 872 (1–2): 101–10.
46. Cone EJ, Johnson RE, Paul BD, et al. Marijuana-laced brownies: behavioral effects, physiologic effects, and urinalysis in humans following ingestion. *J Anal Toxicol.* 1988; 12 (4): 169–75.
47. Bosy TZ, Cole KA. Consumption and quantitation of delta9-tetrahydrocannabinol in commercially available hemp seed oil products. *J Anal Toxicol.* 2000; 24 (7): 562–6.
48. Leson G, Pless P, Grotenhermen F, et al. Evaluating the impact of hemp food consumption on workplace drug tests. *J Anal Toxicol.* 2001; 25 (8): 691–8.
49. Abourashed EA, El-Alfy AT, Khan IA, et al. Ephedra in perspective—a current review. *Phytother Res.* 2003; 17 (7): 703–12.
50. Jenkins AJ, Llosa T, Montoya I, et al. Identification and quantitation of alkaloids in coca tea. *Forensic Sci Int.* 1996; 77 (3): 179–89.
51. Pravilnik o prehranskih dopolnilih 2013. Uradni list RS št. 66/2013 [internet]. 2013 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: <http://www.uradni-list.si/1/content?id=114231>

52. Harel Z, Harel S, Wald R, et al. The frequency and characteristics of dietary supplement recalls in the United States. *JAMA Intern Med.* 2013; 173 (10): 926–8.
53. Cohen PA. Hazards of Hindsight – Monitoring the Safety of Nutritional Supplements. *N Engl J Med.* 2014; 370 (14): 1277–80.
54. Cowart VS. Dietary supplements: alternatives to anabolic steroids? *Phys Sportsmed.* 1992; 20: 189–98.
55. Herbal treatments: the promises and pitfalls. *Consum Rep.* 1999; 64: 44–8.
56. Crowley R, FitzGerald LH. The impact of cGMP compliance on consumer confidence in dietary supplement products. *Toxicology.* 2006; 221 (1): 9–16.
57. Eisenberg DM, Davis RB, Ettner SL, et al. Trends in alternative medicine use in the United States, 1990–1997: results of a follow-up national survey. *JAMA.* 1998; 280 (18): 1569–75.
58. Tscholl P, Alonso JM, Dollé G, et al. The use of drugs and nutritional supplements in top-level track and field athletes. *Am J Sports Med.* 2010; 38 (1): 133–40.
59. Braun H, Koehler K, Geyer H, et al. Dietary supplement use among elite young German athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2009; 19 (1): 97–109.
60. Sobal J, Marquart LF. Vitamin/mineral supplement use among athletes: a review of the literature. *Int J Sport Nutr.* 1994; 4 (4): 320–34.
61. Maughan RJ, Greenhaff PL, Hespel P. Dietary supplements for athletes: emerging trends and recurring themes. *J Sports Sci.* 2011; 29 Suppl 1: 57–66.
62. Geyer H, Parr MK, Marek U, et al. Analysis of non-hormonal nutritional supplements for anabolic-androgenic steroids – results of an international study. *Int J Sports Med.* 2004; 25 (2): 124–9.
63. Maughan RJ. Contamination of dietary supplements and positive drug tests in sport. *J Sports Sci.* 2005; 23 (9): 883–9.
64. de Hon O, Coumans B. The continuing story of nutritional supplements and doping infractions. *Br J Sports Med.* 2007; 41 (11): 800–5.
65. Geyer H, Parr MK, Koehler K, et al. Nutritional supplements cross-contaminated and faked with doping substances. *J Mass Spectrom.* 2008; 43 (7): 892–902.
66. Judkins C, Prock P. Supplements and inadvertent doping – how big is the risk to athletes. *Med sport sci.* 2012; 59: 143–52.
67. van der Merwe PJ, Grobbelaar E. Unintentional doping through the use of contaminated nutritional supplements. *S Afr Med J.* 2005; 95 (7): 510–1.
68. Watson P, Judkins C, Houghton ED, et al. Supplement contamination: detection of nandrolone metabolites in urine after administration of small doses of a nandrolone precursor. *Proceedings of the Nutrition Society.* 2009; 67 (OCE8).
69. Catlin DH, Leder BZ, Ahrens B, et al. Trace contamination of over-the-counter androstenedione and positive urine test results for a nandrolone metabolite. *JAMA.* 2000; 284 (20): 2618–21.
70. ESPN. Vencill was suspended two years, missed Olympics [internet]. 2005 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: <http://sports.espn.go.com/oly/news/story?id=2059714>
71. Rodríguez NR, DiMarco NM, Langley S, et al. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *J Am Diet Assoc.* 2009; 109 (3): 509–27.
72. Avelar-Escobar G, Méndez-Navarro J, Ortiz-Olivera NX, et al. Hepatotoxicity associated with dietary energy supplements: use and abuse by young athletes. *Ann Hepatol.* 2012; 11 (4): 564–9.
73. Acute Hepatitis and Liver Failure Following the Use of a Dietary Supplement Intended for Weight Loss or Muscle Building – May–October 2013 [internet]. 2013 [citirano 2014 May 21]; 62: (817–9). Dosegljivo na: <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6240a1.htm>
74. BBC. Claire Squires inquest: DMAA was factor in marathon runner's death [internet]. 2013 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: <http://www.bbc.com/news/uk-england-london-21262717>
75. Eliason MJ, Eichner A, Cancio A, et al. Case reports: Death of active duty soldiers following ingestion of dietary supplements containing 1,3-dimethylamylamine (DMAA). *Mil Med.* 2012; 177 (12): 1455–9.
76. Young C, Oladipo O, Frasier S, et al. Hemorrhagic stroke in young healthy male following use of sports supplement Jack3d. *Mil Med.* 2012; 177 (12): 1450–4.
77. Smith TB, Staub BA, Natarajan GM, et al. Acute myocardial infarction associated with dietary supplements containing 1,3-Dimethylamylamine and Citrus aurantium. *Tex Heart Inst J.* 2014; 41 (1): 70–2.

78. Eckart RE, Gentlesk PJ, Shry EA. Differential manifestation of cardiovascular complaints as a function of utilization of ergogenic supplements. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2010; 33 (3): 286–9.
79. NSF Certified for Sport®. Online directory of certified products [internet]. 2014 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: http://www.nsf sport.com/listings/certified_products.asp
80. USADA. High Risk Dietary Supplement List – Supplement 411 [internet]. 2014 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: <http://www.supplement411.org/supplement411/>
81. Cologne List®. Cologne List® Product Database [internet]. 2014 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: <http://www.koelnerliste.com/en/koelner-liste.html>
82. The Anti-Doping Authority of the Netherlands. NZVT – The Netherlands Security System Nutritional Supplements Elite Sports [internet]. 2014 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: <http://www.dopingautoriteit.nl/nzvt>
83. INFORMED-SPORT®. Informed-Sport Tested Product List [internet]. 2014 [citirano 2014 May 21]. Dosegljivo na: <http://www.informed-sport.com/>

Prispelo 9. 5. 2014



Številka primera: _____/_____
 Izpolni Odbor za podeljevanje TI (OTI)
 To be filled in by TUE Committee

Celovška 25,
 1000 LJUBLJANA,
 SLOVENIJA
 Tel.: +386 1 230 60 10
 Fax.: +386 1 230 60 11
<http://www.sloado.si>
antidoping@sloado.si

IZJEME PRI UPORABI V TERAPEVTSKE NAMENE THERAPEUTIC USE EXEMPTION (TUE)

1. Osebni podatki/Athlete Information

| | | |
|--|-------------------------------------|----------------------|
| Priimek: | Ime: | |
| <i>Last name</i> | <i>First name</i> | |
| Ženski/Female <input type="checkbox"/> Moški/Male <input type="checkbox"/> | | |
| Naslov (ulica): | | |
| <i>Mailing Address</i> | | |
| Mesto: | Poštna št.: _ _ _ _ | Država: |
| <i>City</i> | <i>Zip Code</i> | <i>Country</i> |
| Rojstni datum(dd/mm/llll)/ <i>Date of birth (dd/mm/yy):</i> ___/___/___ | | |
| T-služba/T-work: | T-doma/T-home: | |
| E-mail: | Fax: | |
| Šport/Sport: | Disciplina/Discipline: | |
| Nacionalna panožna zveza: | | |
| <i>National Sport Federation</i> | | |
| Če je športnik invalid, definirati invalidnost: | | |
| <i>If athlete with disability, indicate disability</i> | | |

| |
|--|
| Ali ste uvrščeni na seznam za testiranje (obkrožiti)/Are you a member of a Registered Testing Pool : |
| a) Nacionalni NRTP / National Registered Testing Pool (NRTP) b) Mednarodni – IF RTP / International Federation Registered Testing Pool (IF RTP) c) Nisem na nobenem seznamu / I'm in any Registered Testing Pool |

2. Podatki o pristojnem zdravniku (specialistu) / Medical Practitioner Information

| | | |
|--|----------------------------|----------------------|
| Priimek: | Ime: | |
| Family name | First name | |
| Specializacija zdravnika: | | |
| Medical Speciality | | |
| Naziv in naslov delovne organizacije: | | |
| Name and Address of working organization | | |
| Mesto: | Poštna št.: _ _ _ _ | Država: |
| City | Zip Code | Country |
| T-služba/T-work: _/ _/ _ | | E-mail: |

3. Zdravstveni podatki/Medical Information

| |
|--|
| Diagnoza (tiskano)/Diagnosis (printed): |
| Pregled in testiranja/Medical examination and test(s) performed: |

3.a. Podrobnosti o terapiji/Medication details

| Ime zdravila z liste/Prohibited substance(s) | Doza/Doze of administration | Vrsta aplikacije/Route of application | Število aplikacij/Frequency of application | |
|---|--|---|--|--|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| Predvideno trajanje terapije /Anticipated duration of treatment | Nujno/Emergency <input type="checkbox"/> | Enkratno/One-Time only <input type="checkbox"/> | Dolgotrajno/Long term <input type="checkbox"/> | |

Ali ste že kdaj prej vložili dokumentacijo za terapevtsko izjemo?

Have you submitted any previous TUE application

Ne/no **Da/yes**

Za katero snov ali postopek? /For which substance or method?

Komu? /To whom?

Kdaj? /When? _/ _/ _

Odločitev /Decision: **Odobreno/Approved** **Zavrjneno/Not approved**

4. Izjava zdravnika in športnika / *Medical practitioner's and athlete's declaration***Podpisani**

izjavljam, da so zgoraj imenovana zdravila, predpisana imenovanemu športniku, nujna za opisano medicinsko stanje. Nadalje izjavljam, da bi bila uporaba alternativnega zdravila, ki ni na Listi prepovedanih snovi in postopkov, za opisano medicinsko stanje neustrezno. Obrazložite razlog!

.....

.....

I certify the above-mentioned substance/s for the above named athlete has been/are to be administrated as the correct treatment for the above named medical condition. I further certify that the use of alternative medications not on the Prohibited List would be unsatisfactory for the treatment of the above named medical condition, Specify reasons!

Podpis zdravnika:**Datum/Date:** _/ _/ _

Signature of Medical Practitioner

Podpisani

izjavljam, da so vsi podatki tega dokumenta točni in da prosim za izjemo pri uporabi v terapevtske namene za snovi oziroma postopke z Liste prepovedanih snovi in postopkov (WADA). Strinjam se, da je moja osebna medicinska dokumentacija posredovana Slovenski antidoping organizaciji vključno z njenim Odborom za podeljevanje terapevtskih izjem (OTI), kot tudi osebu WADA, WADA odboru za podeljevanje TI (TUEC) in pristojnim mednarodnim športnim zvezam ter njihovim TUEC po pravilih Svetovnega kodeksa proti dopingu v športu. Strinjam se, da se podatki, vezani na izjemo pri uporabi v terapevtske namene, po potrebi posreduje vsem članom odbora za podeljevanje izjem in/ali kateremu od zunanjih, neodvisnih zdravnikov oziroma strokovnjakov, ki so po Kodeksu določeni in pristojni v procesu odobritve zdravstvene dokumentacije v zvezi z izjemami pri uporabi v terapevtske namene. Razumem, da v vsakem primeru, ko želim preklicati dovoljenje o razpolaganju z delom moje medicinske dokumentacije, to naredim pismeno z izjavo osebnemu zdravniku.

Razumem, da vloga za TI zahteva obravnavo (npr. prenos, razkritje, uporabo in shranjevanje) vseh podatkov, potrebnih za odobritev vloge, v ADAMS-u (Anti-Doping Administration and Management System), saj to zagotavlja harmoniziran, koordiniran in efektiven program odkrivanja, zavračanja in preprečevanja dopinga. S podpisom tega dokumenta potrjujem, da sem seznanjen in se strinjam načinom obravnave podatkov v ADAMS-u.

I certify that the information under 1. is accurate and that I am requesting approval to use a Substance or Method from the WADA Prohibited List. I authorize the release of personal medical information to Anti-Doping Organization including its Therapeutic Use Exemption Committee (OTI) as well as to WADA staff, to the WADA TUEC (Therapeutic Use Exemption Committee), and to the appropriate International Federations and their TUEC under the provisions of the Code. I agree for the transmission of all information pertaining to the application to members of all TUECs with authority under the Code to review the file and, as required, other independent medical or scientific experts, and to all necessary staff involved in the management, review or appeal of TUEs, and WADA. I understand that if I ever wish to revoke the right of the Anti-Doping Organization TUEC or WADA to obtain my health information on my behalf, I must notify my medical practitioner in writing of the fact.

I am aware that an application for a TUE requires the processing (for example transmission, disclosure, use and storage) of all data pertaining to such declaration through Anti-Doping Administration and Management System (ADAMS) to ensure harmonised, coordinated and effective anti-doping programs for detection, deterrence and prevention of doping. Signing this form will indicate that I have been so informed and that I give my express consent to such processing of data.

Podpis športnika:**Datum/Date:** _/ _/ _

Athlete's Signature

Podpis športnikovih staršev oziroma skrbnikov, če je oseba mladoletna, oziroma ima telesne okvare, ki mu onemogočajo podpis:

.....

Datum/Date: _/ _/ _

Parent's / Guardian's signature – if the athlete is a minor or has a disability preventing him/her to sign the form, a parent or guardian shall sign together or on behalf of the athlete

5. Opomba/Note:

| | |
|----------------------------|--|
| Opomba 1/ Note 1 | <p>Diagnoza/Diagnosis</p> <p><i>Dokaz, ki potrjuje diagnozo mora biti priloga v dokumentaciji. Dokumentacija mora vsebovati podatke o zgodovini bolezni, rezultate vseh relevantnih diagnostičnih pregledov, laboratorijskih in slikovnih rezultatov. Če je le mogoče naj bodo v vlogi kopije originalnih dokumentov. Dokazi naj bodo kar se da objektivni glede na klinično stanje.</i></p> <p><i>Evidence confirming the diagnosis must be attached and forwarded with this application. The medical evidence should include a comprehensive medical history and the results of all relevant examinations, laboratory investigations and imaging studies. Copies of the original reports or letters should be included when possible. Evidence should be as objective as possible in the clinical circumstances and in the case of non-demonstrable conditions independent supporting medical opinion will assist this application.</i></p> |
|----------------------------|--|

Nepopolne vloge bodo vrnjene z zahtevo po dopolnitvi!

Incomplete Applications will be returned and need to be resubmitted!

Izpolnjeno vlogo oddajte na Slovensko antidoping organizacijo (naslov v glavi dokumenta), pri sebi hranite kopijo vloge.

Incomplete Applications will be returned and will need to be resubmitted. Please submit the completed form to the Anti-Doping Organization and keep a copy of completed form for your records.

Sabina Škr gat¹

Astma in šport pri odraslih

Asthma and Sport in Adults

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: šport, astma, zdravljenje, z naporom sprožena bronhokonstrikcija

S telesnim naporom sprožena bronhokonstrikcija je opredeljena kot prehodno, reverzibilno zoženje spodnjih dihalnih poti, ki sledi fizični aktivnosti. Zgodi se v prisotnosti ali odsotnosti klinično prepoznane astme. V splošni populaciji je prevalenca z naporom sprožene bronhokonstrikcije 7–20 %. Pri atletih, pri katerih je ta delež višji (okoli 50 %), pa je prevalenca odvisna od vrste športa, okoliščin, kjer se šport izvaja, in ravnih maksimalne obremenitve. Izguba vode na nivoju dihalne poti kot odgovor na povečano ventilacijo je ključni začetni stimulus za nastanek z naporom sprožene bronhokonstrikcije. Pri razlagi mehanizma z naporom sprožene bronhokonstrikcije obstajata dve teoriji: termalna in osmotska teorija. V laboratoriju postavitev diagnoze ni lahka. Diagnostični testi morajo temeljiti na dognanjih patogeneze in patofiziologije z naporom sprožene bronhokonstrikcije. Za sproženje dehidracije in povečanje osmolarnosti tekočinske plasti epitelijske dihalne poti mora stopnja izgube vode preseči njeno nadomeščanje na nivoju prvih deset generacij bronhijev. V splošnem velja, da bolj kot je zrak med diagnostičnim testom suh in večja kot je ventilacija, večja je verjetnost, da test ne bo lažno negativen. Obstajata dve obliki bronhoprovokacijskih testov: direktni in indirektni. Razlikujeta se po mehanizmu oziroma načinu sproženja bronhokonstrikcije. Zdravljenje z naporom sprožene bronhokonstrikcije temelji na principih, ki veljajo za zdravljenje astme: to je protivnetna in bronhodilatatorna komponenta. Med nefarmakološkimi načini preprečevanja z naporom sprožene bronhokonstrikcije svetujemo ogrevanje pred predvideno fizično aktivnostjo.

ABSTRACT

KEY WORDS: exercise, asthma, treatment, exercise-induced bronchoconstriction

Exercise-induced bronchoconstriction is defined as reversible narrowing of distal airways that follows vigorous exercise in the presence or absence of clinically recognised asthma. The prevalence in general population is 7–20%, in athletes even higher, around 50%. Water depletion at the level of airways is a reaction to increased minute ventilation and represents a stimulus to exercise-induced bronchoconstriction. There are two theories seeking to explain exercise-induced bronchoconstriction: thermal and osmotic. In the laboratory conditions, the establishment of the diagnosis can be difficult. The type of protocol used for diagnosis must consider mechanistic factors for exercise-induced bronchoconstriction. To elicit dehydration of the airway surface liquid and to cause a transient increase in its osmolality, the rate of water loss must exceed the rate of return in the

¹ Doc. dr. Sabina Škr gat, dr. med., Klinika za pljučne bolezni in alergijo Golnik, Golnik 34, 4204 Golnik; sabina.skr gat@klinika-golnik.si

first 10 generations of airways. In general, the drier the inspired air and the higher the ventilation sustained during exercise, the less likely a false negative test result will occur. There are two forms of bronchoprovocation: direct and indirect. They differ with respect to basic mechanisms of inducing bronchoprovocation. The management of exercise-induced bronchoconstriction should include both prevention and treatment directed toward the underlying asthma and bronchial hyperresponsiveness. Among the nonfarmacological components of treatment, high intensity warm up is recommended.

UVOD

S telesnim naporom sprožena bronhokonstrikcija (angl. *exercise-induced bronchoconstriction*, EIB) je opredeljena kot prehodno, reverzibilno zoženje spodnjih dihalnih poti, ki sledi fizični aktivnosti. Zgodi se v prisotnosti ali odsotnosti klinično prepoznane astme. Termin z naporom sprožena astma (angl. *exercise induced asthma*, EIA) se ne uporablja več, saj telesna aktivnost ne »povzroča« astme, ampak sproža bronhokonstrikcijo (1). Z naporom sprožena bronhokonstrikcija je odraz pretirane odzivnosti dihalnih poti in je pogosto prvi znak astme, pa tudi znak, ki zadnji v vrsti izzveni po poslabšanju astme. Z naporom sprožena bronhokonstrikcija se pojavi pri do 90 % bolnikov z astmo in pri 40 % tistih, ki imajo alergijski rinitis (2). Posamezniki s težjim potekom in neurejeno astmo imajo z naporom povzročeno bronhokonstrikcijo pogosteje kot tisti bolniki, kjer je astma urejena ali je potek bolezni lažji (1). V splošni populaciji je prevalenca z naporom sprožene bronhokonstrikcije 7–20 % (2). Pri atletih, pri katerih je ta delež višji (približno 50 %), pa je prevalenca odvisna od vrste športa, okoliščin, kjer se šport izvaja, in ravni maksimalne obremenitve (1).

V prispevku povzemamo patofiziološke značilnosti z naporom sprožene bronhokonstrikcije, diagnostični pristop ter zdravljenje tega problema. Ker gre za mlade, aktivne posameznike z nemalokrat visokimi cilji, je v klinični praksi to pogosto trd diagnostični in terapevtski ored.

KAJ SPODBUJA Z NAPOROM SPROŽENO BRONHOKONSTRIKCIJO?

Z naporom sprožena bronhokonstrikcija se pojavi zaradi izgube vode iz dihalnih poti, ki je posledica gretja in vlaženja velikih volumnov zraka v kratkem času. Glavna determinanta za težo odgovora dihalnih poti je vsebnost vode v vdihanem zraku in raven ventilacije med telesnim naporom (1, 3).

Preden vdihani zrak doseže spodnje dihalne poti, se mora v fizioloških pogojih ogreti in navlažiti (37 °C in 44 mgH₂O/l). Do kolikšne mere se bo vdihani zrak ogrel in navlažil, je odvisno od temperature in vlažnosti vdihanega zraka ter od minutne ventilacije posameznika. Toplota in vlaga prehajata iz mukoze v vdihani zrak zaradi temperaturnih in tlačnih gradientov. Med tem procesom poteka ohlajanje dihalnih poti (4). V mirnem dihanju se zrak ogreje in navlaži že v zgornjih dihalnih poteh, torej ko prehaja mimo nosne sluznice. Pri telesnem naporu se minutna ventilacija poveča tudi preko 30 l/min, način dihanja se spremeni iz dihanja preko nosu na dihanje preko odprtih ust (1, 3, 5). Na ta način pri povečani ventilaciji prehaja v spodnja dihalna pota premalo vlažen in topel zrak, potrebno vlaženje in gretje zraka tako prevzamejo spodnje dihalne poti (3).

Na epitelij spodnje dihalne poti se prilega tanka plast vode, ki predstavlja takojšnji vir vlaženja vdihanega zraka. Epitelij ima vlogo absorpcije med mimim dihanjem, med povečanjem ventilacije pa prevzame funkcijo sekretorne površine zato, da nadomesti primanjkljaj v vodni plasti (6).

Osmolarnost vodne plasti je 290–320 mOsmol, vsebuje natrij, klorid, kalij in kalcijeve ione. Med povečanjem minutne ventilacije preko 40 l/min grozi dehidracija in povečanje osmolarnosti vodne plasti epitelijske. Hitro nadomeščanje vode se zgodi s kondenzacijo vode iz izdihanega zraka, ki prihaja iz alveolov in je zato toplejši kot mukoza dihalnih poti. Drugi mehanizem nadomeščanja vode je preko osmotskega gradienta iz bronhialne cirkulacije do površine epitelijske dihalne poti z namenom vzpostavljanja normalne osmolarnosti (3). Kljub tem homeostatskim mehanizmom pa matematični modeli ocenjujejo, da se iz spodnjih dihalnih poti izgubi okoli 40 % vode v minuti v temperaturnih pogojih med 22–26 °C, 40% vlažnosti in ventilaciji 60 l/min (3, 7, 8).

Opisana izguba vode na nivoju dihalne poti kot odgovor na povečano ventilacijo je ključni začetni stimulus za nastanek z naporom sprožene bronhokonstrikcije.

PATOFIZIOLOGIJA Z NAPOROM SPROŽENE BRONHOKONSTRIKCIJE

Pri razlagi mehanizma z naporom sprožene bronhokonstrikcije obstajata dve teoriji: termalna in osmotska teorija.

Termalna teorija temelji na razlagi, da ohlajanje dihalnih poti ob izparevanju vode povzroča vazokonstrikcijo bronhialnega žilja. Pri ponovnem segrevanju pa prihaja do zoženja dihalnih poti zaradi mehaničnih razlogov: ponovna polnitev žilja, povečana prepustnost žilja in edem stene dihalne poti. Teorija torej temelji na vaskularnem dogodku, ki naj ne bi bil vezan na sproščanje mediatorjev ali kontrakcije gladke mišice (2, 3, 9, 10).

Nasprotno pa osmotska teorija temelji na ideji, da je primarna motnja povečana osmolalnost v tekočinski plasti epitelijske, ki pa zajame tudi epitelijske celice in submukoza. Hiperosmolarno okolje aktivira in spodbuja celične mehanizme k sproščanju različnih mediatorjev (11). Mediatorji vključeno z levkotrieni in prostanglandini nato

sodelujejo pri vnetju dihalne poti in okvari respiratornega epitelijske (12, 13). Dodatni mediatorji, ki prispevajo k bronhokonstrikciji, sproženi z naporom, izhajajo iz senzornih živčnih končičev dihalnih poti. Slednje aktivirajo levkotrieni, po aktivaciji sproščajo nevrokinine, ki končno povzročajo bronhokonstrikcijo (12).

Poškodba dihalne poti predstavlja naslednji mehanizem, ki igra pomembno vlogo pri razvoju z naporom sprožene bronhokonstrikcije pri vrhunskih atletih. Med intenzivno vadbo, ki se ponavlja in je dolgotrajna, postanejo mala dihalna pota tista, ki morajo prevzeti vlogo vlaženja in gretja zraka. Zaradi dehidracijske okvare dihalne epitelijske se vklopijo mehanizmi popravljanja: povečana prepustnost drobnega žilja in eksudacija plazme (14). Poleg tega se verjetno spremenijo kontraktilne lastnosti gladke mišične, ki postane občutljivejša na dražljaje zaradi ponavljajočega se izpostavljanja produktom plazme (15, 16). Ta tip okvare lahko pojasni pretirano odzivnost dihalnih poti za metaholin pri atletih, ki trenirajo v hladnem okolju (17). Bronhialna pretirana odzivnost te vrste lahko izzveni po prenehanju intenzivnih treningov. Pri tem tipu okvare tako verjetno ne prihaja do preoblikovanja dihalnih poti in stanje, kot kaže, ni predispozicija za nastanek kronične bolezni (15).

DIAGNOZA Z NAPOROM SPROŽENE BRONHOKONSTRIKCIJE

V laboratoriju postavitev diagnoze ni lahka. Diagnostični testi morajo temeljiti na dognanjih patogeneze in patofiziologije z naporom sprožene bronhokonstrikcije. Za sproženje dehidracije in povečanje osmolarnosti tekočinske plasti epitelijske dihalne poti mora stopnja izgube vode preseči njeno nadomeščanje na nivoju prvih deset generacij bronhijev. V splošnem velja, da bolj kot je zrak med diagnostičnim testom suh in večja kot je ventilacija, večja je verjetnost, da test ne bo lažno negativen (3).

Za to, da izzovemo z naporom sproženo bronhokonstrikcijo, mora biti intenziteta obremenitve v prvih dveh minutah tako velika, da se minutna ventilacija dvigne na vsaj 17,5-kratnik forsiranega ekspiratornega volumna v prvi sekundi (angl. *forced expiratory volume in 1 second*, FEV1) ali še bolje za 21-kratnik FEV1, srčna frekvenca pa na več kot 80 % maksimalno predvidene. Ta stopnja obremenitve se mora vzdrževati pri otrocih šest minut in odraslih ter adolescentih osem minut. Tarčna ventilacija se lažje doseže s tekom kot s kolesarjenjem (3). Potreben je vir suhega zraka z nizko vsebnostjo vode, pri nekaterih posameznikih pa dodatno še hladen zrak (3, 16).

S hitrim povečevanjem intenzitete obremenitve se povečuje ventilacija in v nekaj minutah se v proces gretja in vlaženja zraka vključujejo spodnje dihalne poti. Suh zrak, ki je poleg tega še hladen, ta mehanizem še okrepi (3). Če se ventilacija povečuje prepočasi, postanejo dihalne poti refrakratne za nastanek od napora inducirane bronhospazma (18). Dokazali so na primer, da imajo 20-minutno ogrevanje pri submaksimalni obremenitvi ali zaporedni 30-sekundni ogrevalni šprinti protektivni učinek pri nastanku z naporom inducirane bronhospazma, saj dihalne poti postanejo refrakratne za nastanek tega pojava pri velikih telesnih obremenitvah, ki sledijo (19, 20). Poleg tega je pojav z naporom inducirane bronhokonstrikcije celo variabilen v času, tako da en sam negativen provokacijski test le-te še ne izključuje (16).

Pri sami fizični obremenitvi rekreativnega ali vrhunškega športnika s tehnične plati torej obstaja kar nekaj zadržkov. Poleg tehničnih zahtev je potreben izurjen kader, težavna je tudi standardizacija. Prav zato se v klinični praksi za opredelitev do z naporom sprožene bronhokonstrikcije največkrat uporabljajo drugačni provokacijski testi (21).

FUNKCIONALNO TESTIRANJE PRI SUMU NA Z NAPOROM SPROŽENO BRONHOKONSTRIKCIJO

Obstajata dve obliki bronhoprovokacijskih testov: direktni in indirektni. Razlikujejo se po mehanizmu oziroma načinu sproženja bronhokonstrikcije.

Direktni bronhoprovokacijski testi

Direktna provokacijska agensa, kot sta metaholin in histamin, učinkujeta neposredno na receptorje bronhialne gladke mišice in tako sprožata kontrakcijo gladke muskulature dihalne poti in s tem bronhokonstrikcijo. Test z metaholinom ima veliko negativno napovedno vrednost, kar pomeni, da negativen izid testa z veliko verjetnostjo astmo izključuje (22, 23). Pri interpretaciji pozitivnega testa pa je treba biti pazljiv. Opisana je na primer visoka prevalenca pozitivnega metaholinskega testiranja v skupini vrhunskih tekačev na smučeh, ki so bili povsem brez respiratornih simptomov (24). Avtorji podajajo različne možne razlage bronhialne hiperreaktivnosti na metaholin pri asimptomatskih tekačih na smučeh: na eni strani kot posledica poškodbe dihalne poti zaradi ventilacije velikih volumnov hladnega zraka in na drugi preprosto nizka stopnja percepcije respiratornih simptomov.

Indirektni bronhoprovokacijski testi

Med te teste sodijo poleg testov obremenitve (cikloergometrija, trak, prosti tek) še testiranje:

- s hipertonično raztopino natrijevega klorida,
- z adenozin monofosfatom (AMP),
- z manitolom in
- test evkapnične hiperventilacije (EHV).

V klinični praksi se uporabljata test evkapnične hiperventilacije ter manitol in testi obremenitve. Indirektni testi so prikazani v tabeli 1.

Tabela 1. Primerjava indirektnih testov bronhokonstrikcije (25, 26). (++++) – odlično, (+++) – zelo dobro, (++) – dobro, (+) – šibko, PNV – pozitivna napovedna vrednost, NNV – negativna napovedna vrednost, FDA – Zvezni urad za hrano in zdravila (angl. *Food and Drug Administration*).

| Značilnost | Obremenitev v laboratorijskih pogojih | Evkapnična hiperventilacija | Manitol | Hipertonična NaCl | Adenozin monofosfat |
|---|---------------------------------------|-----------------------------|-----------|-------------------|---------------------|
| Senzitivnost za z naporom sproženo bronhokonstrikcijo | ++++ | ++++ | + | + | + |
| Specifičnost za z naporom sproženo bronhokonstrikcijo | ++++ | ++++ | +++ | +++ | +++ |
| Senzitivnost za astmo | ++ | ++ | +++ | +++ | +++ |
| Specifičnost za astmo | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| PNV za z naporom sproženo bronhokonstrikcijo | +++ | +++ | ++ | ++ | ++ |
| PNV za astmo | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| NNV za z naporom sproženo bronhokonstrikcijo | +++ | +++ | + | + | + |
| NNV za astmo | + | + | + | + | + |
| Poteka test s telesno obremenitvijo? | da | ne | ne | ne | ne |
| Korelacija z vnetjem v dihalnih poteh | visoka | visoka | visoka | visoka | visoka |
| Korelacija s simptomi z naporom sprožene bronhokonstrikcije | minimalna | minimalna | minimalna | minimalna | minimalna |
| Odobrena s strani FDA | neopredeljena | neopredeljena | da | neopredeljena | ne |

Testi s fizično obremenitvijo

Pred obremenitvijo se opravi spirometrija. Po priporočilih Ameriškega torakalnega združenja in Evropskega respiratornega združenja je za diagnozo z naporom sprožene bronhokonstrikcije po naporu diagnosticen 10 % padec FEV1 (27, 28). Protokol obremenitve traja 6–8 minut pri pogojih okolja: temperatura zraka 20–25 °C in relativna vlažnost pod 50 %. Obenem obstajajo zahteve glede minutne ventilacije in doseganja srčne frekvence. Test zahteva izurjeno ekipo ter opremo.

Test evkapnične hiperventilacije

Test je bil standardiziran s strani ameriške vojske za oceno z naporom sprožene bronhokonstrikcije pri novincih z astmo, šele kasneje so ga uporabili pri vrhunskih atletih (29).

Po priporočilu Mednarodne olimpijske komisije je test EVH pri diagnozi z naporom povzročene bronhokonstrikcije priporočen kot zlati standard za odobritev uporabe betaagonistov v vdihani obliki pred tekmovanjem. Test poteka z vdihovanjem mešanice plinov (4,9–5,0 % CO₂, 21 % O₂ ter N₂), med katerim preiskovanec diha z veliko minutno ventilacijo (21–30-kratnik FEV1). Za vrhunske športnike je priporočljiva minutna ventilacija 30-kratnik FEV1. Za diagnozo od z naporom sprožene bronhokonstrikcije je potreben vsaj 10 % padec FEV1 (30). Test je na voljo le v specializiranih laboratorijih.

Test z manitolom

Preiskovanec vdihuje manitol v obliki prahu. Kot pri testu s telesno obremenitvijo, EVH in hipertoničnim NaCl gre tudi pri tem

indirektnem testu za nastajanje hipero-smolarnega okolja v dihalnih poteh, ki vodi v sproščanje mediatorjev s posledično kontrakcijo gladke miškulature dihalnih poti (25). Eno minuto po vsakem odmerku manitola (oziroma 5 mg, 10 mg, 20 mg, 40 mg, 80 mg, 160 mg, 160 mg in 160 mg) se izmeri FEV1. Test se prekine, ko FEV1 pade za 15% (PD 15) in več od izhodne vrednosti, ko med enim in naslednjim odmerkom FEV1 pade za 10% in več ali ko se doseže kumulativni odmerek 635 mg (25). Opisana je dobra korelacija med zmanjšanjem vnetja v dihalnih poteh (npr. po uvedbi zdravljenja z inhalacijskim glukokortikoidom) in zmanjšano občutljivostjo (PD 15) za manitol (31). Test je enostaven, poceni, uporaben torej pri ljudeh z astmo, ki imajo težave pri telesnem naporu (25).

ZDRAVLJENJE Z NAPOROM SPROŽENE BRONHOKONSTRIKCIJE

Pri zdravljenju vključujemo nefarmakološke in farmakološke načine zdravljenja.

Nefarmakološki pristopi

Ogrevanje pred telesno obremenitvijo

Stopnja obremenitve v času ogrevanja naj bo taka, da preiskovanec doseže 60–80% predvidene maksimalne srčne frekvence. Običajno zadostuje 10-minutno ogrevanje. Tekalci se lahko ogrevajo tako, da tečejo kratke šprinte. Po epizodi z naporom sprožene bronhokonstrikcije nastopi tako imenovana refrakratna epizoda, ki traja od ene do štirih ur in v kateri se nov pojav bronhokonstrikcije ne zgodi. Refrakratna doba nastopi tudi, ko uvodno ogrevanje ne sproži bronhokonstrikcije.

Hladen in suh zrak povzroča največ težav. S pokritjem ust in nosu z zaščito, kot sta maska ali tkanina, dosežemo, da je vdihani zrak toplejši, in tako lahko zmanjšamo stopnjo težav (32, 33).

Zmanjšan vnos soli

Opisani so primeri zmanjšane z naporom sprožene bronhokonstrikcije pri ljudeh

z astmo po 2–5-tedenskem obdobju diete z manjšim vnosom soli. Dolgotrajni učinki tega pristopa na pojav z naporom sprožene bronhokonstrikcije niso znani (34, 35).

Omega-3-maščobne kisline in vitamin C

Omega-3-maščobne kisline kompetitivno delujejo z arahidonsko kislino kot substrat za nastanek proinflammatoryh mediatorjev, kot so levkotrieni in prostaglandini, ter citokinov. V manjših študijah so pri atletih, ki so tri tedne uživali omega-3-maščobne kisline, opazovali manjšo porabo bronhodilatatorjev betaagonistov ter manj vnetja na nivoju dihalnih poti (36). Podobna poročila obstajajo za uživanje vitamina C (37). Tako za omega-3 kot za vitamin C pa bodo šele večje študije opredelile pomen teh substanc v preprečevanju z naporom sprožene bronhokonstrikcije.

Farmakološki pristopi

Zdravljenje z naporom sprožene bronhokonstrikcije temelji na principih, ki veljajo za zdravljenje astme: to je protivnetna in bronhodilatatorna komponenta. Bolnikom z dnevnimi simptomi astme priporočimo redno, to je vsakodnevno, zdravljenje z inhalacijskimi glukokortikoidi (GINA-smernice). Ta hip ni jasnega zaključka o enotni obravnavi bolnika z astmo, ki ima malo težav v mirovanju, vendar simptome astme med telesnim naporom. Še več, pri bolnikih, ki imajo z naporom sproženo bronhokonstrikcijo, pogostnost težav preprosto odseva frekvenco fizične aktivnosti. Bolniki zato jemljejo kratko delujoče betaagoniste (angl. *short acting beta adrenergic receptor agonist*, SABA). Ta skupina bolnikov torej ni enaka tistim astmatikom, ki SABA jemljejo zaradi dnevnih težav z astmo in jih smernice tako uvrščajo v skupino neurejene astme (38).

Betaagonisti

Kratko delujoči betaagonisti (SABA) in dolgo delujoči betaagonisti (angl. *long acting beta adrenergic receptor agonist*, LABA) so

najučinkovitejše učinkovine, ki preprečujejo nastanek z naporom sprožene bronhokonstrikcije oziroma prekinjajo že nastalo bronhokonstrikcijo (39).

Pred telesnim naporom SABA dobro učinkujejo in so zdravila prvega izbora. Učinkovina prične klinično učinkovati v 5–20 minutah ter učinkuje 2–4 ure (40). Uporabljena so pogosto kot monoterapija za profilakso in zdravljenje z naporom sprožene bronhokonstrikcije. Po drugi strani LABA preprečujejo nastanek EIB 12 ur, vendar se razlikujejo v pričetku njihovega delovanja. Formeterol prične delovati po 15 minutah, salmeterol pa 30 minut po inhalaciji zdravila (41–43).

Nastanek tolerance je glavna ovira pri vsakdanji rabi LABA in SABA. Kaže se kot zmanjšanje stopnje zaščite pred z naporom nastale bronhokonstrikcije, pa tudi čas izzvenenja z naporom sprožene bronhokonstrikcije se podaljša (44). Klinična pomembnost tolerance je proporcionalna teži z naporom sprožene bronhokonstrikcije. Bolniki z blago obliko bronhokonstrikcije pa lahko te tolerance klinično ne čutijo (45). Toleranca se lahko razvije hitro, tudi v 12–24 urah po prvem odmerku (46). Mehanizem tolerance ni čisto jasen, vključuje pa zmanjšano izražanje betareceptorjev na celicah respiratornega sistema s posledičnim manjšim bronhodilatorskim učinkom. Razvije se neodvisno od predpisa inhalacijskega glukokortikoida.

LABA se pri bolniku z astmo ne sme nikoli predpisovati v monoterapiji zaradi možnosti povečane smrtnosti med poslabšanjem astme (47).

Inhalacijski glukokortikoidi

Mladi odrasli, ki se s športom ukvarjajo rekreativno, npr. manj kot deset ur teden sko, imajo lahko klasično eozinofilno astmo in torej dobro občutljivost za zdravljenje z inhalacijskim glukokortikoidom (angl. *inhaled corticosteroid*, ICS). To skupino ljudi moramo zdraviti z inhalacijskimi glukokor-

tikoidi v monoterapiji, lahko dodamo LABA ali antilevkotrieni (48). Uporaba ICS ne prepreči razvoj tolerance na betaagoniste. Pri elitnih atletih in tistih, ki trenirajo dnevno, pa verjetno obstaja drugačen fenotip astme, ki ga ne označuje eozinofilno vnetje. V teh primerih so ICS manj učinkoviti (49).

ICS ne pomagajo pri profilaksi z naporom sprožene bronhokonstrikcije, so pa učinkoviti pri minimaliziranju števila in teže z naporom sproženih epizod bronhokonstrikcije. V primeru vztrajanja z naporom sprožene bronhokonstrikcije naj se odmerek ICS poveča. Eden od možnih načinov spremljanja kontrole astme pri elitnih atletih je merjenje pretirane bronhialne odzivnosti z uporabo indirektnih provokacijskih testov ter prilagajanje odmerkov ICS skladno s kliniko in izvidi provokacijskih testov (38).

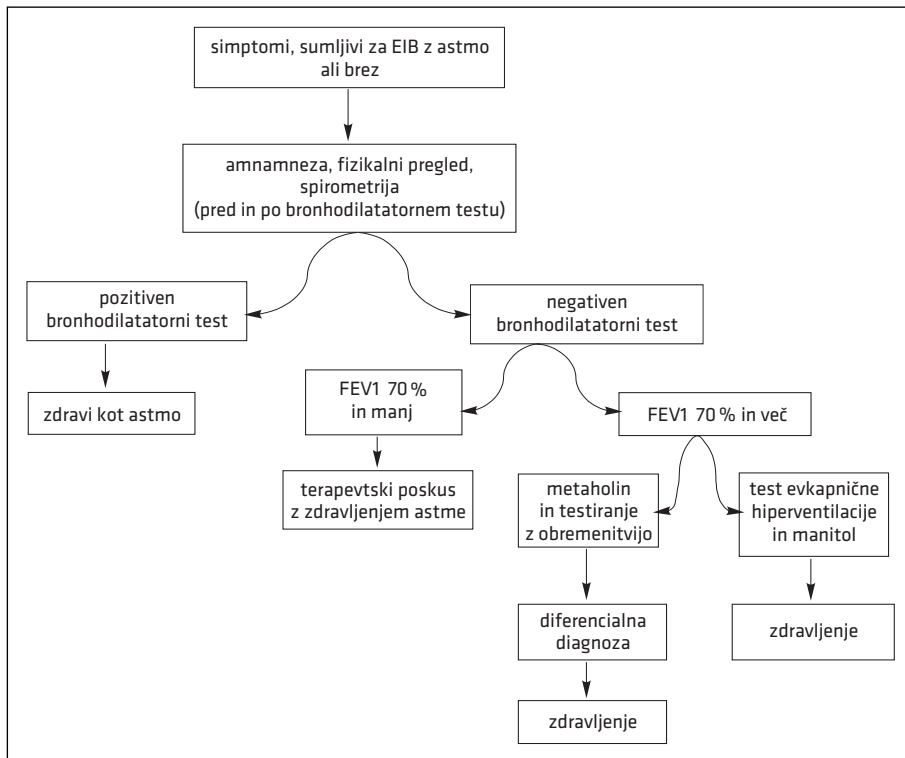
Antilevkotrieni

Antilevkotrieni nimajo akutnega bronhodilatatornega učinka in ne odpravljajo z naporom sprožene bronhokonstrikcije, ko se enkrat pojavi. Montelukast je lahko učinkovit kot monoterapija pri posameznikih, ki imajo z naporom sproženo bronhokonstrikcijo in trenirajo nekajkrat na teden. Vedeti moramo, da je učinkovitost montelukasta heterogen in je pri nekaterih učinkovit, pri drugih ne (38).

Obravnava športnika s sumom na EIB je podana v sliki 1.

ZAKLJUČEK

Z naporom sprožena bronhokonstrikcija je dogajanje, ki pomembno zmanjšuje kvaliteto življenja bolnikom z astmo. Z naporom sproženo bronhokonstrikcijo zdravimo po načelih zdravljenja astme. Predvsem pri elitnih atletih je mehanizem vnetnih in patofizioloških poti drugačen, zato se tudi terapevtski pristop k obravnavi z naporom sprožene bronhokonstrikcije nekoliko razlikuje. Za preprečevanje nastanka z naporom sprožene bronhokonstrikcije so lahko



Slika 1. Algoritem obravnave športnika s sumom na z naporom sproženo bronhokonstrikcijo. Pozitiven bronhodilatatorni test – porast forsiranega ekspiratornega volumna v prvi sekundi za 12 % od norme in hkrati vsaj za 200 ml od izhodiščne vrednosti. EIB – z naporom sprožena bronhokonstrikcija, FEV1 – forsiran ekspiratorni volumen v prvi sekundi.

dovolj SABA, v primeru simptomatike oziroma neurejene astme pa moramo dodati ICS v dnevno uporabo. V primeru uporabe SABA več kot 2-krat na teden, je treba preverjati vzroke neurejene astme. Kot »add on« zdravljenje se lahko uporablja montelukast, možni nefarmakološki pristopi so dodaja-

nje omega-3-maščobnih kislin in vitamina C. Odmerki ICS naj se povečajo v primeru perzistentnega vztrajanja z naporom sprožene bronhokonstrikcije. Iz kliničnih izkušenj je znano, da elitni atleti lahko potrebujejo tudi visoke odmerke ICS.

LITERATURA

1. Weiler J, Anderson SD, Randolph CC, et al. Pathogenesis, prevalence, diagnosis, and management of exercise-induced bronchoconstriction: a practice parameter. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2010; 105 (6 Suppl): S1–47.
2. Randolph C. An update on exercise-induced bronchoconstriction with and without asthma. *Curr Allergy Asthma Rep.* 2009; 9 (6): 433–8.
3. Anderson SD, Kippelen P. Stimulus and mechanisms of exercise-induced bronchoconstriction. *Breathe.* 2010; 7 (1): 25–33.
4. Adkinson NF, Bochner BS, Busse WW, et al. *Middleton's Allergy Principles and Practice*, 7th ed. Philadelphia: Elsevier Health Publisher; 2009.
5. Niinimaa V, Cole P, Mintz S, et al. The switching point from nasal to oronasal breathing. *Respir Physiol.* 1980; 42 (1): 61–71.
6. Anderson SD, Schoeffel RE, Folet R, et al. Sensitivity to heat and water loss at rest and during exercise in asthmatic patients. *Eur J Respir Dis.* 1982; 63 (5): 459–71.
7. Anderson SD, Daviskas E. Pathophysiology of exercise-induced asthma: role of respiratory water loss. In: Weiler JM, ed. *Allergic and Respiratory Disease in Sports Medicine*. New York: Marcel Dekker; 1997.
8. Daviskas E, Gonda I, Anderson SD. Local airway heat and water vapour losses. *Respir Physiol.* 1991; 84 (1): 115–32.
9. McFadden ER, Pichurko BM. Intraairway thermal profiles during exercise and hyperventilation in normal man. *J Clin Invest.* 1985; 76 (3): 1007–10.
10. McFadden ER, Lenner KA, Strohl KP. Postexercise airway rewarming and thermally induced asthma. *J Clin Invest.* 1986; 78 (1): 18–25.
11. Anderson SD, Kippelen P. Exercise-induced bronchoconstriction: pathogenesis. *Curr Allergy Asthma Rep.* 2005; 5 (2): 116–22.
12. Hallstrand TS, Henderson WR. Role of leukotrienes in exercise-induced bronchoconstriction. *Curr Allergy Asthma Rep.* 2009; 9 (1): 18–25.
13. Hallstrand TS, Chi EY, Singer AG, et al. Secreted phospholipase A2 group X overexpression in asthma and bronchial hyperresponsiveness. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007; 176 (11): 1072–8.
14. Persson CG, Erjefält JS, Greiff L, et al. Plasma-derived proteins in airway defence, disease, and repair of epithelial injury. *Eur Respir J.* 1998; 11 (4): 958–70.
15. Anderson SD, Kippelen P. Airway injury as a mechanism for exercise-induced bronchoconstriction in elite athletes. *J Allergy Clin Immunol.* 2008; 122 (2): 225–35.
16. Anderson SD. Exercise-induced bronchoconstriction in the 21st century. *J Am Osteopath Assoc.* 2011; 111 (11 Suppl 7): S3–S10.
17. Sue-Chu M, Brannan JD, Anderson SD, et al. Airway hyperresponsiveness to methacholine, adenosine-5-monophosphate, mannitol, eucapnic voluntary hyperpnea and field exercise challenge in elite cross country skiers. *Br J Sports Med.* 2010; 44 (11): 827–32.
18. Argyros GJ, Roach JM, Hurwitz KM, et al. The refractory period after eucapnic voluntary hyperventilation challenge and its effect on challenge technique. *Chest.* 1995; 108 (2): 419–24.
19. Reiff DB, Choudry NB, Pride NB, et al. The effect of prolonged submaximal warm-up exercise on exercise-induced asthma. *Am Rev Respir Dis.* 1989; 139 (2): 479–84.
20. Schnall RP, Landau LI. Protective effects of repeated short sprints in Exercise induced asthma. *Thorax.* 1980; 35 (11): 828–32.
21. Pongdee T, Li JT. Exercise-induced bronchoconstriction. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2013; 110 (5): 311–5.
22. Cockcroft D, Davis B. Direct and indirect challenges in the clinical assessment of asthma. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2009; 103 (5): 363–9.
23. Cockcroft DW. Direct challenge tests. *Chest.* 2010; 138 (2 Suppl): 18S–24S.
24. Sue-Chu M, Brannan JD, Anderson DS, et al. Airway hyperresponsiveness to methacholine, adenosine 5 monophosphate, mannitol, eucapnic voluntary hyperpnea and field exercise challenge in elite cross country skiers. *Br J Sports Med.* 2010; 44 (11): 827–32.
25. Weiler J, Anderson SD, Randolph CC, et al. Pathogenesis, prevalence, diagnosis and management of exercise-induced bronchoconstriction: a practice parameter. *Annals Allergy Asthma Immunol.* 2010; 105 (6 Suppl): S1–S47.
26. Randolph C. Diagnostic Exercise Challenge testing, 2011. *Curr Allergy Asthma Rep.* 2011; 11 (6): 482–90.

27. Carlsen KH, Anderson SD, Bjermer L, et al. Treatment of exercise induced asthma, respiratory and allergic disorders in sports and their relationship to doping. Part II of the report of the Joint Task Force of European Respiratory Society (ERS) and European of Allergy and Clinical Immunology (EAACI) in cooperation with GA (2) LEN. *Allergy*. 2008; 63 (5): 492–505.
28. Crapo RO, Casaburi R, Coates AL, et al. Guidelines for methacholine and exercise challenge testing-1999. This official statement of the American Thoracic Society was adopted by the ATS Board Directors July 1999. *Am J Resp Crit Care Med*. 2000; 161 (1): 309–29.
29. Roach JM, Hurwitz KM, Argyros GJ, et al. Eucapnic voluntary hyperventilation as a bronchoprovocation technique. Comparison with methacholine inhalation in asthmatic. *Chest*. 1994; 105 (3): 667–72.
30. Rundell KW, Slee JB. Exercise and other indirect challenges to demonstrate asthma or exercise-induced bronchoconstriction in athletes. *J Allergy Clin Immunol*. 2008; 122 (2): 238–48.
31. Brannan JD, Koskela H, Anderson SD, et al. Budesonide reduces sensitivity and reactivity to inhaled mannitol in asthmatic subjects. *Respirology*. 2002; 7 (1): 37–44.
32. Eliasson AH, Phillips YY, Rajagopal KR, et al. Sensitivity and specificity of bronchial provocation testing. An evaluation of four techniques in exercise-induced bronchospasm. *Chest*. 1992; 102 (2): 347–55.
33. Parsons JP, Craig TJ, Stoloff SW, et al. Impact of exercise-related respiratory symptoms in adults with asthma: exercise-induced bronchospasm landmark national survey. *Allergy Asthma Proc*. 2011; 32 (6): 431–7.
34. Evans TM, Rundell KW, Beck KC, et al. Cold air inhalation does not affect the severity of EIB after exercise or eucapnic voluntary hyperventilation. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37 (4): 544–9.
35. DiDario AG, Becker JM. Asthma, sports, and death. *Allergy Asthma Proc* 2005; 26 (5): 341–4.
36. Randolph CC. Allergic rhinitis and asthma in the athlete. *Allergy Asthma Proc*. 2006; 27 (2): 104–9.
37. Pedersen L, Lund TK, Barnes PJ, et al. Airway responsiveness and inflammation in adolescent elite swimmers. *J Allergy Clin Immunol*. 2008; 122 (2): 322–7.
38. Backer V, Sverrild A, Porsbjerg C. Treatment of Exercise-Induced bronchoconstriction *Immunol allergy Clin N Am*. 2013; 33 (3): 347–62.
39. Bousquet J. Global initiative for asthma (GINA) and its objectives. *Clin Exp Allergy*. 2000; 30 (Suppl 1): 2–5.
40. Sue-Chu M, Henriksen AH, Bjermer L. Non-invasive evaluation of lower airway inflammation in hyper-responsive elite cross-country skiers and asthmatics. *Respir Med*. 1999; 93 (10): 719–25.
41. Ferrari M, Balestreri F, Baratieri S, et al. Evidence of the rapid protective effect of formoterol dry-powder inhalation against exercise-induced bronchospasm in athletes with asthma. *Respiration*. 2000; 67 (5): 510–3.
42. Kemp JP, Dockhorn RJ, Busse WW, et al. Prolonged effect of inhaled salmeterol against exercise-induced bronchospasm. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994; 150 (6): 1612–5.
43. Ferrari M, Segattini C, Zanon R, et al. Comparison of the protective effect of formoterol and of salmeterol against exercise-induced bronchospasm when given immediately before a cycloergometric test. *Respiration*. 2002; 69 (6): 509–12.
44. Nelson JA, Strauss L, Skowronski M, et al. Effect of long-term salmeterol treatment on exercise-induced asthma. *N Engl J Med*. 1998; 339 (3): 141–6.
45. Haney S, and Hancox RJ. Recovery from bronchoconstriction and bronchodilator tolerance. *Clin Rev Allergy Immunol*. 2006; 31 (2-3): 181–96.
46. Drotar DE, Davis EE, and Cockcroft DW. Tolerance to the bronchoprotective effect of salmeterol 12 hours after starting twice daily treatment. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 1998; 80 (1): 31–4.
47. Coreno A, Skowronski M, Kotaru C, et al. Comparative effects of long-acting beta2-agonists, leukotriene receptor antagonists, and a 5-lipoxygenase inhibitor on exercise-induced asthma. *J Allergy Clin Immunol*. 2000; 106 (3): 500–6.
48. Spector S, Tan R. Exercise-induced bronchoconstriction update: therapeutic management. *Allergy Asthma Proc*. 2012; 33 (1): 7–12.
49. Loetvall J, Akdis CA, Bacharier LB, et al. Asthma endotypes: a new approach to classification of disease entities within the asthma syndrome. *J Allergy Clin Immunol*. 2011; 127 (2): 355–60.

Katja Ažman Juvan¹

Razlikovanje športnega srca in kardiomiopatije

Differentiating between Athlete's Heart and Cardiomyopathy

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: športno srce, hipertrofična kardiomiopatija, dilatativna kardiomiopatija, aritmogena kardiomiopatija desnega prekata, elektrokardiogram, ultrazvočna preiskava srca

Dolgotrajna intenzivna redna telesna vadba povzroča na srcu fiziološke funkcijske in strukturne prilagoditve, ki jih imenujemo športno srce. Fiziološke spremembe lahko dajejo občasno enako sliko kot patološke spremembe pri (še) nepopolno izraženih ali zgodnjih oblikah kardiomiopatij (predvsem hipertrofični, dilatativni in aritmogeni kardiomiopatiji desnega prekata). Fiziološke spremembe lahko od patoloških večinoma ločimo s pomočjo osebne in družinske anamneze, kliničnega pregleda, demografskih značilnosti in osnovnih neinvazivnih kardioloških preiskav, kot so EKG, ultrazvočna preiskava srca in obremenitveno testiranje. Redkeje to ne zadošča in moramo dodatno uporabiti še druge preiskave, najpogosteje magnetnoresonančno slikanje srca, opredeliti vpliv počitka na srce in/ali napotiti športnika na genetsko testiranje.

Pravilna opredelitev sprememb na srcu je ključna, da bi se izognili nepotrebnim diskvalifikacijam športnikov zaradi napačne postavitve diagnoze kardiomiopatije, obenem pa ne zamenjali začetnih patoloških sprememb za fiziološke, kar bi bilo za športnika lahko usodno.

ABSTRACT

KEY WORDS: athlete's heart, hypertrophic cardiomyopathy, dilatative cardiomyopathy, arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy, electrocardiography, echocardiography

Regular intensive physical exertion results in physiological functional and structural adaptations termed athlete's heart. Physiological remodelling may occasionally overlap with pathological changes of subtle or early cardiomyopathy (especially hypertrophic, dilatative or arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy). The differentiation between physiological remodelling and pathologic changes can be made in most cases by means of personal and family history, demographics and basic noninvasive cardiac investigations such as electrocardiogram, echocardiography and exercise testing. Infrequently, additional tests including cardiac magnetic resonance imaging, detraining and genetic testing may be helpful.

A proper evaluation of changes is crucial in order to avoid unnecessary disqualifications of athletes due to erroneous diagnosis of cardiomyopathy and to prevent misinterpretation of subtle pathological indicators as training-related and thereby exposing such individuals to increased risk of adverse events including sudden cardiac death during vigorous exercise.

¹ Asist. dr. Katja Ažman Juvan, dr. med., Klinični oddelek za kirurgijo srca in ožilja, Kirurška klinika, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 7, 1000 Ljubljana; katja.azman@kclj.si

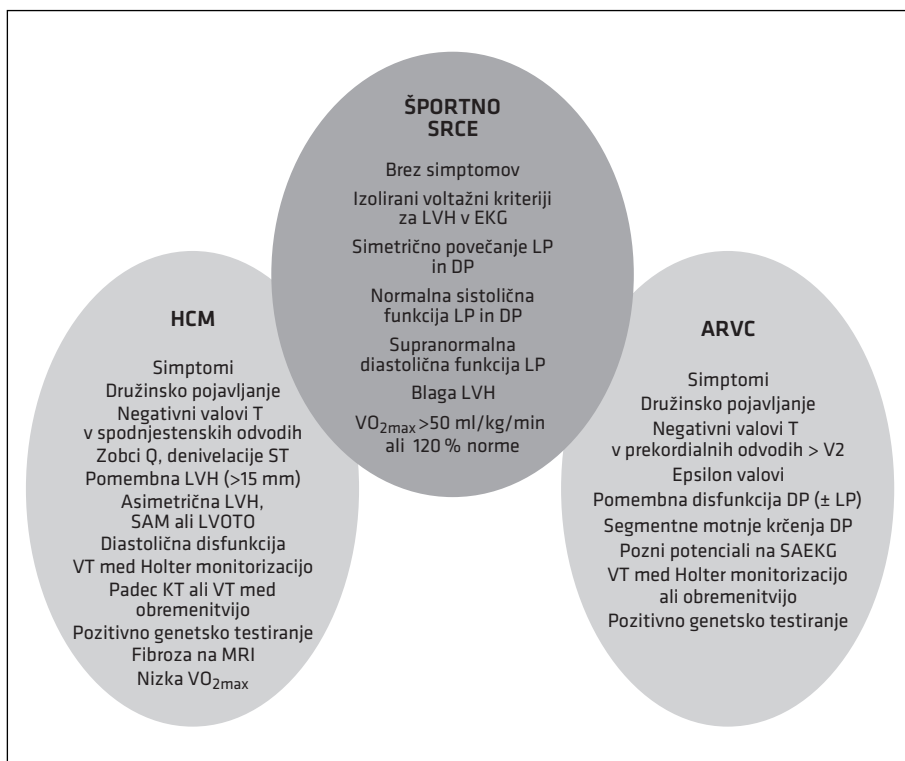
UVOD

Ob obravnavi športnikov se občasno srečujemo s takšnimi, ki imajo kljub odsotnosti težav, obremenilne družinske anamneze ali posebnosti v kliničnem statusu spremembe v EKG, ki niso tipične za športno srce. Če ob tem ultrazvočno ugotovimo blago do zmerno zadebeljene stene levega prekata, debeline od 13 do 16 mm, ki sproti minjajo na hipertrofično kardiomiopatijo (angl. *hypertrophic cardiomyopathy*, HCM), povečan levi in/ali desni prekat, ki spominjata na dilatativno kardiomiopatijo (angl. *dilatative cardiomyopathy*, DCM) ali aritmogeno kardiomiopatijo desnega prekata (angl. *arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy*, ARVC), je razlikovanje med

fiziološkimi prilagoditvami in patološkimi spremembami še težje in zahteva kombinacijo dodatnih preiskav, ki so predstavljene v prispevku.

Pravilno razlikovanje med fiziološkimi prilagoditvami in patološkimi spremembami je za športnika ključno, saj lahko napačna diagnoza kardiomiopatije privede do nepotrebne diskvalifikacije z vsemi telesnimi, socialnimi, ekonomskimi in psihološkimi posledicami, napačna diagnoza športnega srca pa ga lahko izpostavi povečani nevarnosti nenadne srčne smrti med intenzivno vadbo.

Pri razlikovanju fiziološkega preoblikovanja in patoloških sprememb pri (še) nepopolno izraženih ali zgodnjih oblikah



Slika 1. Klinični algoritem za razlikovanje športnega srca in kardiomiopatije (prirejeno po 1). HCM – hipertrofična kardiomiopatija, ARVC – aritmogena kardiomiopatija desnega prekata, LVH – hipertrofija levega prekata, LP – levi prekat, DP – desni prekat, SAM – sistolično anteriorno gibanje, LVOTO – obstrukcija v iztočnem traktu levega prekata, VT – prekatna tahikardija, MRI – slikanje z magnetno resonanco, SAEKG – elektrokardiogram povprečenih signalov.

kardiomiopatij si pomagamo z različnimi algoritmi, ki združujejo podatke iz osebne in družinske anamneze, demografske podatke in rezultate različnih preiskav (1). Razlikovanje športnega srca in najpogostejših kardiomiopatij je povzeto na sliki 1.

ANAMNEZA IN KLINIČNI PREGLED

Simptomi, kot so bolečine v prsih, prekomerna zadihanost ali utrujenost med napotom, palpitacije ali izguba zavesti, še sploh, če se pojavljajo med telesno obremenitvijo, za športnika niso normalen pojav in zahtevajo nadaljnje preiskave. Poleg osebne moramo biti pozorni na družinsko anamnezo nenadnih ali nepojasnjenih smrti, še posebno v mlajših letih (pred 50. letom), in na že potrjeno diagnozo kardiomiopatije pri družinskih članih. Ugotovitev kardiomiopatije pri ožjih družinskih članih nas usmerja proti diagnozi družinske kardiomiopatije, vendar pa njena odsotnost po drugi strani ne izključuje sporadične oblike kardiomiopatije. Klinični pregled nam pri razlikovanju po navadi ni v veliko pomoč. Okrog 75 % bolnikov s hipertrofično kardiomiopatijo v mirovanju nima obstrukcije v iztočnem traktu levega prekata, zato tudi nima slišne sistolne šuma (2).

ELEKTROKARDIOGRAM

Spremembe v EKG, ki so pri mlajših športnikih pogoste (sinusna bradikardija, respiracijska sinusna aritmija, ektopični atrijski ritem, nodalni ritem, AV-blok I. stopnje in II. stopnje Mobitz 1, izolirana napetostna merila za hipertrofijo levega prekata, vzo-rec zgodnje repolarizacije prekatov in nepopolni desnokračni blok) ob odsotnosti težav, obremenilne družinske anamneze ali posebnosti v kliničnem statusu ne zahtevajo nadaljnjih preiskav. Kljub odsotnosti težav, obremenilne družinske anamneze ali posebnosti v kliničnem statusu pa moramo opraviti nadaljnje preiskave za opredelitev morebitne kardiomiopatije pri vseh tistih,

pri katerih v EKG ugotovimo spremembe, ki so pri športnikih redke. Med takšne spremembe sodijo predvsem globoki negativni valovi T, patološki zobci Q ali denivelacije veznice ST (3). Globoki negativni valovi T v spodnjestenskih odvodih in odvodih stranske stene so značilni za hipertrofično kardiomiopatijo (4), medtem ko so negativni valovi T v desnih prekordialnih odvodih (V1–V3) sumljivi za aritmogeno kardiomiopatijo desnega prekata (5). Pri slednjih so izjema temnopolti, pri katerih se zdi, da so negativni valovi T v V1–V4 lahko fiziološki. Po navadi jih spremljajo konveksne elevacije veznice ST v istih odvodih, v nasprotju z izravnanimi elevacijami, ki so značilne za aritmogeno kardiomiopatijo desnega prekata (6). Za aritmogeno kardiomiopatijo desnega prekata je značilnih še več drugih sprememb v EKG (5). Nepopolni desnokračni blok se pri bolnikih z aritmogeno kardiomiopatijo desnega prekata pojavlja pogosteje kot pri zdravih športnikih. V redkih primerih lahko pride zaradi regionalnega nadomeščanja mišičnih celic z maščobnim in vezivnim tkivom do počasnejšega prevajanja impulzov v tem predelu, kar vidimo v EKG kot razširitev kompleksov QRS v desnih prekordialnih odvodih. Redko lahko že na površinskem 12-odvodnem EKG vidimo pozne prekatne potencialne v obliki valov epsilon, predvsem v V1. Lažje jih prikažemo z EKG povprečenih signalov (angl. *signal-averaging ECG*), ki bi ga morali posneti pri vsakem športniku, ki ima fenotipsko sliko aritmogene kardiomiopatije desnega prekata.

Ob sumu na kardiomiopatijo 24-urno snemanje EKG lahko odkrije prehodne prekatne motnje srčnega ritma, ki so močan napovednik patološkega substrata pri športniku. Morfološke značilnosti prekatne ektopične aktivnosti nam lahko pomagajo tudi pri specifičnih diagnozah: oblika levokračnega bloka s superiorno osjo (pretežno negativni kompleksi QRS v spodnjestenskih odvodih) kaže na izvor v telesu desnega

prekata, medtem ko inferiorna os kaže na razmeroma nenevaren izvor iz iztočnega trakta desnega prekata.

SLIKOVNE PREISKAVE

Najpogosteje uporabljana slikovna metoda za prikaz srca je ultrazvočna preiskava, ki ji po pogostosti sledi magnetnoresonančno slikanje.

V prispevku o športnem srcu so navedene zgornje meje normalnih velikosti levega prekata, debeline sten levega prekata in velikosti desnega prekata pri belopolnih (odraslih in adolescentih) in temnopolnih športnikih. Poleg spola, starosti, rase in velikosti športnikov moramo vedno upoštevati tudi športno panogo, s katero se ukvarja obravnavani športnik. Povečanje (obeh) prekatov je najizrazitejše pri visokih moških, ki se ukvarjajo z vzdržljivostnimi športi (veslanje, tek na smučeh, kolesarjenje, plavanje) (7), medtem ko je zadebelitev sten levega prekata najizrazitejša pri temnopolnih športnikih (8). Povečanje obeh prekatov je praviloma simetrično (9).

Ob sumu na kardiomiopatijo (zaradi težav, obremenilne družinske anamneze, posebnosti v kliničnem statusu ali sprememb v EKG) nam poleg samih dimenzij srčnih votlin pri razlikovanju fizioloških od patoloških sprememb pomagajo še številne druge morfološke značilnosti.

Razporeditev hipertrofije

Hipertrofija je pri športnikih običajno simetrična in pri belopolnih športnikih ne presega 15 mm. Posamezni deli srčne mišice (predvsem anteriorni medprekatni pre-tin) so lahko zadebeljeni nekoliko bolj, vendar razlike med segmenti po navadi ne presegajo 2 mm. Pri hipertrofični kardiomiopatiji je hipertrofija po navadi asimetrična (v 60 %), obstaja pa tudi simetrična oblika, tako da hipertrofične kardiomiopatije pri simetrični hipertrofiji ne moremo z gotovostjo izključiti. Apikalno obliko hipertrofične kardiomiopatije najlaže ugo-

tovimo z magnetnoresonančnim slikanjem srca.

Razmerje med debelino sten in velikostjo levega prekata

Pri športnikih s fiziološko hipertrofijo je votlina levega prekata praviloma povečana (končni diastolični premer levega prekata = 55 mm), tako da ostaja razmerje med debelino sten in velikostjo levega prekata nespremenjeno. Oblika levega prekata je normalna, normalen je tudi položaj mitralne zaklopke znotraj votline. Obstrukcije v iztočnem traktu levega prekata ni. Pri hipertrofični kardiomiopatiji je votlina levega prekata praviloma majhna (= 45 mm). Kadar je velikost levega prekata med 45 in 55 mm, si s tem kriterijem pri razlikovanju med obema ne moremo pomagati. Izrazit SAM (angl. *systolic anterior motion*) mitralne zaklopke (paradokсни pomik sprednjega lističa mitralne zaklopke v sistoli proti iztočnemu traktu levega prekata, ki lahko povzroči dinamično obstrukcijo v iztočnem traktu) se pojavlja le pri hipertrofični kardiomiopatiji, pri športnem srcu ga ni (4, 11).

Funkcija prekatov

Radialna sistolična funkcija levega prekata je pri hipertrofični kardiomiopatiji po navadi hiperdinamična, medtem ko je pri športnem srcu v mirovanju normalna ali na spodnji meji normale. Močnejše okrnjena sistolična funkcija vzbudi sum na dilatativno kardiomiopatijo, še sploh, če se ob manjši obremenitvi takoj ne izboljša. Območja akinezije, diskinezije ali anevrizmatskega preoblikovanja povečanega desnega prekata so sumljiva za aritmogeno kardiomiopatijo desnega prekata (10, 12). Segmentnih motenj krčenja levega ali desnega prekata pri zdravem športniku ne pričakujemo.

Kazalniki diastolične funkcije levega prekata (pretok preko mitralne zaklopke, tkivni dopler mitralnega obroča) so pri športnem srcu vedno normalni oziroma »supranormalni«, medtem ko so patološki

pri večini bolnikov s hipertrofično in dilatativno kardiomiopatijo. Najpogosteje ugotovimo znake motene relaksacije levega prekata (podaljšan deceleracijski čas in razmerje $E/A < 1$).

Pri razlikovanju fiziološke in patološke hipertrofije si lahko pomagamo tudi z novejšimi metodami ocene globalne in regionalne funkcije prekatov (pulzni tkivni dopler, »speckle tracking« itd.) (13).

Prisotnost fibroze

Poleg tega, da z magnetnoresonančnim slikanjem natančneje prikažemo apeks in stransko steno levega prekata ter celoten desni prekat, nam aplikacija gadolinija omogoča tudi oceno prisotnosti in razporeditve fibroze pri hipertrofični in dilatativni kardiomiopatiji, ki nima le diagnostičnega, temveč tudi prognostični pomen (14). Pri aritmogeni kardiomiopatiji desnega prekata je z današnjo tehnologijo zaradi tanke stene desnega prekata prikaz fibroze še suboptimalen. Pri športnem srcu fibroze ni.

OBREMITVENO TESTIRANJE

Odgovor srčno-žilnega sistema na obremenitev se pri zdravem in bolnem športniku praviloma pomembno razlikuje. Pri zdravih športnikih pride med obremenitvijo do povečanja utripnega volumna in posledičnega naraščanja krvnega tlaka. Pri športniku s kardiomiopatijo lahko pride do stagnacije ali celo do upadanja krvnega tlaka, kar je posledica več dejavnikov. Pri hipertrofični kardiomiopatiji je posledica nenormalnega tonusa žilja, ishemije malih žil in obstrukcije v iztočnem traktu levega prekata med obremenitvijo. Poleg nenormalnega profila krvnega tlaka med obremenitvijo kažejo v smer kardiomiopatije še dinamične spremembe veznice ST, prekatne motnje ritma in pojav simptomov, na primer bolečine v prsih.

Z ergospirometrijo lahko natančno izmerimo maksimalno porabo kisika, ki je pri zdravih vrhunskih vzdržljivostnih šport-

nikov po navadi med 55 in 70 ml/kg/min, pri hipertrofični kardiomiopatiji pa praviloma nižja od 50 ml/kg/min oziroma 120 % predvidene (15).

POČITEK

V redkih primerih, ko tudi z vsemi opisanimi načini ne moremo z gotovostjo razločiti med fiziološkimi in patološkimi spremembami, si lahko pomagamo s počitkom, ki naj bi trajal tri mesece. Fiziološke spremembe se v tem času pomembno zmanjšajo (pri vrhunskih veslačih se debelina sten 13–15 mm zmanjša za 2–5 mm), medtem ko se patološke spremembe po počitku ne spremenijo (16).

GENETSKO TESTIRANJE

Genetsko testiranje je v pomoč predvsem v družinah z že ugotovljeno genetsko mutacijo. Še vedno ni povsod dostopno, je drago, rezultate dobimo šele po nekaj tednih ali kasneje. Zaradi genetske heterogenosti je korelacija med genotipom in fenotipom slaba. Tako ni nujno, da genetsko pozitiven posameznik kadarkoli v življenju razvije patološki fenotip, nepopolno vedenje o mutacijah, ki privedejo do kardiomiopatije, pa se lahko odraža v negativnem izvidu genetskega testiranja, ki diagnoze kardiomiopatije ne izključuje (izvidi so negativni pri do 50 % bolnikov s fenotipsko sliko hipertrofične kardiomiopatije, 60 % bolnikov z aritmogeno kardiomiopatijo desnega prekata in 80 % bolnikov z dilatativno kardiomiopatijo) (17). Zaradi vsega navedenega se genetskega testiranja v kliničnem delu rutinsko (še) ne uporablja.

ZAKLJUČEK

Fiziološko preoblikovanje srca zaradi dolgotrajne intenzivne športne aktivnosti lahko spominja na patološke spremembe pri kardiomiopatijah. Fiziološke in patološke spremembe lahko večinoma ločimo s pomočjo osebne in družinske anamneze, kliničnega pregleda, demografskih značilnosti

in osnovnih neinvazivnih kardioloških preiskav, kot so EKG, ultrazvočna preiskava srca in obremenitveno testiranje. Redkeje to ne zadošča in moramo dodatno uporabiti še

magnetnoresonančno slikanje srca, opredeliti vpliv počitka na srce in/ali napotiti športnika na genetsko testiranje.

LITERATURA

1. Zaidi A, Sharma S. Exercise and Heart Disease. From Athletes and Arrhythmias to Hypertrophic Cardiomyopathy and Congenital Heart Disease. *Future Cardiol.* 2013; 9: 119–36.
2. Maron BJ, Bonow RO, Cannon RO, et al. Hypertrophic cardiomyopathy: interrelation of clinical manifestations, pathophysiology, and therapy. *N Engl J Med.* 1987; 316: 780–9.
3. Drezner JA, Ashley E, Baggish AL, et al. Abnormal electrocardiographic findings in athletes: recognizing changes suggestive of cardiomyopathy. *Br J Sports Med.* 2013; 47: 137–52.
4. Maron BJ. Distinguishing hypertrophic cardiomyopathy from athlete's heart physiological remodelling: clinical significance, diagnostic strategies and implications for preparticipation screening. *Br J Sports Med.* 2009; 43: 649–56.
5. Marcus FI, McKenna WJ, Sherrill D, et al. Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy/dysplasia (ARVC/D): proposed modification of the task force criteria. *Circulation.* 2010; 121: 1533–41.
6. Papadakis M, Carre F, Kervio G, et al. The prevalence, distribution, and clinical outcomes of electrocardiographic repolarization patterns in male athletes of African/Afro-Caribbean origin. *Eur Heart J.* 2011; 32: 2304–13.
7. Pelliccia A, Culasso F, Di Paolo FM, et al. Physiologic left ventricular cavity dilatation in elite athletes. *Ann Intern Med.* 1999; 130: 23–31.
8. Basavarajaiah S, Boraita A, Whyte G, et al. Ethnic differences in left ventricular remodeling in highly-trained athletes: relevance to differentiating physiologic left ventricular hypertrophy from hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol.* 2008; 51: 2256–62.
9. Scharhag J, Schneider G, Urhausen A, et al. Athlete's heart: right and left ventricular mass and function in male endurance athletes and untrained individuals determined by magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol.* 2002; 40: 1856–63.
10. Luijckx T, Velthuis BK, Prakken NH, et al. Impact of revised task force criteria: distinguishing the athlete's heart from ARVC/D using cardiac magnetic resonance imaging. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2011; 19: 885–91.
11. Lauschke J, Maisch B. Athlete's heart or hypertrophic cardiomyopathy? *Clin Res Cardiol.* 2009; 98: 80–8.
12. Bauce B, Frigo G, Benini G, et al. Differences and similarities between arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy and athlete's heart adaptations. *Br J Sports Med.* 2010; 44: 148–54.
13. Richard V, Lafitte S, Reant P, et al. An ultrasound speckle tracking (two-dimensional strain) analysis of myocardial deformation in professional soccer players compared with healthy subjects and hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol.* 2007; 100: 128–32.
14. O'Hanlon R, Grasso A, Roughton M, et al. Prognostic significance of myocardial fibrosis in hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol.* 2010; 56: 867–74.
15. Sharma S, Elliott PM, Whyte G, et al. Utility of metabolic exercise testing in distinguishing hypertrophic cardiomyopathy from physiologic left ventricular hypertrophy in athletes. *J Am Coll Cardiol.* 2000; 36: 864–70.
16. Pelliccia A, Maron BJ, De Luca R, et al. Remodeling of left ventricular hypertrophy in elite athletes after long-term deconditioning. *Circulation.* 2002; 105: 944–49.
17. Hershberger RE, Lindenfeld J, Mestroni L, et al. Genetic evaluation of cardiomyopathy – a heart failure society of America practice guideline. *J Cardiac Fail.* 2009; 15: 83–97.

Katarina Tonin¹

Rehabilitacija okvar dominantne rame pri metalnih športih

Rehabilitation of Dominant Shoulder Dysfunction in Overhead Sports

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: metalni športi, dominantna rama, prilagoditvene spremembe, rehabilitacija

Pri športnikih, ki pri svojem športu uporabljajo dominantno roko v tipičnih gibih roke nad glavo, pride do značilnih anatomskih in biomehanskih prilagoditvenih sprememb v področju rame. Ločimo tri glavne skupine prilagoditev: spremembe na nivoju glenohumeralne rotacijske gibljivosti, spremembe položaja in gibanja lopatice ter mišično neravnovesje med notranjimi in zunanjimi rotatorji. Opisane spremembe so sprva fiziološke, vendar lahko dolgoročno privedejo do okvar različnih ramenskih struktur. Poškodbe rame so pri omenjeni skupini športnikov med pogostejšimi vzroki za daljši izostanek iz trenažnega in tekmovalnega procesa, zato je potrebno pri posameznem športniku redno spremljati razvoj prilagoditvenih sprememb. Vaje za preprečevanje prekomerne izraženosti prilagoditvenih sprememb moramo vključiti v reden režim preventivnega treninga oziroma rehabilitacijskega programa, v kolikor je že prišlo do posledičnih sekundarnih okvar v področju rame. V preglednem članku so opisana dosedanja dognanja s področja nastanka prilagoditvenih sprememb dominantne rame pri metalnih športih. Predstavljene so z dokazi podprte smernice s področja preventive in rehabilitacije rame pri omenjenih športih.

ABSTRACT

KEY WORDS: overhead sports, dominant shoulder, adaptive changes, rehabilitation

Overhead athletes typically experience anatomical and biomechanical adaptive changes in the dominant shoulders. Adaptations are divided in three main groups: changes in glenohumeral rotator range of motion, malposition and dyskinesia of the scapula, and muscular imbalances between internal and external rotators. Such adaptations, which are physiological at first, can lead to secondary damage of different shoulder structures. Shoulder injuries are among the most common causes for absence from training and competition in overhead sports. Therefore, it is necessary to regularly screen and monitor the development of adaptive changes in each individual. Exercises for preventing the development of adaptive changes must be part of regular preventive training or rehabilitation programmes in case of secondary shoulder injuries. In this review, we describe up-to-date facts about the development of adaptive changes with evidence-based prevention and rehabilitation guidelines.

¹ Asist. dr. Katarina Tonin, dr. med., Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Linhartova cesta 51, 1000 Ljubljana; katarina.tonin@ir-rs.si

UVOD

Pri športnikih, ki pri svojem športu izvajajo specifične gibe roke nad glavo, pride do tipičnih anatomskih in biomehanskih prilagoditev dominantne rame (1, 2). V grobem jih delimo v tri skupine. Prvo skupino predstavljajo spremembe rotacijske gibljivosti dominantnega glenohumeralnega (GH) sklepa. V drugi skupini so spremembe položaja in gibanja dominantne lopatice. Tretjo skupino predstavljajo nesorazmerja mišične moči med notranjimi (NR) in zunanji (ZR) rotatorji GH-sklepa (1, 2).

Na slovenskem jezikovnem področju se je omenjenih športov prijel izraz metalni športi (angl. *overhead sports*), so pa zanje poleg metov značilni tudi udarci, zavesljanji in drugi gibi roke nad glavo. Med najpogostejše metalne športe pri nas in v Evropi sodijo odbojka, rokomet, plavanje, tenis in atletske discipline (met kopja in diska, suvanje krogle), v svetu pa je na prvem mestu po priljubljenosti bejzbol (1).

V zadnjih letih so bile objavljene številne študije, ki se ukvarjajo s patologijo metalne rame. Kljub temu še vedno ni popolnoma jasno, do katere mere so prilagoditve dominantne rame fiziološke in dobrodošle, ter kdaj postanejo kritične in vodijo v poškodbe. Namen članka je bil poiskati z dokazi podprta dejstva o prilagoditvenih spremembah in rehabilitaciji dominantne rame pri metalnih športih.

OPIS PRILAGODITVENIH SPREMEMB DOMINANTNE RAME

Spremembe v obsegu rotacijske gibljivosti

Prva prilagoditev dominantne rame, ki jo opazimo pri športniku metalcu, je sprememba rotacijske gibljivosti GH-sklepa (1). Opazimo omejen obseg GH-notranje rotacije in prekomeren obseg GH-zunanje rotacije (slika 1, slika 2).

Izmerimo lahko tudi primanjkljaj pasivne notranje rotacije (angl. *glenohumeral*



Slika 1. Kot med obema polnima črtama – obseg notranje rotacije dominantne strani, črtkana črta – obseg notranje rotacije na nedominantni strani, dvosmerna puščica – primanjkljaj pasivne notranje rotacije na dominantni strani (angl. *glenohumeral internal rotation deficit, GIRD*).

internal rotation deficit, GIRD) in presežek pasivne zunanje rotacije (angl. *external rotation gain*, ERG) (slika 1, slika 2) (1, 2). GIRD in ERG imata več definicij, v literaturi sta najpogosteje uporabljeni definiciji Burkharta s sodelavci iz leta 2003, ki GIRD in ERG opisujeta kot razliko v obsegu GH-rotacije dominantne roke v primerjavi z nedominantno stranjo (1, 2).

GIRD in ERG so opisali pri številnih metalnih športih, med simptomatskimi in asimptomatskimi športniki in športnicami (3–9). Prilagoditvi nastaneta kot posledici mehko tkivnih in kostnih prilagoditev GH-sklepa (slika 3).

Glavna mehko tkivna prilagoditev je zakrčenost zadnjega spodnjega dela GH-sklepne ovojnice, do česar pride zaradi ponavljajočih se tenzijskih sil v fazi poje-manja meta (1, 10). Zakrčenost sklepne ovojnice povzroči premik središča rotacije glavice nadlahtnice iz centra sklepne ponce (glenoida) navzgor in nazaj, kar omo-

goči povečan obseg ZR v zadnji fazi zama-ha (11–13).

K pojavu GIRD in ERG pomembno prispevajo tudi kostne prilagoditve, še posebej povečan kot retroverzije dominantne nadlahtnice, do česar pri športnikih metalcih pride zaradi zmanjšane derotacije nadlahtnice v najstniških letih (6, 14, 15). Kot retroverzije nadlahtnice je največji pri dojenčkih, ko meri približno 26° , nato pa se med odraščanjem z derotacijo nadlahtnice zmanjšuje (6, 14, 15).

Burkhart s sodelavci je definiral tudi simptomatski GIRD (kritična vrednost, pri kateri naj bi prišlo do poškodb rame). Označil ga je kot GIRD, večji od 25° , vrednost pa je izbral glede na svoje klinične izkušnje in izkušnje drugih avtorjev, pretežno kirurgov ortopedov (1). Vendar pa v kasnejših študijah simptomatska meja GIRD ni bila potrjena, kakor tudi ne povezanost GIRD ali ERG s poškodbami oz. bolečino v dominantni rami (3, 6, 9, 16). Absolutnih vrednosti GIRD



Slika 2. Kot med obema polnima črtama – obseg zunanje rotacije dominantne strani, črtkana črta – obseg zunanje rotacije na nedominantni strani. Območje giba med črtkano in spodnjo polno črto predstavlja presežek pasivne zunanje rotacije na dominantni strani (angl. *external rotation gain*, ERG).

in ERG zato ne uporabljamo kot samostojnih metod za klinično oceno ogroženosti rame športnika metalca, priporočamo pa sledenje vrednostim GIRD in ERG (9).

Povečan obseg ZR je pomembna prilagoditev metalne rame (1). Zaradi povečane obsega ZR lahko namreč roka napravi večjo pot v zamah in med pospeševanjem doseže večjo kotno hitrost, ne da bi ob tem prišlo do zadevanja velike grče nadlahtnice ob akromion lopatice (1). Do katere mere je povečana pasivna ZR dobrodošla fiziološka prilagoditev in kdaj vodi v poškodbe, za zdaj niso uspeli dokazati. Na kadavrskih modelih so potrdili, da pride pri večjem obsegu pasivne ZR do povečane torzije rotatorne manšete (RM) in bicepsa v fazi pojemanja udarca in izmaha, kar lahko vodi do poškodbe bicepsa na njegovem narastišču na labrum (angl. *superior labrum anterior to posterior lesion*, SLAP-lezija) in poškodbe RM zaradi notranje in subakromialne utesnitve (1, 11–13).

Težave s kronično bolečino v dominantni rami imajo tudi športniki metalci z zmanjšanim obsegom ZR (9, 17–20). Vzroki za to so najverjetneje ponovno kostni (genetsko pogojena ali pridobljeno manjša retroverzija nadlahtnice, zaradi česar pri manjšem obsegu ZR pride do notranje utesnitve) ali mehkotkivni (lokalni adhezivni kapsulitis) (9, 17). Vsekakor pa moramo upoštevati, da so mehanizmi nastanka bolečine in poškodb dominantne rame pri športnikih metalcih lahko raznoliki, kot tudi same poškodbe dominantne rame. Zato pri ocenjevanju ogrožene rame športnika metalca ne smemo biti pozorni le na prekomerno ZR, ampak tudi na omejeno ZR, še posebej, kadar je ta v povezavi z GIRD. Priporočamo redno sledenje obsega GH-rotacijske gibljivosti in raztezanje zadnje sklepne ovojnice in zadnjih ramenskih struktur v primeru, da ugotovimo postopno zmanjševanje obsega rotacij (9).

Pri določanju vzroka spremenjene GH-rotacijske gibljivosti je pomembna raz-

lika GIRD-ERG (20, 21). Če je razlika enaka nič (GIRD je enak ERG, obseg celotne rotacije je ohranjen), sta GIRD in ERG v večji meri posledici kostnih prilagoditev, kot so na primer ugotovili pri igralcih bejzbola (20, 21). V kolikor je razlika GIRD-ERG večja od ena (GIRD je večji od ERG), pa je GIRD posledica kombinacije kostnih in mehkotkivnih prilagoditev kot so na primer ugotovili pri igralcih tenisa ter igralkah rokometa in odbojke (9, 22, 23). Ali posamezna športna disciplina predpostavlja poudarjen razvoj bodisi mehkotkivnih ali kostnih prilagoditev, za zdaj ni znano.

Spremembe položaja in gibanja dominantne lopatice

Spremembe položaja in gibanja dominantne lopatice so opisane z akronimom SICK-scapula, ki opredeljuje nepravilen položaj lopatice (angl. *scapular malposition*), dvig spodnjega notranjega roba lopatice (angl. *inferior medial border prominence*), občutljivost in nepravilen položaj korakoidnega izrastka (angl. *coracoid malposition and tenderness*) ter diskinezijo oz. nepravilno gibanje lopatice (angl. *dyskinesis of the scapula*) (26). Sindrom SICK-scapula nastane zaradi preobremenitve, spremenjene mišične aktivacije in utrujenosti stabilizatorjev lopatice ter lahko vodi do sindroma mrtve roke, poškodbe RM, utesnitvenega sindroma in SLAP-lezije (26).

Spremembe položaja lopatice, ki jih opisujemo v sklopu sindroma SICK-scapula, so abdukcija, spust in lateralizacija lopatice (slika 4) (26).

Pravilen položaj in pravilno gibanje lopatice med elevacijo nadlahtnice sta pomembna za tekoče gibanje mišic RM. V večji meri ju zagotavlja pravilna aktivacija in moč *m. serratus anterior*, katere glavni funkciji sta abdukcija in protrakcija lopatice (24, 27, 28). S tem se zagotovi stabilna baza za gibe v GH-sklepu, z dvigom akromiona pa se prepreči subakromialna utesnitev RM (24, 27, 28). Poleg tega *m. serratus anterior* prevzame del funkcije elevacije

nadlahtnice, kadar pride do utrujanja GH-abduktorjev (29, 30). Osebe s kronično subakromialno utesnitvijo ali nestabilnostjo

imajo ugotovljen manjši obseg abdukcije lopatice med srednjim obsegom elevacije nadlahtnice, ob tem pa tudi izokinetično



Slika 3. Spremembe položaja dominantne lopatice. Abdukcija lopatice; α - kot med navpičnico in notranjim robom lopatice. Spust lopatice; razdalja A - razlika v višini notranjega zgornjega vogala dominantne in nedominantne lopatice. Lateralizacija lopatice; razdalja B - razlika v oddaljenosti notranjega zgornjega vogala dominantne in nedominantne lopatice od središnice.



Slika 4. Izokinetično testiranje navorov notranjih in zunanjih rotatorjev glenohumeralnega sklepa.

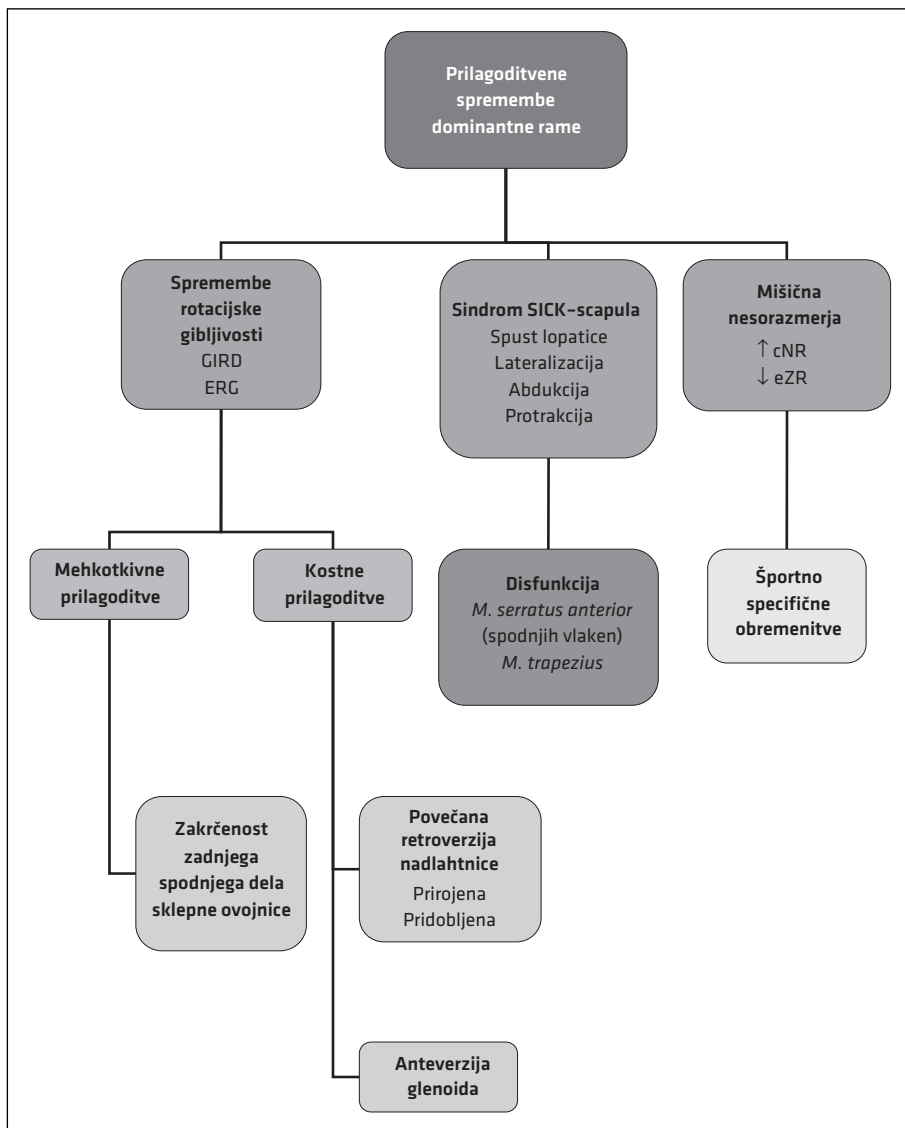
potrjeno šibkost protractorjev lopatice in elektromiografsko potrjeno pozno aktivacijo *m. serratus anterior* ter zmanjšano aktivacijo spodnjih vlaken *m. trapezius* (30–34).

Mišično nesorazmerje

Pri zamahu roke pred metom oz. udarcem delujejo zunanji rotatorji GH-sklepa koncentrično, notranji rotatorji pa ekscentrično.

Med pospeševanjem in pojemanjem meta oz. udarca pa notranji rotatorji delujejo koncentrično, zunanji rotatorji pa gibanje roke v notranjo rotacijo upočasnjujejo z ekscentrično kontrakcijo. Na ta način je zagotovljen stalen center rotacije nadlahtnice med rotacijama abducirane nadlahti.

Navore mišic ocenimo z izokinetičnim testiranjem ramen (slika 5). Navore merimo



Slika 5. Shema prilagoditvenih sprememb dominantne rame in mehanizmi njihovega nastanka.

pri stalni kotni hitrosti na koncentričen in ekscentričen način. Poleg podatka o največjem navoru z izokinetičnim testiranjem pridobimo tudi informacije o časovni aktivaciji in utrudljivosti mišic (37).

S stabilnostnimi razmerji, ki jih izračunamo iz mišičnih navorov, ugotovimo, ali so notranji in zunanji rotatorji GH-sklepa po moči usklajeni. Včasih se je uporabljalo konvencionalno razmerje, to je razmerje med koncentričnim (c) navorom ZR in NR (cZR/cNR) – priporočena vrednost za splošno populacijo je znašala 0,67, za športnike metalce pa 0,76 (38). Ker pa med normalnim funkcionalnim gibom agonisti delujejo koncentrično, antagonist pa se njihovi akciji upirajo ekscentrično (e), se je konvencionalno razmerje pričelo opuščati. Mišično ravnovesje se pričelo opisovati z razmerjem dinamične kontrole – z razmerjem udarca in razmerjem napona.

Razmerje udarca (angl. *spiking ratio*) opisuje odnos NR in ZR med udarcem ali metom (eZR/cNR) in je pri športnikih metalcih na dominantni strani navadno znižano (3, 9, 39, 40). Razmerje napona (angl. *cocking ratio*)

opisuje medsebojni odnos rotatorjev med zamahom (eNR/cZR), v literaturi pa najdemo zelo različne rezultate razmerja napona, zato njegov pomen še ni jasen (3, 9, 39, 40). Normativnih vrednosti razmerij udarca in napona pri metalnih športih za zdaj v literaturi ni.

PREVENTIVA IN REHABILITACIJA PRILAGODITVENIH SPREMEMB

Preventiva in rehabilitacija sprememb rotacijske gibljivosti

V različnih študijah so potrdili, da z rednim raztezanjem zadnjega spodnjega dela GH-sklepne ovojnice (npr. z vajo *sleepier stretch*, ki je prikazana na sliki 3) povečamo obseg pasivne GH-notranje rotacije in addukcije, zadnjo ramensko mobilnost ter akromiohumeralno razdaljo, ki predstavlja dvodimenzionalno oceno subakromialnega prostora (24, 25). Ne glede na to, da za zdaj v literaturi ne obstajajo dokazi kliničnega pomena zmanjševanja GIRD, večina avtorjev v preventivnih in rehabilitacijskih programih športnikov metalcev priporoča redno in intenzivno raztezanje zadnjega spodnjega dela GH-sklepne ovojnice, s čimer



Slika 6. Raztezanje zadnjega spodnjega dela glenohumeralne sklepne ovojnice (*sleepier stretch*). Puščica prikazuje smer pritiska roke.

poskušamo doseči čim manjše translacije glavnice nadlahtnice med gibanjem v GH-sklepu (1, 22, 24, 25).

GIRD in ERG povezujejo tudi s SLAP-lezijo in subakromialno ter notranjo utesnitvijo RM (1). Rehabilitacija omenjenih posledic spremenjene rotacijske gibljivosti je opisana v posebnem poglavju.

Preventiva in rehabilitacija pri spremembah položaja in gibanja dominantne lopatice

Preventiva in rehabilitacija sindroma SICK-scapula temeljita na zagotavljanju pravilnega položaja in gibanja dominantne lopatice in s tem tudi preprečevanja ali odpravljanja sekundarnih okvar rame. Športnik s sindromom SICK-scapula in bolečino v rami mora prilagoditi trening tako, da ta ne vsebuje za šport specifičnih metov ali udarcev, in preiti na program vaj za pasivno mobilizacijo in aktivno stabilizacijo lopatice ter raztezanje prsnih mišic (26). Statične in dinamične raztezne vaje ne vplivajo na hitrost, moč, silo in pospešek pri različnih tehnikah meta, zato jih lahko izvajamo tudi pred treningi in tekmami (35). Poseben poudarek naj bo na aktivaciji in krepitvi mišic *m. serratus anterior* in spodnjih vlaken *m. trapezius*, s čimer izboljšamo abdukcijo in protrakcijo lopatice (26). Ob rednem izvajanju programa naj bi 50 % napredek dosegli v treh tednih, ko lahko preidemo na intervalni trening meta ali udarca (26). Popolno repozicijo lopatice ob takem režimu treninga naj bi dosegli v treh mesecih (26). Z uporabo ortoze za lopatice (kompresijska majica s trakovi za vzdrževanje napetosti preko lopatic) lahko izboljšamo držo pri zdravih športnikih metalcih in spremenimo mišično aktivacijo (36).

Preventiva in rehabilitacija mišičnih nesorazmerij rotatorjev glenohumeralnega sklepa

Eden od ciljev preventive in rehabilitacije dominantne rame športnikov metalcev je

doseči ravnotežje med agonisti in antagonisti v vseh fazah meta in udarca. Ker pri metalnih športih ugotovljamo predvsem prevlado cNR nad eZR, je posebej pomembno krepiti ZR na ekscentričen način (3, 9, 39–42). S tem bomo preprečili prekomerno translacijo glavnice nadlahtnice naprej med izmetom in preprečili neželene posledice, povezane z njo. Na živalskih modelih so dokazali, da ekscentrična vadba za razliko od koncentrične vadbe spodbuja celjenje tetiv in pomembneje vpliva na moč in hipertrofijo mišic kot koncentrična vadba (43, 44). Zato se ekscentričnih vaj poslužuje mo tudi pri rehabilitaciji degenerativnih okvar tetiv v področju ramenskega obroča. Treningu za moč lahko dodamo tudi dinamično komponento (npr. z ravnotežno desko, s peno, z naklonom, s terapevtsko žogo ali z drugimi terapevtskimi pripomočki za spodbujanje senzorično-motorične integracije) in s tem vplivamo tudi na boljše zaznavanje položaja sklepov in mišično aktivacijo. Napredek spremljamo z izokinetičnim testiranjem (9).

REHABILITACIJA SEKUNDARNIH OKVAR DOMINANTNE RAME ŠPORTNIKA METALCA

Bolečina v ramenskem sklepu je eden najpogostejših vzrokov, zaradi katerih športnik metalcev izgubi del tekmovalne sezone, igra manj učinkovito ali konča igralno kariero (1). Sekundarne okvare dominantnega ramenskega sklepa nastanejo kot posledice kombinacije zgoraj opisanih prilagoditvenih sprememb. Okvare ramenskih struktur so večinoma preobremenitvene etiologije, redkeje pride do akutnih strukturnih poškodb (1). Najpogostejše ramenske okvare pri športnikih metalcih so utesnitev, tendinopatija in ruptura RM, nestabilnost GH, poškodba bicepsove tetive (pulleyja ali narastišča na labrum) in poškodba labruma (41, 45–47).

Ločimo notranjo in zunanjo utesnitev RM. Notranja utesnitev je fiziološki pojav,

do katerega pride v končnem položaju zamaha pred metom ali udarcem (1). Nadlahtnica je v tem položaju abducirana za 90° ali več in v skrajni ZR, pri čemer pride do torzije in trenja sklepnih vlaken tetiv *m. supraspinatus* in *m. infraspinatus* ob zadnji zgornji rob glenoida (1).

Do subakromialne utesnitve RM (utesnitve tetiv RM pod akromion) navadno pride, ko je nadlahtnica abducirana nad 90°. Prekomerno obremenjevanje in utesnitev tetiv RM pri športnikih metalcih pogosto vodi do degeneracije in strganja RM (41, 45, 47). Do poškodb RM pride ob notranji utesnitvi s spodnje (sklepne) strani, ob subakromialni utesnitvi RM pa z zgornje (burzalne) strani.

Zdravljenje tendinopatije in manjših ruptur (pod 50 % debeline) RM pri športnikih metalcih je navadno konzervativno, usmerjeno v vzpostavljanje pravilne biomehanike ramenskega sklepa (1, 48). V praksi uporabljamo tudi terapevtski ultrazvok, vendar v študijah niso dokazali, da bi kombinacija UZ in terapevtskih vaj dala boljše rezultate kot samostojno zdravljenje s terapevtskimi vajami (49). Obstajajo šibki dokazi o učinkovitosti terapije s trombocitno plazmo na kratkoročno zmanjšanje bolečine pri rupturi tetive *m. supraspinatus* (50).

Zdravljenje ruptur RM nad 50 % debeline tetive je navadno operativno. Pravilo ma se napravi rekonstrukcijo s sidrnimi šivi. Če je potrebno, se lahko istočasno napravi tudi akromioplastika ali resekcija AC-ligamenta (48, 51, 52).

Protokoli rehabilitacije po rupturi in rekonstrukciji RM so različni, najpogostejše so zasnovane na podlagi kliničnih izkušenj in za zdaj nimajo z dokazi podprte znanstvene podlage (53, 54). Kadar je napravljena artroskopska osvežitev RM in akromioplastika, lahko takoj pričnemo z aktivnimi asistiranimi vajami do polne gibljivosti in grobe mišične moči (53, 54). Rehabilitacija po rekonstrukciji s sidrnimi šivi je zahtevejša, prilagodimo jo fazam biološkega

celjenja tetive: faza vnetja (1. in 2. PO-teden), faza proliferacije (3. in 4. PO-teden) in faza remodelacije tetive (12.–16. PO-teden) (53). Cilji rehabilitacije so usmerjeni v zagotavljanje ustreznega celjenja tetiv RM, zagotavljanje primerne gibljivosti in funkcije GH-sklepa, preprečevanje atrofije in primerno aktivacijo ramenskih mišic (53).

Ponavljajoči se eksplozivni meti in udarci relativno pogosto vodijo v trganje tetive dolge glave bicepsa z njegovega narastišča na glenoidalni labrum oz. do SLAP-lezije, pri metalnih športih je najpogostejši tip 2 (55, 56). Sprva je indicirano usmerjeno konzervativno zdravljenje (vaje za raztezanje zadnjega spodnjega dela GH-sklepne ovojnice, ekscentrična krepitev zunanjih rotatorjev, vaje za stabilizacijo lopatic in dinamično stabilizacijo GH sklepa). Simptomatsko SLAP-lezijo, ki je neodzivna na konzervativno zdravljenje, je treba zdraviti operativno z artroskopsko fiksacijo narastišča tetive dolge glave bicepsa ali s tenodezo bicepsa. Prav tenodeza bicepsa se zaradi krajše rehabilitacije in dobrih pooperativnih rezultatov v zadnjem času vse bolj izvaja (55, 56).

ZAKLJUČEK

Prilagoditvene spremembe dominantne rame športnikov metalcev pogosto vodijo v okvaro različnih ramenskih struktur in s tem pomembno vplivajo na športnikovo kariero in življenje izven nje. Okvare rame se navadno pojavijo v kasnejših letih športnega udeleževanja, vendar na podlagi kliničnih izkušenj in spoznanj iz literature vemo, da se prilagoditve pričnejo že v najstniškem obdobju. Prav zato moramo s preventivnimi programi pričeti že v najmlajših selekcijah.

Preventiva je usmerjena predvsem v zagotavljanje stalnega centra rotacije glavnice nadlahtnice, primerno mobilnost GH-sklepa in skapulotorakalne artikulacije, primerno mišično moč in aktivacijo periskapularnih mišic in stabilizatorjev GH-sklepa ter tekoče

funkcionalno gibanje celotne kinetične verige. Rehabilitacija rame športnika metalca poleg vaj, ki jih izvajamo že v sklopu pre-

ventivne vadbe, zajema tudi specifične usmerjene protokole glede na mesto, način in obsežnost okvare.

LITERATURA

- Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part I: pathoanatomy and biomechanics. *Arthroscopy*. 2003; 19 (4): 404–20.
- Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology. Part II: evaluation and treatment of SLAP lesions in throwers. *Arthroscopy*. 2003; 19 (5): 531–9.
- Wang HK, Macfarlane A, Cochrane T. Isokinetic performance and shoulder mobility in elite volleyball athletes from the United Kingdom. *Br J Sports Med*. 2000; 34 (1): 39–43.
- Downar JM, Sauers EL. Clinical measures of shoulder mobility in the professional baseball player. *J Athl Train*. 2005; 40 (1): 23–9.
- Laudner KG, Stanek JM, Meister K. Assessing posterior shoulder contracture: the reliability and validity of measuring glenohumeral joint horizontal adduction. *J Athl Train*. 2006; 41 (4): 375–80.
- Tokish JM, Curtin MS, Kim YK, et al. Glenohumeral internal rotation deficit in the asymptomatic professional pitcher and its relationship to humeral retroversion. *J Sports Sci Med*. 2008; 7 (1): 78–83.
- Torres RR, Gomes JL. Measurement of glenohumeral internal rotation in asymptomatic tennis players and swimmers. *Am J Sports Med*. 2009; 37 (5): 1017–23.
- Myklebust G, Hasslan L, Bahr R, et al. High prevalence of shoulder pain among elite Norwegian female handball players. *Scand J Med Sci Sports*. 2013; 23 (3): 288–94.
- Tonin K, Stražar K, Burger H, et al. Adaptive changes in the dominant shoulders of female professional overhead athletes: mutual association and relation to shoulder injury. *Int J Rehabil Res*. 2013; 36 (3): 228–35.
- Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB. Shoulder injuries in overhead athletes. The «dead arm» revisited. *Clin Sports Med*. 2000; 19 (1): 125–58.
- Grossman MG, Tibone JE, McGarry MH, et al. A cadaveric model of the throwing shoulder: a possible etiology of superior labrum anterior-to-posterior lesions. *J Bone Joint Surg Am*. 2005; 87 (4): 824–31.
- Huffman GR, Tibone JE, McGarry MH, et al. Path of glenohumeral articulation throughout the rotational range of motion in a thrower's shoulder model. *Am J Sports Med*. 2006; 34 (10): 1662–9.
- Clabbers KM, Kelly JD, Bader D, et al. Effect of posterior capsule tightness on glenohumeral translation in the late-cocking phase of pitching. *J Sports Rehabil*. 2007; 16 (1): 41–9.
- Yamamoto N, Itoi E, Minagawa H, et al. Why is the humeral retroversion of throwing athletes greater in dominant shoulders than in nondominant shoulders? *J Shoulder Elbow Surg*. 2006; 15 (5): 571–5.
- Spigelman T. Identifying and assessing glenohumeral internal rotation deficit. *Athletic Therapy Today*. 2006; 11 (3): 23.
- Reeser JC, Joy EA, Porucznik CA, et al. Risk factors for volleyball-related shoulder pain and dysfunction. *PM R*. 2010; 2 (1): 27–36.
- Pieper HG. Humeral torsion in the throwing arm of handball players. *Am J Sports Med*. 1998; 26 (2): 247–53.
- Schwab LM, Blanch P. Humeral torsion and passive shoulder range in elite volleyball players. *Phys Ther Sport*. 2009; 10 (2): 51–6.
- Whiteley RJ, Adams RD, Nicholson LL, et al. Reduced humeral torsion predicts throwing-related injury in adolescent baseballers. *J Sci Med Sport*. 2010; 13 (4): 392–6.
- Crockett HC, Gross LB, Wilk KE, et al. Osseous adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med*. 2002; 30 (1): 20–6.
- Wilk KE, Meister K, Andrews JR. Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing athlete. *Am J Sports Med*. 2002; 30 (1): 136–51.
- Kibler WB. The role of the scapula in athletic shoulder function. *Am J Sports Med*. 1998; 26 (2): 325–37.

23. Ellenbecker TS, Roetert EP, Bailie DS, et al. Glenohumeral joint total rotation range of motion in elite tennis players and baseball pitchers. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34 (12): 2052–6.
24. Laudner KG, Stanek JM, Meister K. The relationship of periscapular strength on scapular upward rotation in professional baseball pitchers. *J Sport Rehabil.* 2008; 17 (2): 95–105.
25. Maenhout A, van Eessel V, van Dyck L, et al. Quantifying acromiohumeral distance in overhead athletes with glenohumeral internal rotation loss and the influence of a stretching program. *Am J Sports Med.* 2012; 40 (9): 2105–12.
26. Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part III: The SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation. *Arthroscopy.* 2003; 19 (16): 641–61.
27. Scheib JS. Diagnosis and rehabilitation of the shoulder impingement syndrome in the overhand and throwing athlete. *Rheum Dis Clin North Am.* 1990; 16 (4): 971–88.
28. Martin RM, Fish DE. Scapular winging: anatomical review, diagnosis, and treatments. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2008; 1 (1): 1–11.
29. McQuade KJ, Dawson J, Smidt GL. Scapulothoracic muscle fatigue associated with alterations in scapulohumeral rhythm kinematics during maximum resistive shoulder elevation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998; 28 (2): 74–80.
30. Suzuki H, Swanik KA, Huxel KC, et al. Alterations in upper extremity motion after scapular muscle fatigue. *J Sport Rehabil.* 2006; 15 (1): 71–88.
31. DiGiovine NM, Jobe FW, Pink M, et al. An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. *J Shoulder Elbow Surg.* 1992; 1 (1): 15–25.
32. Cools AM, Witvrouw EE, Declercq GA, et al. Evaluation of isokinetic force production and associated muscle activity in the scapular rotators during a protraction-retraction movement in overhead athletes with impingement symptoms. *Br J Sports Med.* 2004; 38 (1): 64–8.
33. Cools AM, Witvrouw EE, Mahieu NN, et al. Isokinetic scapular muscle performance in overhead athletes with and without impingement symptoms. *J Athl Train.* 2005; 40 (2): 104–10.
34. Moraes GF, Faria CD, Teixeira-Salmela LF. Scapular muscle recruitment patterns and isokinetic strength ratios of the shoulder rotator muscles in individuals with and without impingement syndrome. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008; 17 (1): 48–53.
35. Torres EM, Kraemer WJ, Vingren JL, et al. Effects of stretching on upper-body muscular performance. *J Strength Cond Res.* 2008; 22 (4): 1279–85.
36. Cole AK, McGrath ML, Harrington SE, et al. Scapular bracing and alteration of posture and muscle activity in overhead athletes with poor posture. *J Athl Train.* 2013; 48 (1): 12–24.
37. Dvir Z. Physiological and biomechanical aspects of isokinetics. In: Dvir Z, ed. *Isokinetics*. 2nd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2004. p. 1–24.
38. Ellenbecker TS, Davies GJ. The application of isokinetics in testing and rehabilitation of the shoulder complex. *J Athl Train.* 2000; 35 (3): 338–50.
39. Noffal GJ. Isokinetic eccentric-to-concentric strength ratios of the shoulder rotator muscles in throwers and nonthrowers. *Am J Sports Med.* 2003; 31 (4): 537–41.
40. Yildiz Y, Aydin T, Sekir U, et al. Shoulder terminal range eccentric antagonist/concentric agonist strength ratios in overhead athletes. *Scand J Med Sci Sports.* 2006; 16 (3): 174–80.
41. Reeser JC, Verhagen E, Briner WW, et al. Strategies for the prevention of volleyball related injuries. *Br J Sports Med.* 2006; 40 (7): 594–600.
42. Stickley CD, Hetzler RK, Freemyer BG, et al. Isokinetic peak torque ratios and shoulder injury history in adolescent female volleyball athletes. *J Athl Train.* 2008; 43 (6): 571–7.
43. Heinemeier KM, Olesen JL, Schjerling P, et al. Short-term strength training and the expression of myostatin and IGF-I isoforms in rat muscle and tendon: differential effects of specific contraction types. *J Appl Physiol.* 2007; 102 (2): 573–81.
44. Kaux JF, Drion P, Libertaux V, et al. Eccentric training improves tendon biomechanical properties: a rat model. *J Orthop Res.* 2013; 31 (1): 119–24.
45. Jost B, Zumstein M, Pfirrmann CW, et al. MRI findings in throwing shoulders: abnormalities in professional handball players. *Clin Orthop Relat Res.* 2005; (434): 130–7.
46. Brush J C, Bak K, Johannsen HV, et al. Swimmers' painful shoulder arthroscopic findings and return rate to sport. *Scand J Med Sci Sports.* 2007; 17 (4): 373–7.
47. Myklebust G. Team handball. In: Caine DJ, Harmer PA, Schiff MA, eds. *Epidemiology of injury in olympic sports*. Hoboken (NJ): Wiley-Blackwell; 2010. p. 260–6.

48. Zupanc O, Meglič U. Ruptura rotatorne manšete. In: Antolič V, Zupanc O, Pompe B, eds. Rama: klinične poti zdravljenja. Ljubljana: Ortopedska klinika; 2012. p. 26–7.
49. Green S, Buchbinder R, Hetrick SE. Physiotherapy interventions for shoulder pain. 2003 Apr 22 [citirano 2014 Apr 5]. In: Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet]. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Ltd. Dosegljivo na: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD004258/abstract>
50. Moraes VY, Lenza M, Tamaoki M, et al. Platelet-rich therapies for musculoskeletal soft tissue injuries. 2013 Dec 23 [citirano 2014 Apr 5]. In: Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet]. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Ltd. Dosegljivo na: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD010071/abstract>
51. Cole A, Pavlou P. The shoulder and pectoral girdle. In: Solomon L, Warwick D, Nayagam S, eds. Apley's system of orthopaedics and fractures. 9th ed. Boca Raton, Florida: CRC Press; 2010. p. 337–68.
52. Coghlan JA, Buchbinder R, Green S, et al. Surgery for rotator cuff disease. 2008 Jan 23 [citirano 2014 Apr 5]. In: Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet]. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Ltd. Dosegljivo na: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD005619.pub2/abstract>
53. Van der Meijden OA, Westgard P, Chandler Z, et al. Rehabilitation after arthroscopic rotator cuff repair: current concepts review and evidence-based guidelines. *Int J Sports Phys Ther.* 2012; 7 (2): 197–218.
54. Pedowitz RA, Yamaguchi K, Ahmad CS, et al. American Academy of Orthopaedic Surgeons Clinical Practice Guideline on: optimizing the management of rotator cuff problems. *J Bone Joint Surg Am.* 2012; 18 (2): 163–7.
55. Kibler WB in Murrell GAC. Shoulder pain. In: Brukner P, Kahn K, eds. *Clinical sports medicine.* 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 2007. p. 243–54.
56. Stražar K. Patologija tetive dolge bicepsove glave. V: Antolič V, Zupanc O, Pompe B, eds. Rama: klinične poti zdravljenja. Ljubljana: Ortopedska klinika; 2012. p. 24–5.

Prispelo 28. 3. 2014

Nada Rotovnik Kozjek¹

Klinična športna prehrana: od teorije do prakse

Clinical Sports Nutrition: from Theory to Practice

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: klinična športna prehrana, prehranska obravnava, priporočila za športno prehrano

Osnovni fiziološki namen klinične športne prehrane je vnos presnovnih substratov, ki zagotavljajo energetske in hranilni vnos v pravilni količini in ob pravem času glede na presnovne potrebe posameznega športnika. Energetske in hranilne potrebe športnika določajo presnovne značilnosti posameznika in presnovne zahteve vadbenih obremenitev (obseg, intenzivnost in vrsta telesne aktivnosti ali športa). Pri prehranski obravnavi športnikov si pomagamo s priporočili s področja klinične športne prehrane o energetskem in hranilnem vnosu ter nadomeščanju tekočin pri specifičnih zahtevah telesne aktivnosti ali športa. V praksi srečujemo številne prehranske probleme, ki neposredno vplivajo na športnikovo zmogljivost, počutje in zdravje.

ABSTRACT

KEY WORDS: clinical sports nutrition, nutritional evaluation, recommendations for sports nutrition

The basic physiological purpose of clinical sports nutrition is to provide the energy in the form of metabolic fuels (nutrients) in the right quantity and at the right time for specific sport activity. Energy and nutritional needs of an athlete are determined by the metabolic characteristics of the individual and the metabolic requirements of training load (duration, intensity and type of physical activity or sport). For the nutritional evaluation of the athlete, we follow the recommendations established within the field of clinical sports nutrition regarding energy and nutrient intake as well as fluid replacement for specific requirements of physical activity or sport. In practice, we encounter many nutritional problems that directly affect the athlete's performance, well-being and health.

¹ Dr. Nada Rotovnik Kozjek, dr. med., Enota za klinično prehrano, Onkološki Inštitut Ljubljana, Zaloška cesta 2, 1000 Ljubljana; nkozjek@onko-i.si

UVOD

Prehrana ima neposredne učinke na športnikovo počutje, zdravje in telesno zmogljivost. Osnovni fiziološki namen klinične športne prehrane je vnos presnovnih substratov, ki zagotavljajo energetske in hranilni vnos v pravilni količini in ob pravem času glede na presnovne potrebe posameznega športnika.

Telesna aktivnost je zahteven in tesno koordiniran fiziološki odziv, v katerega je vključenih več organskih sistemov, ki omogočajo povečanje energetske presnove, preskrbo s kisikom in substrati za delujoče skeletne mišice, odstranjevanje stranskih produktov presnove in toplote ter vzdrževanje tekočinskega in energetskega ravnovesja. Ker skeletne mišice predstavljajo tudi do 45 % skupne mase telesa, ima njihova presnovna aktivnost največji vpliv na energetske in hranilne potrebe pri telesni aktivnosti v zdravju in tudi v bolezenskih stanjih. Ugotovitve raziskav o poteku teh fizioloških procesov in tudi procesov okrevanja organizma po telesnem naporu, na genskem in molekularnem celičnem nivoju in prenos teh spoznanj v športno prakso so osnova za prehranske strategije. Z njimi lahko z vnosom ustreznih presnovnih substratov vplivamo na športnikovo zmogljivost in obnovo telesa, jih individualno prilagodimo ter omogočimo športniku, da doseže svoj genetski potencial (1).

Energetske in hranilne potrebe športnika določajo presnovne značilnosti posameznika in presnovne zahteve vadbenih obremenitev (obseg, intenzivnost in vrsta telesne aktivnosti ali športa). Vnos presnovnih substratov s prehrano ima takojšen in tudi dolgoročen vpliv na športnikovo počutje, zdravje in zmogljivost. Ker s prehrano tako lahko neposredno vplivamo na ključne dejavnike športnikove zmogljivosti, je za uspešno prehransko podporo med telesno aktivnostjo treba poznati tudi druge dejavnike, ki vplivajo na prehranjevanje. To so predvsem socialni in kulturni dejavniki ter športnikova osebnost.

Namen članka je prikaz temeljnih znanstvenih teoretičnih izhodišč klinične športne prehrane in opis prehranskih in zdravstvenih problemov športnikov, ki so povezani s pomanjkljivim prenosom teh spoznanj v športno prakso. Te prehranske probleme pogosto srečujemo v praksi prehranske obravnave vrhunskih in rekreativnih športnikov.

PREHRANSKA OBRAVNAVA ŠPORTNIKA

Za ugotavljanje prehranskega stanja športnika in reševanje njegovih prehranskih težav uporabljamo metodo prehranske obravnave. Ta temelji na klasičnem vzorcu iz medicinske propedeutike: anamneze, s poudarkom na prehranski anamnezi, fizikalnega pregleda in meritev sestave telesa. Pogosto si pri oceni presnovnega stanja športnika pomagamo še z laboratorijskimi izvidi krvi.

Pri prehranski anamnezi uporabljamo orodja klinične dietetike. Najpogosteje uporabljamo 3-dnevni prehranski dnevnik ali metodo 24-urnega prehranskega vnosa, po katerih ocenimo športnikovo prehransko strategijo in izračunamo energetske in hranilni vnos (2). Ugotovitve, pridobljene s prehransko obravnavo, nato dopolnimo s športnikovimi podatki ob samem prehranskem svetovanju in jih primerjamo s priporočili klinične športne prehrane. Ta temeljijo na enakih kriterijih kot druga medicinska priporočila ter upoštevajo znanstvene raziskave na določeni populaciji športnikov in mnenja ekspertov. Najpogosteje uporabljamo priporočila avstralskega Inštituta za šport, Mednarodnega združenja za športno prehrano (2010), Smernice za športno prehrano Mednarodnega olimpijskega komiteja (2010) in priporočila za vnos tekočin ameriške Akademije za športno medicino (2007) (3–6).

Pri interpretaciji ugotovitev prehranske obravnave izhajamo iz presnovnih potreb športnika glede na njegove vadbene obre-

menitve in obdobja vadbe ter presnovnih značilnosti posameznika. Presnovne značilnosti posameznika so povezane z njegovim spolom, s starostjo, sestavo telesa in z morebitnimi bolezenskimi stanji.

Strokovno ukvarjanje s športno prehrano tako zahteva znanja fiziologije presnove, klinične dietetike in vsaj osnovna znanja fiziologije napora. Športnoprehranska obravnava je v osnovi medicinski postopek in je popolnoma nekaj drugega kot uporaba posameznih jedilnikov, diet ali prehranskih dodatkov za doseganje športnih ciljev.

Tudi pri klasični medicinski obravnavi zdravstvenih problemov športnikov si velikokrat pomagamo z osnovno prehransko obravnavo in v praksi zelo pogosto srečamo neposredno povezavo med neustreznim energetske ali hranilnim vnosom, športnikovo zmogljivostjo in njegovimi zdravstvenimi problemi.

PREHRANSKI PROBLEMI ŠPORTNIKOV

V praksi srečujemo številne prehranske in zdravstvene probleme, ki so povezani z neustreznim energetske in hranilnim vnosom glede na priporočila klinične športne prehrane, nekritično regulacijo telesne mase in zaverovanostjo v določen način prehranjevanja ali »dieto«.

Med pogostejše probleme spadajo:

- hidracija,
- nezadosten energetski vnos,
- neuravnotežen hranilni vnos in uporaba »diet« in
- neznanje o uporabi športnih dodatkov.

Hidracija

Vodo pogosto poimenujemo tudi »tiho« hrano. Ta oznaka odraža ključni pomen ustrezne hidracije že v mirovanju in še toliko bolj pri telesni aktivnosti, ko se potrebe po dodatnem vnosu tekočine povečajo za nekajkrat. Stanje primerne hidracije (evhidracija) je nujno za vzdrževanje zdravja in optimalne psihofizične zmogljivosti. Danes obstaja

jo dobri znanstveni dokazi, da na anabolične in katabolične presnovne procese v mišični celici vpliva celični volumen. Večji volumen celice stimulira anabolične presnovne poti (7, 8).

Voda predstavlja 50–60% telesne mase, velik delež vode vsebuje kompartment puste telesne mase, okoli 72–75%, medtem ko maščobno tkivo vsebuje le okoli 10–20% vode. Povprečen 70-kilogramski človek z normalnim deležem maščevja ima okoli 42 litrov vode. Dve tretjini te vode se nahaja v celicah in ena tretjina v intersticijskem prostoru in plazmi (izvencelična voda). Že majhno pomanjkanje telesne vode (1% telesne mase) organizem slabo tolerira in ima negativen vpliv na športnikovo zmogljivost. Zato sodobna priporočila za vnos tekočin med telesno aktivnostjo predstavljajo ukrepe, ki naj bi omejili stopnjo dehidracije med telesnim naporom na 2–3% telesne mase in omogočajo optimalno rehidracijo po telesnem naporu.

Priporočen standarden vnos tekočine v mirovanju je glede na priporočila EFSA (European Food Safety Authority) iz leta 2010 od 2 do 2,5 litra na dan (9). Potrebe po tekočini se zelo povečajo pri telesni aktivnosti in športu v določenih pogojih okolja: na vročini (tudi do 10–12 l na dan), na mrzlem suhem zraku na višini in tudi v zaprtih prostorih (10). Na potrebo po tekočini zaradi ledvične ekskrecije odvečnih topljencev vplivata tudi količina in tip hrane. Zato pri prehranski obravnavi poleg samega vnosa tekočin dodatno upoštevamo vnos tekočine s samo prehrano, količino zaužitih beljakovin in natrija. Potrebe po tekočini so odvisne tudi od spola, ženske naj bi se med naporom znojile manj (11). Prav tako se izguba tekočine spreminja s starostjo. Pri starejših se odziv z znojenjem na standardiziran napor zmanjšuje, pri otrocih pa so po nekaterih podatkih potrebe po tekočini med telesno aktivnostjo povečane (12, 13). Na hidracijo ključno vpliva sestava zaužite tekočine (14).

Akutna izguba volumna tekočine med telesno aktivnostjo je torej zelo individualno pogojena, zato je priporočljivo, da jo športniki sami ocenijo z meritvijo telesne mase pred telesno aktivnostjo in po njej (tehtanje, »kopalniški test«) in si individualno prilagodijo priporočila za nadomeščanje tekočine med telesno aktivnostjo (15). Teže ocenimo izgubo soli, ki je prav tako individualno pogojena (15).

Razredčene glukozno-elektrolitne raztopine so najbolj učinkovit način preprečevanja dehidracije (15, 16). Ob tem je treba upoštevati fiziologijo delovanja prebavil v mirovanju in pri telesnem naporu. Praznjenje želodca je na primer odvisno od vsebnosti sladkorjev v raztopini, koncentrirane pijače pa upočasnjujejo praznjenje želodca. V črevesju se najbolj učinkovito resorbirajo hipotonične raztopine glukoze in natrija (200–250 mosmol/kg), pri tej koncentraciji je kotransport natrija in glukoze preko enterocitov optimalen.

Pitje med telesno aktivnostjo je namenjeno predvsem zmanjševanju dehidracije. Zato je še posebej pomembno, da športniki izvajajo rehidracijo takoj po telesni aktivnosti, ker omogoči evhidracijo pred naslednjo vadbeno enoto in pripomore k optimalni regeneraciji po naporu. Za optimalno rehidracijo je treba popiti okoli 1,5 litra tekočine za vsak kilogram izgubljene telesne mase. Športnik naj jo izvaja postopno. Dodatek natrija v pijačo ali prigrizek (slana hrana) pospeši rehidracijo preko stimulacije mehanizma žeje in zadrževanja telesne vode (6, 15).

Praktični problemi

Zelo pogosto v prehranski praksi športnikov opažamo skupno nezadosten osnovni vnos tekočine na dan, nezadostno rehidracijo in začetek nove vadbene enote v dehidriranem stanju. Športniki med telesno aktivnostjo zelo redko sledijo priporočilom za vnos količine in tipa rehidracijske tekočine. Pogosto pijejo samo vodo, tudi pri

večurnem telesnem naporu. Namesto športnih pijač otroci neredko pijejo cedevito, odrasli pa sadne sokove. Cedevita predstavlja siromašen vir energije in ne vsebuje soli. Sadni sokovi imajo visok delež fruktoze, lahko povzročajo težave v prebavilih (povečano izločanje želodčne kisline, driska), fruktoza je slabši energijski vir za mišično delo kot glukoza. Sadni sokovi ne vsebujejo soli, kar zmanjšuje učinkovitost rehidracije. Športniki zelo redko uporabljajo »kopalniški test« za oceno individualne izgube tekočin v določenih pogojih telesne aktivnosti ali športa. Nekateri se sicer zavedajo pomena rehidracije, vendar pijejo vodo in uživajo neslano hrano, ker menijo da je sol zdravstveno škodljiva. Pogosto ugotavljamo tudi klinično pomembne simptome, ki so povezani z dehidracijo: glavobol, utrujenost in ortostatsko hipotenzijo.

Nezadosten energetske vnos

Telesna aktivnost je energetske proces in energetske potrebe (angl. *energy expenditure*, EE) zaradi telesne aktivnosti so najbolj variabilen del posameznikove skupne dnevne porabe energije (angl. *total energy expenditure*, TEE). TEE opredelimo kot skupek energetske potreb v mirovanju (angl. *resting energy expenditure*, REE), energijo, ki jo porabimo za hranjenje in prebavo hrane (angl. *thermic effect of food*, TEF), in energijo, ki jo posameznik porabi za dnevne in športne aktivnosti (angl. *activity-related energy expenditure*, AEE). Največji delež TEE predstavlja REE (55–70 %), ki je odvisna od starosti, spola, višine in telesne mase.

Dnevno AEE zaradi telesne aktivnosti lahko ocenimo z neposredno meritvijo tvorbe toplote ali meritvijo porabe kisika in nastajanja CO₂ v laboratoriju. Manj natančne podatke dobimo z oceno AEE iz fizioloških podatkov in gibalnih monitorjev pri izvajanju določene telesne aktivnosti ali športa v laboratoriju ali na terenu.

Ob podatkih o fizioloških presnovnih potrebah po energetskih hranilih pri dolo-

čenem tipu napora pri oceni prehranskega vnosa energetskega hranila upoštevamo tudi telesne zaloge teh hranil in fiziološko dejstvo, da pri visoki intenzivnosti napora (približno nad 60 % VO_2 max) stopnja oksidacije maščob ne more zagotavljati zadosti ATP za mišično kontrakcijo. Ker so zaloge maščob v telesu bistveno večje kot zaloge sladkorjev, je z energetskega stališča za napor večje intenzivnosti omejujoči energetski dejavnik vnos sladkorjev. Zato pri prehranski obravnavi energetskega vnosa pri športniku izhajamo iz energetskega vnosa v skladu s priporočili za prehranski vnos, ki ustreza priporočilom za uravnoteženo prehrano posameznika, in dodatnemu energetskemu vnosu v skladu s priporočili za dodaten vnos energije s sladkorji glede na trajanje in intenzivnost telesne aktivnosti. Primer takšnih priporočil so Smernice mednarodnega olimpijskega komiteja za vnos sladkorjev pri športniku iz leta 2010 (5). Ta zadnja priporočila za prehranski vnos sladkorjev še posebej poudarjajo, da je treba dodaten vnos sladkorjev prilagoditi intenzivnosti in obsegu telesne vadbe ter upoštevati čas vnosa sladkorjev pred telesno aktivnostjo, med njo in po njej. Takšen vnos sladkorjev je izhodišče za optimalno zmogljivost na treningu in regeneracijo po vadbi. Hkrati upoštevanje teh priporočil omogoča športniku, da se osredotoči na vnos energetskih substratov, takrat ko je fiziološko najbolj potrebno. To se posebno kaže tudi v konceptu energetske dostopnosti (ED), ki presega klasičen prehranski koncept ocene prehranskih potreb za doseganje optimalne energetske uravnoteženosti (bilance), iz katere izhajamo pri prehranskem svetovanju športniku. Pri tem konceptu je energijski vnos uravnotežen takrat, ko je vnos energetskih substratov s hrano (sladkorjev, maščob, beljakovin in alkohola) enak športnikovi energetski porabi. Na ta način je ohranjena ničelna bilanca telesnih energetskih zalog, kar omogoča vzdrževanje telesne mase in telesne sestave

ve športnika ter optimalne energetske zaloge za športnikovo zmogljivost. V vsakodnevni praksi pa si športniki velikokrat prizadevajo spremeniti svojo energetsko uravnoteženost zaradi želje po energetskem primanjkljaju (največkrat si želijo zmanjšati maščobno maso) ali pa želijo preseči energetsko uravnoteženost zaradi izgradnje posameznih tkiv (na primer mišična hipertrofija). Na energetsko uravnoteženost lahko vplivajo s spremenjenim vnosom energijskih hranil ali pa spremenjeno energetsko porabo s telesno aktivnostjo. Ker pri zmanjševanju energijskega vnosa lahko zelo hitro ogrozijo osnovne fiziološke funkcije, se v praksi vedno bolj uporablja novejši koncept ED, ki predstavlja količino energetskih substratov iz prehrane, ki so telesu na voljo, potem ko odštejemo energetske potrebe telesne vadbe ali športa (16). ED torej pomeni količino energije, ki je telesu na voljo za fiziološke funkcije. Z upoštevanjem tega koncepta lažje prilagodimo strategijo vnosa energetskih hranil potrebam telesne vadbe in zagotavljamo zadosten prehranski vnos za optimalno športnikovo zdravje in telesno zmogljivost. Še posebej je uporaba koncepta ED pomembna pri prehranski obravnavi športnikov, ki tekmujejo v kategorijah, ki so omejene s telesno maso, in športnikov, ki želijo zmanjšati energetski vnos zaradi regulacije (znižanja) telesne mase. V sodobni prehranski praksi si tako z uporabo koncepta ED pomagamo pri načrtovanju prehranske strategije športnika. Na osnovi ocene energetskih potreb vadbenih obremenitev predvidimo energetske potrebe športnika in ne potrebujemo meritev TEE, ki je bistveno manj zanesljiva.

Raziskovalni podatki kažejo, da kronično nezadostna ED vodi do zdravstvenih problemov, ki so povezani s hormonsko regulacijo presnove. Hormoni, ki regulirajo fiziološke procese, se odzivajo na ED in ne neposredno na vnos ali porabo energetskih substratov ali sam »stres« zaradi telesnega napora (17). Klasičen primer je

supresija trijodtironina (T₃), ki ni odvisna od nizkega energetskega vnosa, porabe energije pri naporu ali intenzivnosti napora, temveč od ED (18). Podobno se odziva - jo tudi drugi hormoni. Energetski prag, pri katerem je ogroženo reproduktivno zdravje, je 30 kcal/kg nemaščobne mase (angl. *fat free mass*, FFM) (19). Zanimivo je, da ta prag energetske dostopnosti tesno korelira z REE pri moških in ženskih športnikih oziroma športnicah (20). Prav tako vemo, da nekateri fiziološki procesi, kot je na primer sinteza proteinov, linearno variirajo z energetsko dostopnostjo (21). Prag ED je prisoten tudi za termogenezo in druga patološka stanja, ki so povezana z energetskim pomanjkanjem (16).

Ob dejstvu, da imajo možgani zelo visoko potrebo po glukozi, se zdi, da so učinki znižane ED pravzaprav posledica znižane preskrbe možganskih celic z glukozo. Posledice nezadostne energetske dostopnosti so tako odraz centralno povzročene nevroendokrinega odziva, ki ima namen mobilizirati presnovne energetske substrate iz telesnih zalog za preživetje, ki so v veliki meri shranjene v mišicah. Zdi se torej, da so možgani in skeletne mišice v aktivnem stanju tekmeči za glukozo ter da imajo možgani evolucijsko pogojeno prednost. Prenizka ED tako onemogoča učinkovito telesno vadbo in regeneracijo po njej in ima dolgoročno lahko negativne zdravstvene posledice.

Praktični problemi

Nezadostna ED vodi do utrujenosti, objektivno manjši športnikovi zmogljivosti, pogostejši so infekti, pri ženskah se razvije sindrom atletske triade, pri moških opažamo sekundarni hipogonadizem. Nezadostna ED je lahko posledica neznanja o pravilnem energetskem vnosu med telesno aktivnostjo, še večkrat pa je verjetno posledica športnikove ali trenerjeve želje po hitri in (pre)agresivni redukciji telesne mase zaradi poenostavljene želje po boljšem športnem

rezultatu. Ta pritisk okolice lahko pri športnikih, pri katerih je že izražena želja po vitkosti ali pa imajo psihične predispozicije za razvoj motenj hranjenja, vodi do bolezenskih oblik motenega prehranjevanja. Te motnje neredko diagnosticiramo pri iskanju vzrokov poškodb ali bolezenskih stanj, ki so povezane s prenizko ED. Športna kariera teh športnikov je tako pogosto končana že v mladostniških letih in nikoli ne uspejo razviti svojega biološkega potenciala.

Neuravnotežen hranilni vnos

Pri športnikovem prehranskem vnosu vedno izhajamo iz osnovne prehrane, ki temelji na priporočilih za uravnotežen vnos hranil z mešano prehrano (22). Dodaten hranilni vnos temelji na športnikovih potrebah po energetskih in presnovnih substratih, ki omogočajo adaptacijo na vadbene dražljaje in obnovo organizma po telesnem naporu. Pri dodatnem vnosu energetskih substratov skušamo zagotoviti dodaten vnos sladkorjev, ki ustreza konceptu energetske dostopnosti (glej poglavje nezadosten energetski vnos).

Med hranila, ki so ključna za adaptacijo na vadbene dražljaje in obnovo telesa, spadajo tudi beljakovine. Posledica nezadostnega prehranskega vnosa beljakovin pri športnikih je negativna dušikova bilanca, ki lahko poveča razgradnjo telesnih beljakovin in upočasni okrevanje po telesni vadbi. Negativna dušikova bilanca je lahko tudi posledica nezadostnega energetskega vnosa ob sicer zadostnem vnosu beljakovin. V tem primeru se nekatere aminokisljine pretvorijo v substrate za energetsko presnovo. Kadar je dušikova bilanca negativna, to presnovno stanje vodi do mišičnega propadanja in intolerance telesne vadbe. Glede na priporočila različnih strokovnih združenj je priporočeni beljakovinski vnos od 1,2 do 2 g/kg telesne mase (4, 23). Na splošno velja, da lahko športniki z manjšo telesno maso zadostijo tem potrebam z normalno prehrano, pri športnikih z večjo telesno maso pa

je pogosto potreben dodaten vnos z beljakovinskimi dodatki. Prav tako kot velja za dodaten vnos sladkorjev, je pomemben tudi čas vnosa beljakovin glede na čas vadbe. Za optimalno stimulacijo anaboličnih procesov je ključna količina beljakovin, ki jih športnik zaužije po vadbi, in njihova biološka vrednost. Športnik naj bi beljakovine visoke biološke vrednosti zaužil takoj po telesni vadbi v odmerku vsaj 25 g (24, 25).

V sodobni športni praksi pogosto srečamo načine prehranjevanja, v katerih beljakovinski vnos presega priporočene odmerke. Za zdaj nimamo prepričljivih podatkov, da bi bil pretiran vnos beljakovin škodljiv za športnike, ki nimajo bolezenskih težav z ledvicami. Prav tako niso dokazani škodljivi učinki na kosti, dokler je vnos prehranskega kalcija zadosten (26, 27). Zdi se, da je največje tveganje pretiranega vnosa beljakovin to, da športniki uživajo neuravnoteženo prehrano z manjšim vnosom drugih makrohranil, zlasti sladkorjev. Te prakse ne srečujemo le pri body-builderjih, temveč tudi pri vrhunskih triatloncih, tekačih in kolesarjih. Glede na podatke Burka in sodelavcev takšna prehranska strategija zmanjšuje njihovo vadbeno in tekmovalno zmogljivost (28).

Praktični problemi

V praksi se športnoprhranska strategija, ki ustreza priporočilom za vnos posameznih hranil pogosto poenostavi na način prehranjevanja oziroma uporabo diet z neuravnoteženim vnosom hranil (visokobeljakovinski, visokomaščobni, nizkosladkorni način prehranjevanja). Teh »diet« se športniki držijo brez pravih fizioloških osnov in brez prehranskega pregleda in ocene njihovega vpliva na zdravje in športno učinkovitost posameznega športnika. K temu veliko prispeva tudi vpliv okolja, ki na splošno ni naklonjen vnosu sladkorjev in favorizira vnos beljakovin. Prehranske strategije, ki ne zadoščajo potrebam športnika po posameznih hranilih, vodijo do slabše adaptacije na

vadbo, zmanjšanja telesne zmogljivosti, izgube telesne mase in hormonskih motenj. Pogosto jih spremlja tudi pretirana uporaba beljakovinskih dodatkov.

Neznanje o uporabi športnih dodatkov

Uporaba prehranskih dodatkov je med športniki izjemno razširjena. Za njo stoji farmacevtska industrija z agresivnim marketingom in ogromnimi denarnimi dobički. Po podatkih z olimpijskih iger v Atenah je 45 % športnikov uporabljalo prehranske dodatke (29). Najpogosteje so uporabljali vitamine in proteinske dodatke. Pri pregledu 3.887 dopińskih formularjev, ki so jih izpolnili vrhunski športniki na doping kontrolah na več svetovnih prvenstvih, so ugotovili, da so uporabljali 6.523 prehranskih dodatkov. To pomeni povprečno 1,7 prehranskega dodatka na športnika. Podoben je tudi vtis iz pregleda osebnih formularjev slovenskih športnikov, ki so se udeležili zimskih olimpijskih iger v Sočiju (nepublicirani podatki). Večina športnikov je uporabljala vsaj en prehranski dodatek.

Najbolj zanimivo je seveda vprašanje, zakaj športniki uporabljajo prehranske dodatke. V primerjavi s splošno populacijo, ki uživa prehranske dodatke predvsem zato, ker verjame, da imajo boljše učinke na zdravje kot normalna hrana, je skrb za zdravje športnikom šele na drugem mestu. Kot ugotavljajo Depiesse in sodelavci športniki uživajo prehranske dodatke predvsem zato, da bi podprli obnovo telesa po vadbi (71 %), zaradi zdravja (52 %), za izboljšanje zmogljivosti (46 %), za preprečevanje in zdravljenje bolezni (40 %) in kot nadomestilo za normalno prehrano (29 %) (30).

Kljub temu da za uporabo športnoprhranskih dodatkov obstajajo priporočila, ki so zasnovana na enakih kriterijih kot druga medicinska priporočila, večina športnikov teh priporočil ne pozna in uporablja prehranske dodatke po svojih lastnih kriterijih ali glede na nasvete športnikove okolice (4).

Zelo malo športnikov se odloči za uporabo prehranskih dodatkov na osnovi analize njihove športnoprehransko strategije vnosa energije in posameznih hranil, ki bi morala biti izhodišče za učinkovito uporabo športnih dodatkov.

Praktični problemi

Uporaba prehranskih dodatkov ni nadomestilo za dobro osnovno prehrano in mnogi športniki imajo ob pretirani uporabi prehranskih dodatkov slabo osnovno prehrano, kar neposredno vpliva na njihovo telesno zmogljivost, počutje in zdravje. Športniki uporabljajo prehranske dodatke stihijsko, brez analize športnoprehranske strategije s strani prehranskega strokovnjaka in tako je učinkovitost prehranskih dodatkov slaba, je ni ali pa je celo škodljiva. Prav tako se športniki pri izbiri prehranskih dodatkov

ne informirajo o možnosti, da ima lahko določen prehranski dodatek večjo možnost kontaminacije s prepovedanimi snovmi.

ZAKLJUČEK

Uporaba spoznanj stroke klinične športne prehrane v športni praksi omogoča športnikom učinkovito telesno vadbo in regeneracijo po njej, optimalne rezultate na tekmovanjih in varuje njihovo zdravje. Zato mora športnik poznati osnovna priporočila za vnos energije, hranil in tekočin s prehrano. Vendar v vsakodnevni praksi veliko pogosto opažamo, da je to znanje slabo in prehranski strokovnjaki niso vključeni v obravnavo športnikov. Še več, pogosto se neznanje presnovnih zahtev telesne aktivnosti in ustrezne prehranske podpore prekriva z uporabo različnih »diet« in nekritične uporabe prehranskih dodatkov.

LITERATURA

1. Hargreaves M. Exercise physiology and metabolism. In: Burke L, Deakin L, eds. *Clinical sports nutrition*. 3rd ed. Sydney: McGraw-Hill; 2006.
2. Bingham S. Aspects of dietary survey methodology. *Nutrition Bulletin*. 1985; 10 (2): 90-103.
3. AIS, Australian institut of sport [internet]. Canberra: Australian sports commision; c2014 [citirano 2014 Jun 15]. Dosegljivo na: <http://www.ausport.gov.au/ais/nutrition>
4. Kreider RB, Wilborn CD, Taylor L, et al. ISSN exercise and sport nutrition review: research and recommendations. *J Int Soc Sports Nutr*. 2010; 2 (7): 7
5. Olympic.org [internet]. Lusanne: Official website of the Olympic Movement, IOC; c2013 [citirano 2014 Jun 15]. Dosegljivo na: <http://www.olympic.org/Documents/Reports/EN/CONSENSUS-FINAL-v8-en.pdf>
6. American College of Sports Medicine, Sawka MN, Burke LM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*. 2007; 39 (2): 377-90.
7. Lang F. Effect of cell hydration on metabolism. In: Maughan R, Burke L, eds. *Sports Nutrition: More than just calories-triggers for adaptation*. Basel: Karger; 2011. p. 115-30.
8. Häussinger D, Lang F, Gerok W. Regulation of cell function by the cellular hydration state. *Am J Physiol*. 1994; 267 (3 Pt 1): 343-55.
9. European Food Safety Authority (EFSA). Scientific opinion on dietary reference values for water. *EFSA Journal* [internet]. 2010 [citirano 2014 Jun 16]; 8 (3): 1459-507. Dosegljivo na: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/1459.htm>
10. Armstrong LE. *Performing in extreme environments*. Champaign: Human kinetics, 1999.
11. Wyndham CH, Morrison JF, Williams CG. Heat reactions of male and female Caucasians. *J Appl Physiol*. 1965; 20 (3): 357-64.
12. Kenney WL, Buskirk ER. Functional consequences of sarcopenia: effects on thermoregulation. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1995; 50: 78-85.
13. Meyer F, Bar-Or O, MacDougall D, et al. Sweat electrolyte loss during exercise in the heat: effects of gender and maturation. *Med Sci Sports Exerc*. 1992; 24 (7): 776-81.
14. Baker LB, Jeukendrup AE. Optimal composition of fluid-replacement beverages. *Compr Physiol*. 2014; 4 (2): 575-620.
15. Maughan RJ, Watson P, Evans GH, et al. Water balance and salt losses in competitive football. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2007; 17 (6): 583-94.
16. Loucks AB, Kiens B, Wright HH. Energy availability in athletes. *J Sports Sci*. 2011; 29 Suppl 1: 7-15.
17. Loucks AB. Is stress measured in joules? *Mil Psychol*. 2009; 21: 101-7.
18. Loucks AB, Callister R. Induction and prevention of low-T3 syndrome in exercising women. *Am J Physiol*. 1993; 264 (5): 924-30.
19. Loucks AB, Thuma JR. Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women. *J Clin Endocrinol Metab*. 2003; 88 (1): 297-311.
20. Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, et al. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc*. 2007; 39 (10): 1867-82.
21. Mitch WE, Bailey JL, Wang X, et al. Evaluation of signals activating ubiquitin-proteasome proteolysis in a model of muscle wasting. *Am J Physiol*. 1999; 276 (5): 1132-8.
22. WHO [Internet]. Geneva: Gobar strategy on diet, physical activity and health; c2014 [citirano 2014 Jul 29]. Dosegljivo na: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/diet/en/>
23. American Dietetic Association, Dietitians of Canada, American College of Sports Medicine, et al. American college of sports medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2009; 41 (3): 709-31.
24. Esmarck B, Andersen JL, Olsen S, et al. Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *J Physiol*. 2001; 535 (1): 301-11.
25. Holm L, Esmarck B, Mizuno M, et al. The effect of protein and carbohydrate supplementation on strength training outcome of rehabilitation in ACL patients. *J Orthop Res*. 2006; 24 (11): 2114-23.
26. Bernstein AM, Treyzon L, Li Z. Are high-protein, vegetable-based diets safe for kidney function? A review of the literature. *J Am Diet Assoc*. 2007; 107 (4): 644-50.
27. Bonjour JP. Dietary protein: an essential nutrient for bone health. *J Am Coll Nutr*. 2005; 24 (6 Suppl): 526-36.
28. Burke LM, Kiens B, Ivy JL. Carbohydrates and fat for training and recovery. *J Sports Sci*. 2004; 22 (1): 15-30.

29. Tsitsimpikou C, Tsiokanos A, Tsarouhas K, et al. Medication use by athletes at the Athens 2004 Summer Olympic Games. *Clin J Sport Med.* 2009; 19 (1): 33-8.
30. Maughan R. Risk and rewards of dietary supplement use by athlete. In: Maughan R, ed. *The Encyclopaedia of Sports Medicine: An IOC medical commission publication, Sports nutrition.* West Sussex: Wiley Blackwell; 2014. p. 291-300.

Prispelo: 17. 6. 2014

Branko Škof¹

Značilnosti tekmovalnega športa otrok in mladostnikov ter nekatera zdravstvena tveganja mladih v tovrstnem športu

The Characteristics of Competitive Youth Sport and Different Health Risks

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: tekmovalni šport mladih, prezgodnja specializacija, zdravstvena tveganja

Namen prispevka je predstaviti problematiko izbora mladih v športu in modelov razvoja športno nadarjenih otrok kot temeljni značilnosti tekmovalnega športa otrok in mladine ter opozoriti na nekatere negativne pojave, ki predstavljajo možne zdravstvene nevarnosti za otroke v tekmovalnem športu. Rezultati raziskav in praksa kažejo, da je prepoznavanje talentov zelo kompleksen in zahteven postopek in da danes ni mogoče zanesljivo napovedati tekmovalne športne uspešnosti v odraslem obdobju na osnovi nadarjenosti v otroškem obdobju ali obdobju zgodnje adolescence. Prav tako zgodnje vključevanje otrok v specializiran proces športne vadbe (športne šole ipd.) ni zagotovilo za športno uspešnost v odraslosti. Nasprotno: ozko usmerjena vadba v otroštvu zatira njihov dolgoročen športni razvoj in ogroža njihovo zdravje. Uspešni so tisti modeli razvoja športnika (športne ustvarjalnosti), ki temeljijo na dolgoročnem in sistematičnem delu z mladimi s kasnejšo specializacijo vadbe in kjer je v ospredju humano – pedagoško in vsebinsko poglobljeno delo z mladimi športniki. Na osnovi sistematičnega obravnavanja teme je mogoče oblikovati nekaj konkretnih predlogov za praktično delovanje in izboljšanje tega pomembnega segmenta športa v naši državi: otroci v športu ne smejo biti podvrženi prezahtevni in v eno športno panogo usmerjeni specializirani športni vadbi; mlade športnike lahko vodijo le izobraženi trenerji z znanjem in s trdnim značajem; mladi športniki morajo biti podvrženi stalnemu zdravstvenemu nadzoru, spremljati jih morajo usposobljeni pediatri; potrebno je stalno izobraževanje trenerjev, članov klubskih uprav, nacionalnih športnih zvez ter staršev in mladih športnikov.

ABSTRACT

KEY WORDS: competitive youth sport, early specialization, health risks

The aim of the article is to present some characteristics of competitive youth sport and to point out some negative aspects that represent possible health risks for children and adolescents involved in competitive sport. The results of studies as well as sport praxis show that talent recognition is a complex and demanding process. Nowadays, making

¹ Prof. Branko Škof, prof. šp. vzg., Fakulteta za šport, Univerza v Ljubljani, Gortanova ulica 22, 1000 Ljubljana; branko.skof@fsp.uni-lj.si

predictions about competitive performance in adulthood on the basis of results achieved in childhood or in early adolescence is still highly unreliable. The results also show that early involvement in a specialized process of sports training (e.g., sport schools) is not a guarantee for sport successfulness later in adulthood. Quite the contrary, early specialization in childhood suppresses long-term athletic development of children and endangers their health. The models based on postponed specialization, long-term and systematic work with youth and with humane pedagogical approach are those that lead towards athletes' successful development and creativity in sport. On the basis of a systematic approach to this topic, some concrete suggestions can be made and some procedures for practical measures and improvement of this important segment of sport in Slovenia can be recommended: children participating in sport should not undergo too demanding specialized sports training oriented only in one sport; young athletes can be trained only by educated coaches with necessary skills and strong character; young athletes should have regular medical check-ups done by qualified paediatricians; coaches, members of club boards and national sports associations as well as parents and young athletes should be educated on a regular basis.

UVOD

Športno dejavnost mladih lahko razdelimo na tisto, ki se dogaja v okviru redne šolske športne vzgoje, in na organizirano ter neorganizirano športno dejavnost otrok in mladine v prostem času – imenujemo jo tudi interesna športna dejavnost mladih.

V zadnjih 40–50 letih, kolikor je tudi strogo proučevanje problematike športa mladih, sta se oblikovala dva koncepta interesne športa otrok in mladine. Prvi, ki se je oblikoval v zahodnem svetu, postavlja v ospredje športno aktivnost kot vzgojno-rekreativno dejavnost mladih. Tako poudarja športno dejavnost kot priložnost za najugodnejši osebni in socialni razvoj vsakega otroka ter kot pomembno vzgojno-izobraževalno sredstvo, kjer je pritisk tekmovalni in zmage neznaten in manj pomemben. Poudarek pri tem konceptu športa mladih je na zabavi, druženju in sprostitvi (1–3). Drugi (vzhodnoevropski koncept) je selekcijski oziroma tekmovalni (storilnostni) šport mladih, ki se izvaja v klubih, športnih zvezah, zasebnih organizacijah in drugje. Ukvarja se z iska-

njem za šport nadarjenih otrok in je bolj ali manj namenjen izbranim otrokom. Osnovni cilj je priprava mladih za tekmovalni in kasneje vrhunski šport (4–6).

V zadnjih dveh desetletjih pa prihaja zlasti na področju tekmovalnega športa mladih do iskanj novih, univerzalnejših modelov, kjer se stari vzhodni in zahodni pogledi na šport mladih bolj ali manj prepletajo. Tako danes v svetu obstajajo številni modeli športa mladih. Nekateri temeljijo le na preoblikovanju starih vzhodnoevropskih modelov selekcijskega športa mladih (npr. na Kitajskem, v posameznih športnih panogah v nekaterih državah), drugi iščejo rešitve v odprtih in bolj humanih pristopih k tekmovalnemu športu mladih (Kanada, Evropa, Avstralija idr.) (7, 8).

Namen tega prispevka je predstaviti najpomembnejši značilnosti tekmovalnega športa mladih. To sta:

- selektivnost in
- model razvoja športne ustvarjalnosti, zlasti vloga in pomen športa otrok in mladine v tem modelu.

Hkrati pa želimo predstaviti pojav pre-
zgodnje specializacije športne vadbe otrok,
ki ob neustrezni zahtevnosti vadbe mladih
športnikov ter ob neupoštevanju biološkega
in psihosocialnega razvoja pri izbiri vsebin
športne vadbe lahko pripeljejo do ogrožaja
zdravja mladih športnikov.

V zaključku na osnovi analize obravna-
vanih vsebin predstavljamo nekaj praktič-
nih smernic za delo z mladimi športniki
pri nas, ki bi lahko prispevale k še večjemu
zadovoljstvu tako mladih športnikov in
staršev kot tudi stroke.

NEKATERE ZNAČILNOSTI IN POSEBNOSTI TEKMOVALNEGA ŠPORTA OTROK IN MLADINE Selektivnost

Odmevne športne uspehe lahko dosegajo le
tisti posamezniki, ki imajo za določen šport
izredne biološke in psihosocialne sposob-
nosti in lastnosti. Vse te so v veliki meri ded-
no zasnovane. Zato je ena najbolj izrazitih
značilnosti tekmovalnega športa iskanje
mladih potencialnih zmagovalcev. V vrhun-
skem športu je tako kot na drugih področ-
jih vrhunske ustvarjalnosti (v znanosti,
umetnosti, gospodarstvu) prisotna stalna
skrb za nenehen pritek novih mladih talen-
tov in hkrati ustrezen razvoj njihove nadar-
jenosti (9). Skrb in ravnanja za ohranjanje
»vrste« danes v športu niso prepuščena
naključju, temveč vse bolj znanstveno zasno-
vana. Selektivnost je torej ena od temeljnih
značilnosti tekmovalnega športa mladih.
Načrtovano in/ali nenačrtovano je prisot-
na na celotni športni poti. Zastavlja se
vprašanje, kdaj in v kakšni obliki je smisel-
na in koristna.

Problematika odkrivanja talentov v športu

Kadar govorimo o problematiki odkrivanja
posebne nadarjenosti na področju športa, si
moramo odgovoriti na vprašanje, kakšni
sistemi izbiranja nadarjenih mladih posamez-
nikov so uspešni oziroma na osnovi
katerih parametrov otrokovih sposobnosti,

značilnosti in lastnosti lahko čim bolj zanes-
ljivo prepoznamo potencial za najvišje šport-
ne dosežke v zreli dobi človeka.

V zadnjih desetletjih so po svetu razvi-
li številne strokovne in znanstvene sisteme
odkrivanja nadarjenih mladih ljudi za šport.
Med njimi so naslednji (4, 5, 10, 11):

- sistemi selekcije v državah bivšega vzhod-
nega bloka,
- Talent Identification and Development
Programmes in Sport,
- Differentiated Model of Giftedness and
Talent – DMGT,
- The Development of Psychological Talent
in U.S. Olympic Champions,
- identifikacijski modeli TIPS (angl. *Talent,
Intelligence, Personality, Skill*) in SUPS
(angl. *Speed, Understanding, Personality,
Skill*) za izbor talentov zlasti v športnih
igrah.

Tudi v Sloveniji je bil za pomoč pri odkriva-
nju talentov v športu razvit ekspertni sistem
za ocenjevanje športne nadarjenosti otrok,
ki na osnovi testnih protokolov in računal-
niških programov oceni nadarjenost otro-
ka za različne športne zvrsti.

Namen takšnih programov je prepoznati
otroke in mladostnike z izjemnim poten-
cialom za uspeh v elitnem športu odraslih
in jih vključiti v ustrezne programe razvo-
ja. Žal je skupna značilnost večine identi-
fikacijskih modelov mladih talentov za
šport tudi ta, da noben od njih nima prav
velike zanesljivosti, kar seveda dokazuje, da
je prepoznavanje potenciala otroka za tek-
movalni dosežek v odraslem obdobju zelo
zapleteno in zahtevno. Zato danes kljub
poglobljenim znanstvenim pristopom in
razpoložljivim metodam še vedno za niko-
gar ne moremo z zanesljivostjo trditi, da bo
sposobnosti, ki jih ima v otroštvu, razvil
v vrhunski športni dosežek v odrasli dobi.
Tudi postopke zgodnjega izbiranja talentov
in njihovega razvoja v selekcijskih skupinah,
kot so npr. otroške športne šole bodočih
zmagovalcev, na osnovi znanih znanstvenih

poročil ni mogoče oceniti kot zelo uspešen model, saj velika večina zgodaj izbranih in v razvojne programe vključenih otrok nikoli ne doseže visoke športne uspešnosti v odraslosti (tabela 1). Nasprotno pa veliko uspešnih športnikov nikoli ni bilo vključenih v institucionalne programe v otroštvu.

Nezadostna zanesljivost napovedovanja tekmovalne uspešnosti v elitnem športu na osnovi nadarjenosti v otroškem obdobju ali obdobju zgodnje adolescence po ugotovitvah različnih avtorjev in izkušnjah v praksi izvira predvsem iz naslednjih dejstev:

- Športni uspeh je odvisen od številnih tako notranjih kot zunanjih dejavnikov, ki jih v celoti ni mogoče zajeti v noben testni protokol. Zato poskusi identifikacije talenta glede na meritve različnih gibalnih in fiziološko-biokemijskih sposobnosti, telesnih lastnosti ter posameznih psiholoških značilnosti, na katerih temeljijo

modeli odkrivanja talentov, niso najbolj natančni. Še zlasti to velja za modele identifikacije talentov za kompleksne športne zvrsti, kot so npr. športne igre.

- V številnih modelih identifikacije mladih, nadarjenih za šport, so spregledani ali ne dovolj obsežno vključeni psihološki dejavniki, ki igrajo ključno vlogo, zlasti pri ocenjevanju sposobnosti za vztrajanje na športni poti in ohranjanju visoke motivacije za športno dokazovanje skozi večletno obdobje (motivacijski talent). Vsaj nekaterih od teh v obdobju otroštva še ni mogoče odkriti.
- Vsak posameznik ima svojo unikatno dinamiko tako biološkega kot psihosocialnega razvoja. Razlike v dinamiki razvoja med posamezniki, ki se v številnih primerih še močno povečajo v obdobju pubertete (zaradi povečanih razlik med kronološko in biološko starostjo, zgodnjim in poznim

Tabela 1. Pregled učinkovitosti programov identifikacije mladih talentov in njihovega razvoja v športu (podatki so zbrani na osnovi nacionalnih športnih zvez). TID – programi za odkrivanje in razvijanje talentov (angl. *talent identification and development programmes*) (12).

| Referenca | Vzorec in metode | Rezultati |
|-----------|---|---|
| (13) | <i>Zahodna Nemčija</i> : 483 izbranih otrok (6 let) v TID; 7-letna longitudinalna raziskava | Po 7 letih je v programu sodelovalo le še 153 otrok. |
| (14) | <i>Zahodna Nemčija</i> : 131 izbranih otrok (10 let) v TID; 2-letna longitudinalna raziskava | Po 2 letih se je skupina zmanjšala na 32 članov. |
| (15) | <i>Vzhodna Nemčija</i> : 120 mladih rokoborcev (13 let), vključenih v športne šole; 9-letno sledenje | Le 5 izmed vseh mladih rokoborcev, ki so bili vključeni v športne šole, se je uvrstilo v državno člansko ekipo. |
| (16) | <i>Zahodna Nemčija</i> : 4.972 selekcioniranih otrok kolektivnih športov v 7 olimpijskih športih, 7-letno spremljanje | 0,3 % selekcioniranih otrok je postalo vrhunskih športnikov – se je torej uvrstilo med 10 mednarodno najuspešnejših. |
| (17) | <i>Rusija</i> : retrospektivni pregled otroških in mladinskih športnih šol, 35.000 članov | 0,14 % vključenih otrok je osvojilo športno odličnost na članskem nivoju. |
| (18) | <i>Vzhodna Nemčija</i> : 11.287 članov elitnih športnih šol, 3-letna raziskava | 1,7 % bivših članov elitnih športnih šol je osvojilo medaljo na velikih mednarodnih članskih tekmovanjih. |
| (19) | 140 olimpijcev (2004 in 2006) elitnih športnih šol, retrospektivna raziskava | Splošna vstopna starost v športno šolo je 11,2 leta. Tisti brez medalj so vstopili s 13,3 leta, z medaljami pa pri 15,4 leta. Nihče od olimpijcev, ki so začeli pred 12. letom, ni osvojil medalje, medtem ko je 18 % tistih, ki so vstopili med 13. in 15. letom, ter 56 % tistih, ki so vstopili kasneje, osvojilo medalje. |

- odraščanjem itd.), zelo otežujejo zanesljivost napovedovanja športne ustvarjalnosti v odraslosti glede na stanje v otroškem obdobju. V praksi lahko naletimo na veliko mladih talentov, ki pa to v resnici niso, saj gre morda le za zgodaj odraščajoče otroke oziroma mladostnike, ki imajo zaradi hitrejšega razvoja prednost pred vrstniki. Taki kasneje v svojem razvoju ne kažejo več pričakovanega napredka in praviloma zapustijo šport. Prednost zgodnjega biološkega zorenja v mladostništvu se mnogokrat pokaže kot negativni vpliv na športno uspešnost v kasnejših obdobjih.
- Na osnovi »izmerjene« nadarjenosti otroka se je zlasti v državah vzhodnega bloka, danes na Kitajskem in tudi drugod pojavljala problem prehitre specializacije v športni vadbi mladih, ki je vodil do njihovega neustreznega razvoja. V teh primerih so bili otroci prisiljeni v nehumano in zahtevno športno vadbo, tisti, ki niso dosegali rezultatov ali niso sledili napredku, pa so bili enostavno pozabljeni in izločeni.
 - Nekateri sposobnosti človeka (npr. anaerobna laktatna vzdržljivost), ki lahko v veliki meri vplivajo na tekmovalno uspešnost v odrasli dobi, se razvijejo šele v pubertetnem obdobju in jih zato ni mogoče zanesljivo predvideti v otroštvu.

Ali je zelo zgodnje vključevanje otrok v šport zares koristno in potrebno?

Kdaj vključiti otroka v šport, je zelo pogosto vprašanje številnih staršev. Danes trenerji v nekaterih športnih panogah iščejo talente že v vrtcih. Prav tako številni starši močno hrepenijo po tem, da bi njihovi otroci dosegali čim višjo uspešnost na posameznem področju ali celo več področjih. Zato otroke že v zgodnjih letih usmerjajo v šport in pričakujejo, da bodo postali vrhunski športniki (20, 21). Še vedno je globoko zakoreninjeno prepričanje, da imajo v tekmovalnem športu možnosti le tisti otroci, ki so bili vanj vključeni že zelo zgodaj, saj bo le tako otrok imel dovolj časa, da se razvije v vrhunškega športnika.

Taka mišljenja temeljijo na starejših raziskavah (ki so najpogosteje narejene »čez palec«) in naslednjih vzorcih:

- razvoj talenta do športnika vrhunske kakovosti je dolgotrajen proces (8–12 let oziroma najmanj 10.000 ur vadbe),
- daljši kot bo proces ozko usmerjene vadbe v izbrani športni disciplini in tekmovanj, večja bo uspešnost,
- zgodnejši začetek treninga pomeni zanesljivejši in zgodnejši uspeh.

Zaradi tega je dolgo veljalo, da je primeren čas za vključitev talentiranih otrok v šport že pri 6 letih, najkasneje pa med 8. in 12. letom (12, 22–24).

Novejše znanstvene raziskave in tudi podatki iz prakse o razvoju tistih, ki so bili že kot otroci ali v zgodnjih mladostniških letih zelo uspešni, kažejo, da zelo zgodnje usmerjanje in selekcioniranje otrok v šport (razen nekaterih izjem, kot je npr. Tiger Woods, ki je golf začel igrati že pri treh letih in je kasneje postal najboljši igralec sveta) nima pričakovanih rezultatov v vrhunskih športnih dosežkih v odraslosti (tabela 1). Malina navaja tudi podatke, da je od več kot šest milijonov mladih fantov, ki so že kot otroci začeli trenirati košarko, le 440 uspelo priti v vrhunske ekipe, od več kot dveh milijonov deklic pa je to uspelo le 208 (21). Le 0,14 % od 35.000 zelo nadarjenih mladih ruskih atletov je uspelo priti do vrhunskih rezultatov.

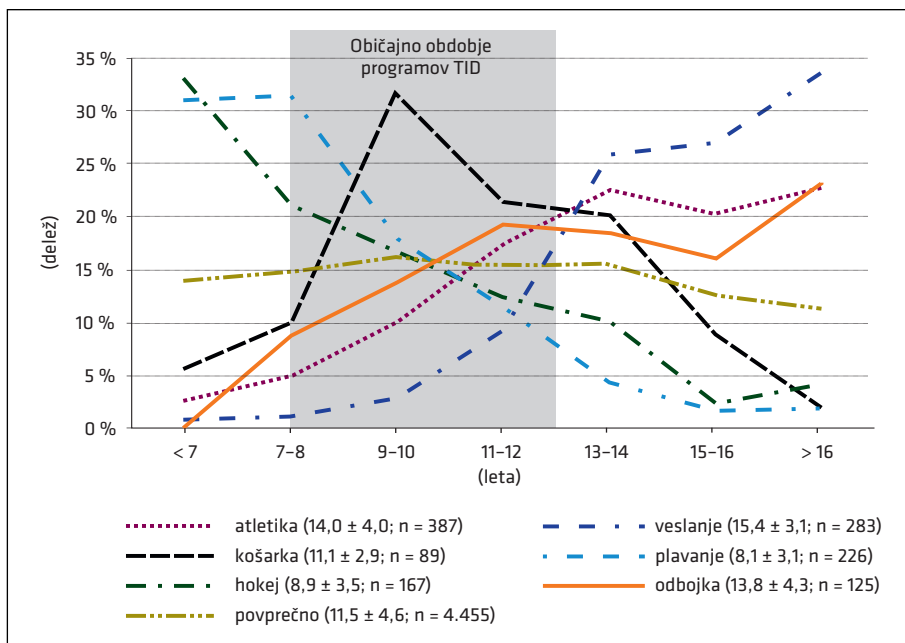
Proučevanje dinamike razvoja vrhunskih športnikov v Avstraliji je pokazalo, da so športniki potrebovali v povprečju $7,5 \pm 4,1$ leta za uvrstitev v člansko državno ekipo in s tem na mednarodno raven športa, kar je bistveno manj kot kažejo starejši podatki (25). Tisti, ki so potrebovali manj kot štiri leta, so začeli trenirati izbrani šport šele pri $17,1 \pm 4,5$ letih in so se pred tem ukvarjali v povprečju s 3,3 različnimi športi. Tisti, ki so za uvrstitev v državno ekipo potrebovali več kot deset let, pa so začeli s treningom izbranega športa že pri

7,9 ± 2,5 letih. Pred tem so se ukvarjali v povprečju z manj kot enim športom (0,9 ± 1,3). Tudi Russell in Limle sta ugotovila, da imajo športniki, ki so bili podvrženi zgodnji specializaciji, krajšo športno kariero in bolj negativen odnos do športa v odrasli dobi (26).

Raziskave kažejo zelo veliko variabilnost starosti, pri kateri so se uspešni športniki vključili v proces vadbe. Gullich je med 4455 udeleženci olimpijskih iger (OI) v Atenah leta 2004 ugotovil, da je med vrhunskimi športniki veliko takih, ki so bili v trening vključeni po 12. letu starosti, torej kasneje kot predvideva tradicionalni pristop vključevanja otrok v športno vadbo (8–12 let) (slika 1) (19). Vrhunski športniki začnejo s treningom, se vključijo v tekmovanja in začno sodelovati na velikih mednarodnih tekmovanjih statistično značilno kasneje kot manj uspešni športniki državne ravni (12). Še bolj kot to pa je zanimiv in razmisleka vreden podatek, da je med starostjo začetka treniranja in trajanjem (v le-

tih) do nastopa na velikem mednarodnem tekmovanju statistično značilna negativna korelacija (od $r = -0,63$ do $r = -0,83$) (12).

Če pogledamo stanje v Sloveniji in dejstvo, koliko rekorderjev iz kategorij do 10, 12 ali 14 let v različnih športnih disciplinah se razvije v zares kakovostne športnike, ugotovimo, da izmed plavalk, ki so dosegle rekord v starostni skupini mlajših deklic (do 10 let) in deklic (do 12 let), niti eni ni uspelo doseči rekorda tudi v absolutni kategoriji. Izmed rekorderjev v kategoriji mlajših dečkov (do 12 let) in dečkov (do 14 let) pa je to uspelo le enemu plavalcu. Zelo podobno sliko najdemo tudi v atletiki in drugih, zlasti individualnih športih (27). Ugotavljamo, da se je manj kot 30 % pionirskih rekorderjev (starost do 16 let) uspelo prebiti tudi v člansko atletsko reprezentanco, le dva pionirska rekorderja (10%) pa sta postala tudi rekorderja svoje discipline v absolutni konkurenci in dosegla vrhunski športni rezultat (uvrstitev med prvih deset na svetovnem prvenstvu ali OI).



Slika 1. Starost pri vključitvi v trening v izbrani športni disciplini med športniki na OI v Atenah 2004 (12).

Visoka raven tekmovalne uspešnosti v otroštvu ali zgodnji adolescenci torej ni pogoj za doseganje absolutne športne učinkovitosti. Številne raziskave in izkušnje prej kažejo obratno, da začetni treningi v kasnejših najstniških letih ni prepozno za doseganje vrhunskih športnih dosežkov. Številni vrhunski športniki so se v mladosti ukvarjali z različnimi športi, ne le z enim. Znano je, da so npr. številni atleti, ki so dosegli vrhunski rezultat, svoj talent razvijali počasi in so se v atletiko vključili sorazmerno pozno. Tak primer sta bili naša olimpijka Brigita Bukovec (srebrna medalja na OI 1996) in Rusinja Jelena Isinbajeva, ki sta v atletiko prišli iz gimnastike. Isinbajeva se je atletiki posvetila šele pri 15 letih in je kasneje postala najboljša skakalka, svetovna rekorderka v skoku s palico in dvakratna olimpijska zmagovalka. Tudi eden izmed najboljših belih sprinterjev na svetu, Pietro Mannea (bivši svetovni rekorder na 200 m; 19,72 s), je v atletiko prišel pri 17 letih in dosegel odmevne rezultate šele po 25. letu. Slovenski sprinterski rekorder Matic Osovnikar (najhitrejši beli sprinter na svetovnem prvenstvu v Osaki; 10,14 s na 100 m) je prav tako v atletiko prišel iz smučanja in triatlona šele pri 15 letih. Nekateri vrhunski športniki prav zaradi široke športne podkovanosti, ki so je bili deležni v mladosti, dosegajo športno odličnost celo v dveh športnih disciplinah. Zelo poznan je primer Clare Hughes, ki je najprej leta 2000 osvojila olimpijsko medaljo v kolesarstvu, zatem pa v letih od 2002 do 2006 še tri v hitrostnem drsanju.

Pomembnost raznovrstnega športnega udejstvovanja v mladosti potrjujejo tudi številne raziskave. Kar 60,9 % elitnih športnikov svetovnega vrha je, preden so se vključili v izbrani šport, treniralo druge športe (in to samo 16,6 % pred 11. letom) (12).

Gibalne in druge izkušnje, ki jih otrok lahko pridobi in razvija v organizirani športni vadbi že v zgodnjem šolskem obdobju, so zelo dragocene za gibalni in posledično

celostni razvoj mladega človeka. Če je vsebina športne vadbe otrok široka in raznovrstna – tudi skozi več različnih športov, kjer so tekmovanja (v skupini, klubska in lokalna) le sestavni del programa, potem je odgovor na vprašanje, ali je zelo zgodnje vključevanje otrok v šport koristno, vsekakor pozitiven. Če pa je zgodnje vključevanje otrok v šport povezano z zgodnjo in prehitro specializacijo vadbe in z vključevanjem otrok v tekmovalno naravnane programe zgolj v enem športu, na zastavljeno vprašanje ne moremo več odgovoriti pritrdilno.

Zdi se, da je veliko bolj kot vprašanje o smiselnosti in potrebnosti zelo zgodnjega vključevanja in selekcioniranja otrok v posamezni šport na mestu vprašanje, na kakšen način in s katerimi vsebinami delati z nadarjenimi (in ne le temi) otroki, da bodo razvili svoje človeške in športne zmožnosti. Potreben je učinkovit dolgoročni model dela z mladimi športniki.

Šport otrok in mladine v dolgoročnem modelu razvoja vrhunškega športnika (vrhunske športne ustvarjalnosti)

Razvoj športnika je dolgotrajen, a ne enovit proces

V starejših strategijah enovitega in zaprtega razvojnega procesa športne ustvarjalnosti vzhodne Evrope je šport mladih predstavljal celotni del procesa športne vadbe od izbora talentov in njihovega razvoja do vrhunskih rezultatov. Te strategije so predvidevale, da pot od vključitve talenta do športnika vrhunske kakovosti traja desetletje ali več ob sistematični in v en šport usmerjeni vadbi. Danes je ta strategija deležna temeljite prenovne.

Novejši pristopi razvoja športne ustvarjalnosti puščajo športu otrok več svobode. Šport otrok je s svojimi cilji in poslanstvom povsem samostojen del, hkrati pa tudi temelj elitnega ali vrhunškega športa odraslih. Govorimo torej o dveh globalnih fazah razvoja športne ustvarjalnosti.

- Šport otrok in mladostnikov. Pri tem gre za vzgojo mladih s športom in kasneje tudi uvajanje mladih v zahteve tekmovalnega vrhunškega športa. Ta del procesa razvoja športnika sestavlja več vsebinsko zaokroženih razvojnih podfaz (več v nadaljevanju; glej sliko 2).
- Šport odraslih ali faza doseganja vrhunškega tekmovalnega dosežka. Tu je edini cilj športne vadbe doseganje čim boljšega tekmovalnega dosežka.

Skrbno načrtovan in izvajan proces športne vadbe otrok in mladostnikov predstavlja torej temelj vrhunškega športnega dosežka, sam po sebi pa je tudi izjemno kakovostna in vsestranska šola za življenje (pridobitev delavnosti, samodiscipline, urejenosti, trdnega značaja, ljubezni do športa, raznolikih izkušenj itd.).

Kakovosten šport mladih ni pomemben le za njih same, za njihov razvoj in srečo, temveč ima veliko širše in dolgoročneje posredne in neposredne vplive na celotni šport posamezne družbe. Tudi ko se mladi po končani srednji šoli odločajo za študij, poklic in ne za nadaljevanje elitnega tekmovalnega športa, to ni poraz za šport. Ob korektno opravljenem vzgojnem delu v športu je mlad človek oborožen s številnimi zmožnostmi, ki mu bodo pomagale do uspeha na življenjski poti. Če mladi odidejo iz tekmovalnega športa z lepimi spomini, pozitivnimi izkušnjami in z ljubeznijo do športa v srcu, se bodo z večjo verjetnostjo kasneje v šport vrnili in na različne načine pomagali k napredku (kot pokrovitelji, funkcionarji, sodniki, zdravniki itd.). Brez tako sklenjenega družbenega kroga tekmovalnega športa v naši državi ne bi bilo.

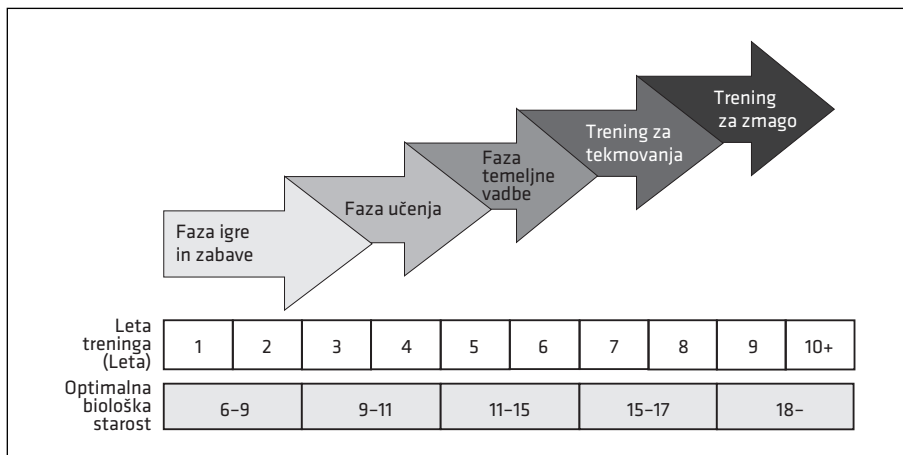
Pot do vrhunškega športnega rezultata je dolgotrajen in drag proces. Avstralci so ugotovili, da obstaja linearna povezanost med vloženim denarjem in številom osvojenih medalj na OI (30). Ob ekonomskih motivih, ki vsako državo silijo k oblikovanju racionalne vzgoje vrhunških športnikov,

sta uspešnost in racionalizacija razvojnih modelov v prvi vrsti skriti v pravi zasnovi in vsebini športa mladih ter pedagoško ustreznem delu strokovno usposobljenih trenerjev mladih športnikov. Zato so se v svetu razvili novejši modeli razvoja talentiranih otrok v športu, ki poudarjajo začetno odprtost in dostopnost za kakovostno raznoliko vadbo za vse otroke, ki si športa želijo. Opušča se zgodnje vključevanje talentov v specializirane športne šole ali podobne institucionalne razvojne programe. Vsi otroci imajo možnost vključitve v različne športne dejavnosti, kasneje v mladostništvu pa se lahko na osnovi svojih sposobnosti in seveda interesa vključijo v kakovostne programe usmerjenega športnega razvoja. Športne šole, državni ali regijski razvojni športni centri združujejo mlade, nadarjene za šport, šele v adolescenci z vstopom na srednješolsko raven izobraževanja. Namen vseh teh programov je razvoj potenciala mladega športnika ob uporabi modernih in uspešnih metod dela, zagotavljanju visoko usposobljenega strokovnega trenerskega kadra, znanstveni in medicinski podpori, učinkoviti organizaciji izrabe časa, usklajenosti športnih in šolskih obveznosti, nadstandardnih možnosti za trening in tekmovanja, individualni obravnavi posameznika itd.

Moderni razvojni modeli športnika torej temeljijo na dolgoročnem in sistematičnem delu z mladimi, s kasnejšo specializacijo vadbe, kjer je v ospredju humano, pedagoško poglobljeno delo z mladimi športniki.

Morda najbolj poglobljen in human pristop k dolgoročnemu razvoju v športu predstavlja kanadski model razvoja s petimi fazami, ki je danes z določenimi za okolje specifičnimi prilagoditvami bolj ali manj prisoten po vsem svetu (8). V tem modelu športna vadba otrok in mladostnikov predstavlja prve štiri faze, šport odraslih pa zadnjo (slika 2):

1. faza igre in zabave ob raznovrstnih športnih vsebinah (angl. *FUNDamental stage*),
2. faza učenja (angl. *Learning to Train*),



Slika 2. Faze dolgoročnega razvoja športne ustvarjalnosti (8).

3. faza temeljne športne vadbe v izbrani športni panogi (angl. *Training to Train*),
4. faza športne vadbe za tekmovanja (angl. *Training to Compete*) in
5. faza vadbe za zmago (angl. *Training to Win*).

Vsaka faza ima v dolgoročnem modelu razvoja športne ustvarjalnosti svoje cilje, vsebino ter sebi lastne metode in oblike dela, ki so prilagojene stopnji biološkega in psihosocialnega razvoja otroka ali mladostnika. Vadba otrok ni le količinsko in intenzivnostno drugačna od odraslih, biti mora tudi vsebinsko drugačna. V nadaljevanju so predstavljene najpomembnejše vsebinske značilnosti vadbe v posameznih razvojnih fazah športnika.

Faza igre in raznovrstnih športnih vsebin

Spoznanja o dinamiki psihosocialnega, biološkega in posledično gibalnega razvoja v prvih dveh dekadah življenja človeka velevajo, naj bo šport otrok v predpubertetnem obdobju predvsem igra, učenje in zabava in veliko manj trening za razvoj telesnih sposobnosti. Zgodnja rast možganov in intenzivni razvoj živčnega sistema daje ta že ob vstopu v šolo možnost usvajanja raznovrstnih naravnih in tudi komplek-

snih gibov. Zato naj bo poudarek športne vadbe v tem obdobju na usvajanju raznovrstnih gibalnih veščin.

Vsebinsko športne vadbe v tem obdobju sestavljajo športne aktivnosti iz različnih športov, zlasti temeljnih: gimnastični elementi iz akrobatike in vaj na orodju, atletike, športnih iger z žogo in loparji, igre z elementi borilnih veščin itd. Igralne situacije, na katerih naj temeljijo procesi gibalnega izpopolnjevanja in učenja, ne pomenijo le priložnosti za razvoj gibalnih veščin in tehnike, temveč v veliki meri omogočajo potreben vzporedni razvoj splošnih gibalnih sposobnosti.

Vadba v starostnem obdobju od 6 do 8 ali 9 let naj poteka 2- do 3-krat tedensko. Zelo učinkovita oblika dela z otroki te starosti so športni kampi v času počitnic, kjer se otroci seznanijo tudi s športnimi vsebinami, s katerimi se v šolskem in bivalnem okolju ne morejo.

Faza učenja

V to fazo so v večini športov vključeni otroci, stari med 9 in 12 let. Vadba v tem obdobju poteka 3- do 5-krat tedensko. V večini športov je namreč prav to obdobje začetek sistematične vadbe z mladimi. Glede na vsebine in oblike dela v tem in kasnejših

obdobjih razvoja mladih športnikov bi to fazo lahko poimenovali osnovna šola nogometa, atletike, košarke itd.

Osrednja vloga in poudarek športne vadbe je na učenju in izpopolnjevanju tehnik gibanja v izbranem in drugih športih. Otroci bodo že z izpopolnjevanjem tehničnega znanja napredovali tudi v gibalnih sposobnostih (moč, hitrost, vzdržljivost). Kljub temu pa je manjši delež časa (10–15 %) namenjen tudi splošnim kondicijskim vsebinam.

Ker učinki vadbe moči, agilnosti in hitrosti otrok temeljijo predvsem na živčnih mehanizmih, je za vadbo teh sposobnosti v predpubertetnem obdobju pomembno, da se opirajo na raznovrstne kompleksne vsebine, ob katerih vadeči razvijajo mehane nizme medmišične in celostne koordinacije telesa. Posebno pozornost je treba nameniti razvoju trebušne in hrbtne miškulature, ki zagotavlja optimalno držo in zaščito hrbtenici. Veliko bolj kot izolirane vaje (vaje za določeno mišično skupino) je primerna vadba s kompleksnimi vsebinami (npr. elementarne otroške igre s pospeševanji, zastavljanji, borilne igre, gimnastične vaje na orodju itd.). Višja vsebnost aerobnih encimov in večji delež počasnih mišičnih vlaknen, kar je značilno za predpubertetno obdobje, otroku zagotavljajo visoko aerobno kapaciteto. Za razvoj vzdržljivosti v tem obdobju so zlasti primerne prekinjajoče obremenitve – obremenitve, ki so podobne naravi njihove igre (lovljenja, skrivanja, igre z žogo itd.). Vadba ima v tem obdobju dopolnjujoč učinek, kar pomeni, da z določeno vsebino vadbe vplivamo na različne gibalne sposobnosti otroka.

Sestavni del vadbenih programov v tej razvojni fazi predstavljajo tudi tekmovanja. Ta so za mlade pomemben motivacijski dejavnik, toda le če niso prepogosta in če so vsebinsko primerna za otrokovo razvojno stopnjo ter ustrezno organizirana. Pomembno je, da trener oziroma učitelj uspe pri mladih razviti pravilen odnos do tekmovanj in

uspeha ter da zna izbrati za svoje varovanje pravo tekmovanje.

Faza temeljne športne vadbe

Po obdobju igre in učenja, ki je navadno vezano na otroško obdobje s široko raznovrstno športno vadbo, je pubertetno obdobje (od 11./12. do 14./15. leta) v večini športov čas razvoja specifičnih tehnik v izbranem športu, učenja in izpopolnjevanja osnovnih in specifičnih taktičnih strategij ter hkrati temeljnega oblikovanja otrokovega gibalnega stroja, tj. temeljnih gibalnih in funkcionalnih dimenzij.

Vadba postaja obsežnejša in zahtevnejša. Navadno to pomeni 4 do 5 ali 6 treningov tedensko oziroma 10 do 20 ur vadbe na teden. Sestavni del programa postajajo tekmovanja, ki se v večini športov končajo na državnem tekmovanju, zelo pogosto pa tudi na ravni mednarodnih tekmovanj. Zato se vadba (vsaj v zaključnem delu tega starostnega obdobja) v grobem deli na obdobje vadbe s tekmovanji in obdobje vadbe brez njih. Tako je tudi razmerje med temeljno in bolj tekmovalno usmerjeno vadbo nekje 6:4. Zaradi velikih razlik med posamezniki v dinamiki rasti in biološkega razvoja mora biti trener zelo previden pri oblikovanju zahtev športne vadbe. Vadbene obremenitve (obsegi vadbe in intenzivnost) morajo biti skrbno načrtovane in v največji možni meri prilagojene posamezniku (zlasti pri vsebinah kondicijske vadbe, npr. obremenitve pri vadbi moči in vzdržljivosti).

Faza treninga za tekmovanja

Vadbeni programi 16- do 18-letnih fantov in 15- do 17-letnih deklet (če so bile uspešno opravljene tudi prejšnje faze vadbe) dobivajo vse več značilnosti vadbe odraslih. To pomeni veliko pogostnost vadbe (5 do 7 ali 8 treningov tedensko), velik obseg (15 do 25 ur/teden) in intenzivnost vadbe.

Čas po 15. ali 16. letu pomeni začetek ozkega specifičnega razvoja. Je čas uvajanja specializacije in ozke usmerjenosti

v razvoj tekmovalno specifičnih gibalnih sposobnosti. Razvoj mišične sile, absolutne aerobne in anaerobne vzdržljivosti bo lahko v polni meri učinkovit šele ob zadostni prisotnosti ravnega hormona, testosterona in drugih hormonov, tem zahtevam pa bo prilagojen tudi razvoj živčnega sistema. Ob zaključku pubertete (5. stopnja razvoja po Tannerju) se vključi delo z lažjimi utežmi. Uvajanje velikih bremen v trening naj bo postopno, saj vsi deli telesa še niso enakomerno oziroma dokončno razviti (npr. rast dolgih kosti še ni zaključena). Šele po obdobju pubertete (običajno po 16. letu pri dekletih in 17. letu pri fantih) vadba moči (metode in oblike dela) postaja enaka kot pri odraslih.

Faza treninga za zmago

Ob zaključku pubertetnega obdobja v zgodnji odraslosti z dokončnim razvojem živčno-mišičnega sistema, z osifikacijo kostnega sistema ter stabilizacijo hormonalnih in drugih biokemijskih presnovnih mehanizmov je organizem biološko na vrhuncu svojih sposobnosti. Vadbeni programi potekajo po načelih vadbe odraslih.

(PRE)ZGODNJA SPECIALIZACIJA ŠPORTNE VADBE OTROK LAHKO OGROZI TUDI NJIHOVO ZDRAVJE

Ozka specializacija športne vadbe in njena tekmovalna naravnost že v predpubertetnem obdobju je danes ena od največjih in najnevarnejših stran poti v športu nasploh, zlasti pa v športu otrok, saj je med drugim tudi vir možnih negativnih vplivov na otroka.

(Pre)zgodnja specializacija športne vadbe

Ena od temeljnih značilnosti športne vadbe odraslih je ozka specializacija. Odrasli športniki ne morejo biti uspešni brez specifične vadbe, nasprotno pa ozko usmerjena vadba v otroštvu zatira njihov dolgoročni športni razvoj, ogroža njihovo zdravje in tako pomeni veliko strokovno napako. Ko

pri vadbi otrok in mladih prevladujejo pravila in standardi odraslih, kjer je že v otroštvu športna vadba resno delo, najpomembnejši cilj pa tekmovalje in osvojene medalje, ko je le zmaga nad nasprotnikom edino, kar velja, potem so tako potrebe kot pravice in dostojanstvo otrok kršeni že v izhodišču.

Če vemo, da sta zabava in druženje mladim pomembnejša razloga za vključitev v športne klube kot želja po dokazovanju na tekmovanjih in tekmovalni uspeh, potem so vadbeni programi otrok in mladostnikov, ki temeljijo na modelu športa odraslih po načelu »hitreje, višje, močnejše« že vnaprej obsojeni na neuspeh (31, 32).

Zgodnja specializacija pomeni enostransko in intenzivno, v tekmovalni uspeh usmerjeno vadbo premladih športnikov le v eni športni dejavnosti. Ko pomen tekmovalne uspešnosti prevlada, vadba postane enostranska, specifična in pogosto prezahtevna.

Zgodnja specializacija ima svoje korenine v športni doktrini bivšega vzhodnega bloka. Zaradi sorazmerno dobrih uspehov športnikov vzhoda se je ta model širil tudi v druge dele sveta. Številnim staršem in trenerjem se še danes zdi edina realna pot do uspeha v športu ta, da svoje otroke usmerijo v en in edini šport in to čim bolj zgodaj. Mnogi starši menijo, da mora otrok svoje sposobnosti pokazati že zelo zgodaj, saj v tem vidijo možnost, da pride do štipendije, pogodbe s profesionalnimi klubi ali drugih ugodnosti. Nekateri pa skozi športno uspešnost svojega otroka živijo svoja neizživeta pričakovanja in sanje. Na drugi strani se z zgodnjo specializacijo »hranijo« tudi (pre)ambiciozni trenerji, ki skozi uspešnost mladih športnikov skušajo potešiti svoje neuspehe v preteklosti, dokazati svojo strokovnost in znanje (12, 20).

Danes so vse bolj jasna in številna znanstvena spoznanja, ki zagovarjajo idejo, naj se mladega človeka usmerja le v en šport šele pri 13 ali 14 letih, prej pa naj bodo otroci deležni zelo raznovrstne športne

vadbe tudi v več športnih dejavnostih (21, 32, 33). Priporočilo Ameriške akademije za pediatrijo, ki je bilo objavljeno v prispevku Intensive Training and Sports Specialization in Young Athletes, zelo jasno opozarja, da so otroci, ki se intenzivno ukvarjajo zgolj z eno obliko športne dejavnosti, prikrajšani za številne gibalne in psihosocialne vzpodbude (20). Zato svetujejo, da se otroke spodbuja k udeležbi v različnih oblikah športnih aktivnosti z namenom, da bi razvili različne oblike spretnosti in znanj (podrobneje v prejšnjem poglavju).

Vodilo dela morajo biti potrebe otroka oziroma mladostnika, ne pa podrejanje tekmovalnemu uspehu, ki ga najpogosteje ustvarjata pohlep in pretirana ambicioznost trenerjev, staršev, klubskih uprav, sponzorjev, pogosto pa tudi mladega športnika samega. Pri delu z mladimi ni in ne sme biti v ospredju športni rezultat!

Tveganja prezgodnje specializacije **Omejenost v gibalnem razvoju**

Ob enostranski in intenzivni ter v tekmovalni uspeh usmerjeni vadbi premladih športnikov otrok ni deležen širokih in raznovrstnih gibalnih spodbud in izkušenj, ki jih prinaša raznovrstna športna vadba, s tem pa sta osiromašena njegov gibalni in celostni razvoj (20, 21, 28). Pri prezgodnji specializirani vadbi otroci ne razvijejo čvrstih in raznovrstnih gibalnih osnov, zaradi česar se razvoj njihove športne uspešnosti v kasnejših obdobjih upočasni. Ni si mogoče predstavljati uspešnosti učenja zahtevne kompleksne tehnike določenega športa (npr. meta kladiva v atletiki, elementov v sestavi vaje na bradlji), če mlad športnik prej ne obvlada niti temeljnih gibalnih struktur (kot so tek, preval, stoja na rokah itd.). Hitro razvijajoči se živčni sistem v času pred puberteto je treba izkoristiti za učenje in usvajanje različnih gibalnih struktur (razvijanje mehanizmov kontrole gibanja) in ne za razvoj gibalnih (kondicijskih) sposobnosti s specifičnimi sredstvi (glej opis vsebi-

ne vadbe v dolgoročnem modelu športne vadbe).

Slab vpliv na psihološki in socialni razvoj

Preambiciozni starši in trenerji s svojim zgledom in dejanji hote ali nehoti pri mladem športniku spodbujajo zunanjo motiviranost oziroma ego ciljno orientiranost (takšno, pri kateri motivi izhajajo pretežno iz ciljev zunanjega okolja). S tem mladega športnika usmerjajo v storilnost, razvijajo tekmovalnost, poudarjajo pomen zmage itd. Okolja, ki podpirajo in vzpodbujajo tekmovalnost in medsebojno primerjanje, spodkopavajo psihološke potrebe mladih po pomembnosti, pristojnosti in povezanosti ter postopno slabijo samostojnost in samopodobo mladih v športu (34). To je v nasprotju z želenim psihološkim profilom mladega športnika. Taka ravnanja in okolja imajo lahko slab vpliv na psihološki razvoj mladega človeka. Šport otrok je treba graditi na notranji motivaciji oziroma v nalogo usmerjeni ciljni orientiranosti. Če je otrok oziroma mladostnik notranje motiviran za športno dejavnost, se bo želel z njo ukvarjati prej zaradi zabave in zaradi interesa kot zaradi zunanjih spodbud, nagrad ali pritiskov (35). Zato je razvoj mehanizmov notranje motivacije v delu z mladimi športniki še kako pomemben.

Glede na ugotovitve raziskav je trener z večjo notranjo motivacijo, ki izhaja iz njegove v nalogo usmerjene ciljne orientacije, pri poučevanju veliko bolj verjetno povezan z notranjim interesom in z vrednotenjem pravičnosti in poštenosti (36–38). Raziskave tudi kažejo, da k nalogi usmerjeni trenerji v večji meri prenašajo življenjsko energijo in poštenost na mlade športnike kot posamezniki, pri katerih prevladuje ego ciljna orientiranost. Taki trenerji pogosteje uporabljajo nepošteno in nelegalne postopke pri doseganju ciljev (36, 37, 39). Vallerand je ugotovil, da mladi športniki zaznavajo trenerje z visoko stopnjo ego orientacije kot zelo kritične in zelo zahtev-

ne (35). V takih okoljih so pritiski na otroka veliki, prihaja do psihičnega nasilja, manipulacij z mladimi športniki in drugih nemoralnih postopkov, ki se jih trenerji ne puščajo svobode mladim športnikom, s tem pa ne razvijajo njihove samostojnosti in ustvarjalnosti, temveč tlačijo njihovo samopodobo, poleg tega pa tudi delajo razlike med bolj in manj sposobnimi.

Zaradi velike količine treninga in usklajevanja z drugimi obveznostmi (šola, učenje) mlad športnik, zlasti v individualnih športnih disciplinah, nima niti časa niti priložnosti za ljudi okrog sebe in oblikovanje širokih socialnih stikov. To lahko vodi v socialno izolacijo mladih vrhunskih športnikov. Otroci športniki so zato pogosto oropani »pravega otroštva«, kar pomeni siromašenje njihovih čustvenih in socialnih obzorij (40).

Preobremenitve in poškodbe

Visoke tekmovalne ambicije trenerjev in staršev mladih športnikov niso vzrok le za vsebinsko in vzgojno sporno vadbo, temveč je prezgodnja specializacija treninga mladih zelo pogosto tudi vzrok za preveliko zahtevnost (količina in intenzivnost) športne vadbe otrok.

Danes mladi športniki v predpubertetnem in zgodnjem pubertetnem obdobju, zla-

sti v nekaterih športnih panogah (tenis, plavanje, gimnastika, ritmična gimnastika, ples, drsanje itd.), trenirajo že zelo veliko in intenzivno (tabela 2). V teh primerih sta telesna in duševna obremenitev mladega športnika preveliki in organizem pogosto nima dovolj časa za obnovo, zato se takemu vadbenemu procesu ne more prilagoditi. Športnik postaja kronično utrujen, izčrpan, kar pogosto pripelje do pretreniranosti, poškodb in bolezenskih stanj (20, 41–46).

Do ogrožanja otrokovega duševnega in telesnega zdravja pride še prej, če zahtevnost vadbe ni prilagojena razvojnim značilnostim mladih. Zaradi razlik v dinamiki biološkega razvoja (razlike v telesnih dimenzijah, v stopnji razvoja posameznih tkiv, v učinkovitosti funkcionalnih sistemov itd.), ki so še posebej velike v pubertetnem obdobju, med posamezniki namreč nastajajo velike razlike tudi v prilagajanju na vadbene obremenitve.

Poškodbe lokomotorne aparata

Vrsta in pogostnost poškodb med mladimi športniki sta bolj kot od spola (raziskave kažejo le nekoliko večjo pogostnost poškodb pri fantih kot dekletih) odvisni od starosti mladih športnikov, športne panoge in količine ter intenzivnosti športne vadbe (46). Med dobro treniranimi mladimi športniki

Tabela 2. Prikaz količine in/ali pogostnosti športne vadbe uspešnih mladih športnikov v različnih športnih panogah. M – moški, Ž – ženske.

| Športna panoga | Država | Starost | Količina/pogostnost športne vadbe | Vir |
|-----------------|------------|------------------------|-----------------------------------|------|
| Gimnastika M | Slovenija | 12–14 let | 12–15 ur/teden | (48) |
| Plavanje | | 10–12 let 13–15 let | 1200 km/leto 1600–1900 km/leto | (49) |
| Športne igre | | 12–15 let | 6-krat/teden | (45) |
| Tenis | | 12–15 let | 7-krat/teden | (45) |
| Gimnastika Ž | Avstralija | 13,7 ± 1,8 leta | 14,0 ± 5,2 ur/teden | (50) |
| Atletika/teki | Nemčija | 13–14 let | 3–5-krat/teden | (51) |
| Atletika | Avstralija | 13,7 ± 1,8 leta | 10,1 ± 2,5 ur/teden | (50) |
| Različni športi | Norveška | 13 let | 6–25 ur/teden | (46) |

v povprečni starosti 14,1 let, ki so v povprečju trenirali 6,5-krat oziroma 660 minut tedensko v ekipnih športih (košarka, rokolet, nogomet in odbojka), igrah z loparji (badminton, tenis in namizni tenis) in individualnih športih (atletika, kajak in kanu, kolesarjenje, gimnastika, judo, karate, plavanje in triatlon) so Malisoux in sodelavci ugotovili, da je imelo 38 % mladih športnikov v zadnjem letu vsaj eno poškodbo (večina od teh več kot eno) (44). Od vseh poškodb je bilo 34,8 % klasificiranih kot akutnih kontaktnih poškodb, 42,0 % kot akutnih nekontaktnih poškodb in 23,2 % preobremenitvenih poškodb. Splošna incidenca je bila ocenjena na 2,81 poškodbe/1000 ur športne aktivnosti. Najbolj so bili poškodbam izpostavljeni mladi športniki v športnih igrah. Število poškodb narašča z obsegom in pogostostjo vadbe, ki je logično večja pri mladostnikih kot pri otrocih.

Temeljni del lokomotornega aparata je skelet, ki daje telesu trdno oporo pri premagovanju težnostnih vplivov in mehaničnih pritiskov. Hkrati pa je tudi najpomembnejše skladišče mineralov (zlasti kalcija in fosforja) za organizem (51). Razvoj skeleta se skoraj v celoti zaključuje pri 18 letih, čeprav se kostna gostota in osifikacija epifiz nekaterih dolgih kosti zaključuje šele po 20. letu.

Čeprav je športna dejavnost, zlasti tista, kjer je mehanska obremenitev skeleta velika (gimnastika, atletika, športne igre), v otroštvu in mladostništvu za razvoj kostne mase in gostote izjemnega pomena, so preobremenitve skeleta zaradi prevelike količine športne vadbe in zlasti prevelikih akutnih obremenitev lahko zelo škodljive (49, 52–54). Zato počasen in dolgotrajen razvoj dolgih kosti (zlasti sklepnih površin) zahteva pazljivost pri obremenjevanju in s tem pazljivost pri izbiri vadbenih sredstev.

Zelo velika količina zahtevne športne vadbe (najpogosteje so take obremenitve prisotne pri vzdržljivostnih športnih dejavnostih) je pri mladih športnicah povezana tudi s tveganjem ženske športne triade: mot-

nje hranjenja, motnje menstrualnega cikla in zmanjšanje mineralne gostote kosti. Padec mineralne gostote kosti pomeni povečanje tveganja za stresne zlome kosti in osteoporozo v kasnejših obdobjih življenja (55). Raziskave kažejo povečevanje kliničnih primerov stresnih zlomov med mladimi športniki. Najpogosteje gre za zlome tibije (golenice) in metatarzalnih (stopalnic) kosti (56).

Velike sile pri zahtevnih pliometričnih (ekscentrično-koncentrično mišično delovne) obremenitvah (npr. poskoki, globinski skoki, tek navzdol itd.) ali uporaba pretežkih bremen pri treningu lahko preobremenjujejo sklepne površine in hrbtnico ter celo poškodujejo sklepni hrustanec in medvretenčne ploščice. Te poškodbe v večini niso akutne, temveč se kot kronične težave pokažejo v kasnejših obdobjih življenja.

Med mladostniki v zgodnji puberteti so zaradi kombinacije hitrega telesnega razvoja in prevelike količine ter ozko specializiranih treningov z veliko ponavljajočimi se gibanji ter ob uporabi neprimernih vadbenih in tekmovalnih rekvizitov (teža loparja pri tenisu, teža orodij pri atletskih metih itd.) pogosta vnetja in natrganine apofize (apofizitis) – narastišča kite na kost. Najpogosteje mladostniki utrpijo tovrstno poškodbo na narastišču patelarnega ligamenta na zgornjem izrastku golenice (Osgood-Schlatterjeva bolezen), na narastišču Ahilove tetive (Severjeva bolezen) in na narastiščih in izvorihi v komolčnem sklepu (teniški in golfski komolec). Pogost pa je tudi patelofemoralni bolečinski sindrom, ki nastane zaradi različnih dejavnikov, kot so biomehanične težave, mišično neravnovesje in preobremenjevanje (57).

Motnje prehranjevanja

Podrejanje visokim tekmovalnim ambicijam pri mnogih športnikih pripelje tudi do spreminjanja telesne sestave (zmanjšanje deleža podkožnega maščevja) in tudi zmanjševanja telesne teže. Pretirana skrb za prehrano

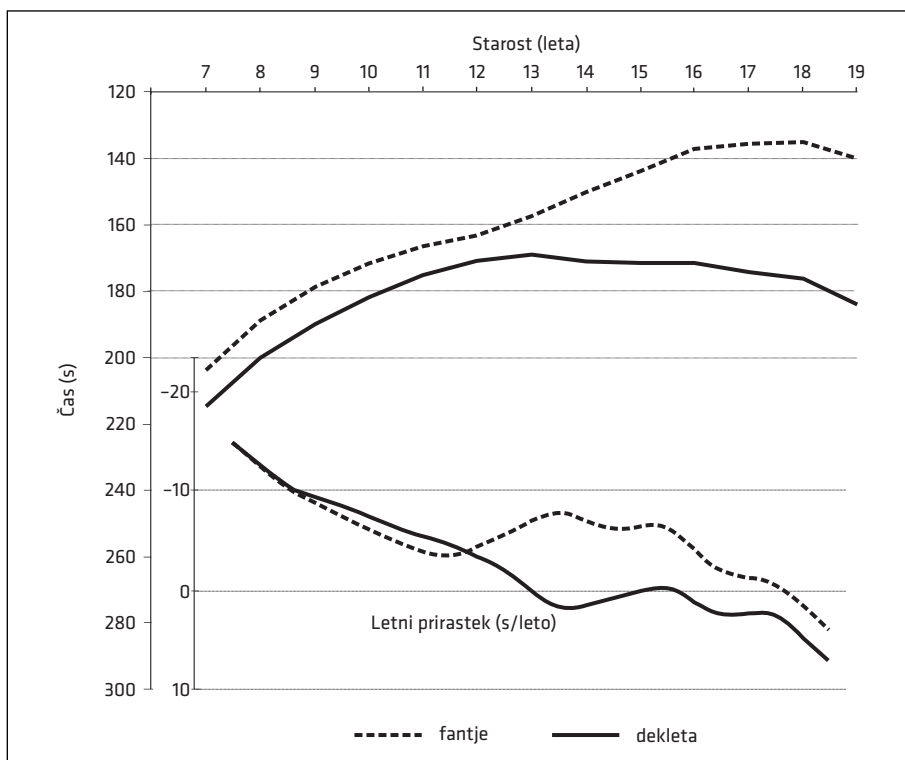
lahko mladega športnika pripelje tudi do motenj v prehranjevanju in poseganju po prehranskih dodatkih.

Razširjenost motenj v prehrani je večja pri vrhunskih mladih športnikih kot med običajnimi mladimi ljudmi (45). Martinsen in Sundgod tudi navajata, da je razširjenost motenj prehranjevanja značilno višja pri mladih športnicah (14 %) kot pri mladih športnikih (3,2 %). Motnje v prehranjevanju se v večjem obsegu pojavljajo pri mladih športnikih v športih, kjer je pomembna telesna teža (angl. *weight-sensitive sports*), kot so med estetskimi športi ples in gimnastika, borilni športi, večina vzdržljivostnih športov (kolesarjenje, tek, tek na smučeh itd.) in nekateri drugi športi, kot so smučarski skoki in skok v višino. V teh športih je 19,7 % posameznikov z znaki motenj v prehranjevanju, v športih, kjer telesna teža

ni pomembna, pa je takšnih posameznikov le 11,9 % (58–60). Znano je, da se motnje v prehranjevanju največkrat pojavijo v času pubertete, v času, ko se pri dekletih začno drastične spremembe telesne sestave in oblikovanje telesa (58).

Zaradi hormonskega delovanja v obdobju pubertete, ki je pri dekletih zelo drugačno kot pri fantih, se dinamika športne učinkovitosti deklet (zlasti v športnih dejavnostih energijskega značaja, kot so tek na daljše razdalje, atletika, plavanje) v obdobju pospešenega biološkega razvoja upočasnijo (slika 3) (30, 51).

Močno povečanje estrogena povzroči povečano sintezo maščobnega tkiva. Zlasti pri dekletih z zgodnjim odraščanjem (endomorfn in mezomorfn konstitucijski tip) je ta porast zelo izrazit. Delež maščobe v telesu (z vidika športne dejavnosti je to balastna



Slika 3. Dinamika razvoja rezultata v teku na 600 m slovenskih otrok in mladostnikov (30).

masa) se poveča na 25 do 30 % in več (51). Zato in zaradi manj gibanja se gibalna oziroma športna učinkovitost (v vzdržljivosti, relativni moči) deklet v tem obdobju objektivno zniža.

Dekleta v tem obdobju zato potrebujejo predvsem jasno razlago tega naravnega pojava, razumevanje in ustrezne nasvete zlasti glede prehranjevanja. Neustrezna ravnanja trenerjev, ki ne poznajo razvojnih poti, pogosto vodijo v psihična obremenjevanja deklet glede njihove telesne teže in v radikalna poseganja v njihovo prehranjevanje. Pri dekletih takšen odnos ob zmanjšani telesni zmogljivosti zaradi spremenjene telesne sestave pogosto povzroči razpad pozitivne telesne in obče samopodobe ter odklanjanje hrane, kar pogosto vodi v motnje prehranjevanja in tudi v hude zdravstvene težave, povezane s tem.

Osip

S preveliko resnostjo vadbe, ki je posledica (prevelikih) tekmovalnih aspiracij skozi več let, je otrokom odvzeta radost, sponta - nost, kreativnost in igrivost, kar vodi k nižjemu samozaupanju in slabši samopodobi. Ob tovrstnem negativnem čustvenem doživljanju in stresu mladi pogosto tak šport zapustijo. Številni to opisujejo kot izgorelost (angl. *burnout*).

Izgorelost mladih v športu in posledič - ni osip mladih v tekmovalnem športu sta toliko večja, kolikor bolj je športna aktiv - nost usmerjena v tekmovalnost in kolikor bolj je vadba specializirana (31, 60, 61).

ZAKLJUČEK

Šport v mladosti človeka na različne nači - ne zaznamuje za celo življenje. Da bodo to bogata in pozitivna doživetja, mora biti športna dejavnost v tem obdobju prilago - jena otrokovim sposobnostim in lastnostim, značilnostim ter tudi pričakovanjem.

Na osnovi zapisanega je mogoče najpo - membnejše ugotovitve prispevka strniti v nekaj konkretnih predlogov vsem tistim,

ki odločajo o strategijah in prihodnosti športa, še zlasti športa mladih v naši drža - vi. Ti so:

- Otroci v športu ne smejo biti podvrženi prezahtevni in ozko, v eno športno pano - go specializirani športni vadbi. Intenziv - no ukvarjanje zgolj z eno obliko športne dejavnosti jih lahko prikrajša za dodatne fizične in psihološke potrebe ter jih izpo - stavi zdravstvenemu tveganju. Otroke, ki se vključujejo v šport, bi morali spodbuja - ti k udeležbi v raznolikih športnih aktiv - nostih z namenom, da bi razvili različne oblike spretnosti in znanj.
- Za mlade športnike so dobri le trenerji z ustreznim znanjem in s trdnim znača - jem. Ali bo v športni vadbi v ospredju otrok, optimalni razvoj njegovega talen - ta in osebnosti ali zadovoljevanje oseb - nih ciljev odraslih (preveč ambicioznih trenerjev ali celo staršev), je odvisno le od moralno-etičnih vrednot trenerja. Delo z mladimi (ne glede na to, ali so za šport talentirani ali ne) mora biti pedagoško in vsebinsko strokovno na najvišji mogoči ravni. Zato je za humanizacijo športa mladih še kako pomembna vzgoja trener - skega kadra za delo z otroki in mladino. Le šolanim trenerjem se lahko zaupa odgovorno delo z mladimi.
- Mladi športniki morajo biti podvrženi stalnemu zdravstvenemu nadzoru, sprem - ljati jih morajo usposobljeni pediatri. Tako zmanjšamo tveganja akutnih in kroničnih zdravstvenih posledic, ki jih lahko povzročata zahtevna in neredko celo neustrezna vadba in obravnava mla - dih športnikov.
- Potrebni so programi osveščanja in izo - braževanja vseh, ki skrbijo za mlade šport - nike na treningih, tekmovaljih, v prostem času in v šoli. Potrebno je stalno izobra - ževanje trenerjev, članov klubskih uprav, državnih športnih zvez ter staršev in tudi mladih športnikov. Taki programi bi morali vsebovati teme s področja prehra - njevanja, znanja o fiziološkem, biološkem

in psihosocialnem razvoju med odraščanjem (v otroštvu in puberteti) pa tudi vsebine za oblikovanje samozavesti in samopodobe, vsebine razvijanja notranje motivacije in odklanjanja zunanje motivacije, postavljanja osebnih ciljev in poudarjanja napredka namesto tekmovalne uspešnosti.

Vse to bi lahko prispevalo k večjemu zadovoljstvu mladih v športu, staršem pa dalo potrditev, da so njihovi otroci v najboljši oskrbi športne stroke.

LITERATURA

1. Martens R. *Social psychology & physical activity*. New York: Harper & Row; 1975.
2. Schutz RW, Smoll FL, Carre FA, et al. Inventories and Norms for Children's Attitudes Toward Physical Activity. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 1985; 56 (3): 256–65.
3. Smoll FL. *Introduction to coaching: Communicating with parents*. New York: Harper & Row; 1986.
4. Bompa RM. Physical growth and biological maturation of young athletes. *Exerc Sport Sci Rew*. 1994; 22: 389–433.
5. Vaeyens R, Lenoir M, Williams MA, et al. Talent Identification and Development Programmes in Sport. *Sports Med*. 2008; 38 (9): 703–14.
6. Škof B, Bačanac L. Značilnosti in pomen športa otrok in mladine. In: Škof B, ed. *Šport po meri otrok mladostnikov*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport; 2007. p. 39–63.
7. Kluka DA. Long-term athlete development: systematic talent identification. *Journal of Sports Science*. 1999; 17: 312–9.
8. Balyi I. Long-term athlete development: trainability in childhood and adolescent. 2002. Dosegljivo na: <http://coaching.usolympicteam.com/coaching/kpub.nsf/v/2ltad04>
9. Bloom BS. *Development talent in Youth people*. New York: Ballantine; 1985.
10. Gould D, Dieffenbach K, Moffett A. Psychological characteristics and their development in Olympic champions. *J Appl Sport Psychol*. 2004; 14 (3): 172–204.
11. Williams AM, Reilly T. The identification and development in soccer. *Journal of Sports Science*. 2000; 18: 657–67.
12. Vaeyens R, Gullich A, Warr, et al. Talent identification and promotion programmes of Olympic athletes. *Sports Science*. 2009; 27 (9): 1367–80.
13. Joch W. *The sporting talent*. Aachen: Mayer & Mayer; 1992.
14. Rost R, Kusber M, Bjarnason-Wehrens et al. Investigation on the problems of talent selection in aerobic and anaerobic athletics. In: Boning D, Braumann KM, Busse N, eds. *Sport – Rettung oder Risiko für die Gesundheit?* Cologne: Deutscher Ärzte Verlag. 1989. p. 988–91.
15. Riechen R, Wallberg U, Senf G. Sport-pedagogical problem study on the promotion of children and adolescent interested in continuous sport involvement: Study on the results of the promotion system for young athletes in the elite sport system of the former GDR. Leipzig: University of Leipzig; 1993.
16. Gullich A, Paphanassiou V, Pitsch W, et al. Squad careers in junior and senior elite sport – age structure and continuity. *Leistungssport*. 2001; 31(4): 63–71.
17. Ljach W. High-performance sport in childhood in Russia. *Leistungssport*. 1997; 27(5): 37–40.
18. Gullich A, Thees J, Bartz E. Evaluation of the elite sport schools. Final report to the German Olympic Sports Confederation. Frankfurt; 2005.
19. Gullich A. *Training – Support – Success: Control-related assumptions and empirical findings*. Saarbrücken: University of the Saarland; 2007.
20. Anderson SJ. Intensive Training and Sports Specialization in Young Athletes. *Pediatrics*. 2000; 106 (1): 103–54.
21. Malina MR. Early Sport Specialization: Roots, Effectiveness, Risks. *Current Sports Medicine Report*, 2010; 9 (6): 364–71.

22. Simon HA, Chase WG. Skill in chess. *American Scientist*. 1973; 61: 394–403.
23. Ericsson KA, Krampe RT, Tesch-Romer C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*. 1993; 100: 363–406.
24. Gullich A, Emrish E. Evaluation of the support of young athletes in the elite sport system. *European Journal for Sport and Society*. 2006; 3 (2): 85–105.
25. Gulbin J. Identifying and developing sporting experts. In: Farrow D, Baker J, MacMahon C, eds. *Developing sport expertise*. Abingdon: Routledge; 2006. p. 60–72.
26. Russell WD, Limle AN. The relationship between youth sport specialization and involvement in sport and physical activity in young adulthood. *Journal of Sport Behaviour*. 2013; 36 (1): 82–99.
27. *Atletski letopis za leto 2013*. Ljubljana: Atletska zveza Slovenije; 2014.
28. Bompa T. *Total training for young champions*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2000.
29. Hogan K, Norton K. The »price« of Olympic gold. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2000; 3: 203–218.
30. Škof B. *Šport po meri otrok in mladostnikov: pedagoško-psihološki in biološki vidiki kondicijske vadbe mladih*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport; 2007.
31. Brettschneider WD, Sack HG. Youth Sport in Europe – Germany. In: De Knop P, Engstrom LM, Skirstad B, Weis MR, eds. *Worldwide trends in Youth Sport*. Champaign, IL: Human Kinetics; 1996. p. 456–89.
32. Bačanac L. Psihološko pedagoške osnove dečijeg športa. In: *Dečiji sport od prakse do akademske oblasti*. Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu; 2005. p. 23–44.
33. Merkel DL. Youth sport: positive and negative impact on young athletes. *Open Access J Sports Med*. 2013; 4: 151–60.
34. Ntoumanis N, Biddle SJH. A Review of Motivational Climate in Physical Activity. *Journal of Sports Science*. 1999; 17: 643–65.
35. Vallerand RJ. Toward a Hierarchical Model of Intrinsic and Extrinsic Motivation. In: Zanna M, ed. *Advances in Experimental Social Psychology*. New York: Academic Press; 1997. p. 271–360.
36. Duda JL, Chi L, Newton M, et al. Task and ego orientation and intrinsic motivation in sport. *International journal of sport psychology*. 1995; 26 (1): 40–63.
37. Duda JL, Olson LK, Templin TJ. The relationship of task and ego orientation to sportsmanship attitudes and the perceived legitimacy of injurious acts. *Research quarterly for exercise and sport*. 1991; 62 (1): 79–87.
38. Škof B, Zabukovec V, Cević-Erpič S, et al. *Pedagoško-psihološki vidiki športne vzgoje*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za kineziologijo; 2005.
39. Papaionnou A. Motivation and goal perspectives in physical activity for children. In: Biddle S, ed. *European perspectives on exercise and sport psychology*. Leeds: Human Kinetics; 1995. p. 245–69.
40. Baker J. Early Specialization in Youth Sport: a requirement for adult expertise? *High Ability Studies*. 2003; 14 (1): 85–94.
41. Mostafavifar AM, Best TM, Myer GD. Early sport specialisation, does it lead to long-term problems?. *British journal of sports medicine* 2013; 47 (17): 1060–2.
42. Adirim TA, Cheng TL. Overview of Injuries in the Young Athlete. *Sports Med*. 2003; 33 (1): 75–81.
43. Shanmugam C, Maffulli N. Sports injuries in children. *British Medical Bulletin* 2008; 86 (1): 33–57.
44. Malisoux L, Frisch A, Urhausen A, et al. Monitoring of Sport Participation and Injury Risk in Young Athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2013; 16: 504–8.
45. Martinsen M, Sundgot-Borgen J. Higher Prevalence of Eating Disorders among Adolescent Elite Athletes than Controls. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2013; 45 (6): 1188–2013.
46. Michaud PA, Renaud A, Narring F. Sports activities related to injuries? A survey among 9–19 year olds in Switzerland. *Injury Prevention*. 2001; 7 (1): 41–5.
47. Kolar E. Proces treninga v športni gimnastiki v obdobju od 11. do 14. leta starosti. In: Škof B, ed. *Šport po meri otrok in mladostnikov*. Ljubljana: Fakulteta za šport; 2007. p. 382–91.
48. Štrumbelj B. Osnovna izhodišča treninga mlajših starostnih kategorij v plavanju. In: Škof B, ed. *Šport po meri otrok in mladostnikov*. Ljubljana: Fakulteta za šport; 2007. p. 406–13.
49. Greene DA, Naughton GA, Bradshaw E, et al. Mechanical loading with or without weight-bearing activity: influence on bone strength index in elite female adolescent athletes engaged in water polo, gymnastics, and track-and-field. *J Bone Miner Metab*. 2012; 30: 580–7.
50. Joch W. *Rahmentrainingsplan für das Aufbautraining Lauf*. Aachen: Meyer und Meyer Verlag; 1992.
51. Malina MR, Bouchard C. *Growth, Maturation, and Physical activity*. Champaign, IL: Human Kinetics; 1991.

52. Macdonald H, Kontulainen S, Petit M, et al. Bone strength and its determinants in pre- and early pubertal boys and girls. *Bone*. 2006; 39 (3): 598–608.
53. Peer KS. Bone Health in Athletes – Factors and Future Considerations. *Orthopaedic Nursing*. 2004; 23 (3): 174–83.
54. Janz K. Physical activity and bone development during childhood and adolescent: Implications for the prevention of osteoporosis. *Minerva Pediatrica*. 2002; 54: 93–104.
55. Mudd LM, Fornetti W, James M, et al. Bone Mineral Density in Collegiate Female Athletes: Comparisons among Sports. *Journal of Athletic Training*. 2007; 42 (3): 403–8.
56. Ohta-Fukushima M, Mutoh Y, Takasugi S, et al. Characteristics of stress fractures in young athletes under 20 years. *J Sports med Phys Fitness*. 2002; 42 (2): 198–206.
57. Jingzhen Y, Abigail ST, Covassin T, et al. Epidemiology of Overuse and Acute Injuries Among Competitive Collegiate Athletes. *J Athl Train*. 2012; 47 (2): 198–204.
58. Martinsen M, Bahr R, Borresen R, et al. Preventing Eating Disorders among Young Elite Athletes: A Randomized Controlled Trial. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2014; 46 (3): 435–47.
59. Sundgot-Borgen J, Torstveit MK. Prevalence of eating disorders in elite athletes is higher than in general population. *Clin j sport med*. 2004; 14 (1): 25–32.
60. Torstveit MK, Rosenvinge JH, Sundgot-Borgen J. Prevalence of eating disorders and the predictive power of risk models in female elite athletes: a controlled study. *Scand j Med Sci Sports*. 2008; 18 (1): 108–18.
61. Laakso L, Tallema R, Yang X. Youth Sport in Europe – Finland. In: De Knop P, Engstrom LM, Skirstad B, Weis MR, eds. *Worldwide trends in Youth Sport*. Champaign, IL: Human Kinetics; 1996. p. 518–48.

Prispelo 28. 7. 2014

Nataša Bratina¹, Vedran Hadžić², Tadej Battelino³, Borut Pistotnik⁴, Maja Pori⁵, Dorica Šajber⁶, Milan Žvan⁷, Branko Škof⁸, Gregor Jurak⁹, Marjeta Kovač¹⁰, Edvin Dervišević¹¹

Povzetek smernic za telesno aktivnost otrok in mladostnikov*

Summary of Guidelines for Physical Activity in Children and Adolescents

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: otroci, mladostniki, telesna aktivnost, šport, smernice

Telesna aktivnost ima ugodne učinke na naše zdravje. Zdrav odnos do telesne aktivnosti se razvije že do 12. leta starosti. Aktiven življenjski slog v otroštvu pripomore k preprečevanju debelosti pri mladostnikih in odraslih ter lahko zmanjša obolevnost in smrtnost v odrasli dobi. Zaradi upada telesne zmogljivosti in razlik v telesni zmogljivosti slovenskih otrok smo pripravili smernice o telesni aktivnosti otrok in mladostnikov, da bi prikazali, kakšna vadba je najprimernejša za posamezne razvojne stopnje ter kako pogosto in s kakšno intenzivnostjo naj bi otroci in mladostniki vadili.

ABSTRACT

KEY WORDS: children, adolescents, physical activity, sport, guidelines

Physical activity has a positive influence on many aspects of our general health. A healthy attitude towards physical activity develops before the age of twelve. An active lifestyle

¹ Doc. dr. Nataša Bratina, dr. med., Pediatrična klinika, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Bohoričeva ulica 20, 1525 Ljubljana; nataša.bratina@kks-kamnik.si

² Asist. dr. Vedran Hadžić, dr. med., Katedra za medicino športa, Fakulteta za šport, Univerza v Ljubljani, Gortanova ulica 22, 1000 Ljubljana

³ Prof. dr. Tadej Battelino, dr. med., Klinični oddelek za endokrinologijo, diabetes in bolezni presnove, Pediatrična klinika, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Bohoričeva ulica 20, 1525 Ljubljana

⁴ Izr. prof. dr. Borut Pistotnik, Katedra za motorično obnašanje, kontrolo in učenje, Fakulteta za šport, Univerza v Ljubljani, Gortanova ulica 22, 1000 Ljubljana

⁵ Izr. prof. dr. Maja Pori, Katedra za motorično obnašanje, kontrolo in učenje, Fakulteta za šport, Univerza v Ljubljani, Gortanova ulica 22, 1000 Ljubljana

⁶ Asist. dr. Dorica Šajber, Katedra za plavanje, vodne aktivnosti v naravi in vodne športe, Fakulteta za šport, Univerza v Ljubljani, Gortanova ulica 22, 1000 Ljubljana

⁷ Prof. dr. Milan Žvan, Katedra za alpsko smučanje, Fakulteta za šport, Univerza v Ljubljani, Gortanova ulica 22, 1000 Ljubljana

⁸ Prof. dr. Branko Škof, Katedra za atletiko, Fakulteta za šport, Univerza v Ljubljani, Gortanova ulica 22, 1000 Ljubljana

⁹ Izr. prof. dr. Gregor Jurak, Katedra za šolsko športno vzgojo, Fakulteta za šport, Univerza v Ljubljani, Gortanova ulica 22, 1000 Ljubljana

¹⁰ Izr. prof. dr. Marjeta Kovač, Katedra za šolsko športno vzgojo, Fakulteta za šport, Univerza v Ljubljani, Gortanova ulica 22, 1000 Ljubljana

¹¹ Izr. prof. dr. Edvin Dervišević, dr. med., Katedra za medicino športa, Fakulteta za šport, Univerza v Ljubljani, Gortanova ulica 22, 1000 Ljubljana

* Smernice so bile sprejete na Razširjenem strokovnem kolegiju za pediatrijo decembra 2010 na Pediatrični kliniki v Ljubljani. Prvič so bile delno objavljene v Zdravniškem vestniku leta 2011.

during childhood helps prevent obesity in teenagers and adults. It can also reduce morbidity and mortality in adulthood. This paper presents guidelines on regular physical activity for healthy children and adolescents, since the latest results demonstrate a decline and differences in physical activity among Slovenian children. Our aim is to show how often and with what intensity children should be physically active.

UVOD

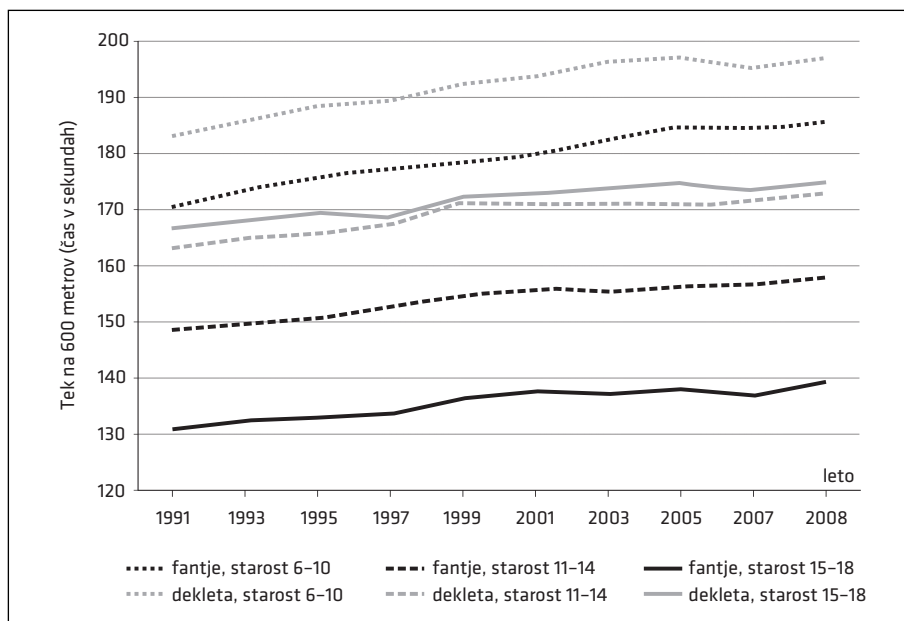
Danes vemo, da ima telesna aktivnost ugodne učinke na zdravje, prav tako pa lahko zmanjša obolevnost in smrtnost (1, 2). Telesna aktivnost pomaga pri nadzoru nad telesno težo, izboljša uravnavanje maščob v krvi in pomaga pri uravnavanju telesnega maščevja, dviguje raven varovalnega holesterola: lipoproteina velike gostote (angl. *high density lipoprotein*, HDL) in niža raven škodljivega holesterola: lipoproteina majhne gostote (angl. *low density lipoprotein*, LDL) ter zmanjšuje neobčutljivost na inzulin in povečuje kostno gostoto (3).

Aktiven življenjski slog v otroštvu pripomore k preprečevanju debelosti pri mla-

dostnikih, kar hkrati pomembno zmanjša smrtnost odraslih. Zdrav odnos do telesne aktivnosti se razvije že do 12. leta starosti (4, 5). Telesno aktivni otroci so kasneje tudi telesno aktivni mladostniki in odrasli, manjkrat pa tudi posegajo po tobacnih izdelkih in alkoholu (3, 6–8).

Aerobna vadba in vadba za mišično moč sta pomembni tudi za otroke in mladostnike s kroničnimi obolenji, saj zmanjšujeta utrujenost in izboljšujeta kakovost življenja (9).

Starši morajo skrbeti za redno telesno aktivnost otrok. Biti pa jim morajo tudi zgled, saj jih otroci opazujejo, posnemajo in se od njih učijo (10–12). Naloga vzgojno-izo-



Slika 1. Upad zmogljivosti otrok in mladine v starosti od 6 do 18 let pri teku na 600 metrov v zadnjih dveh desetletjih.

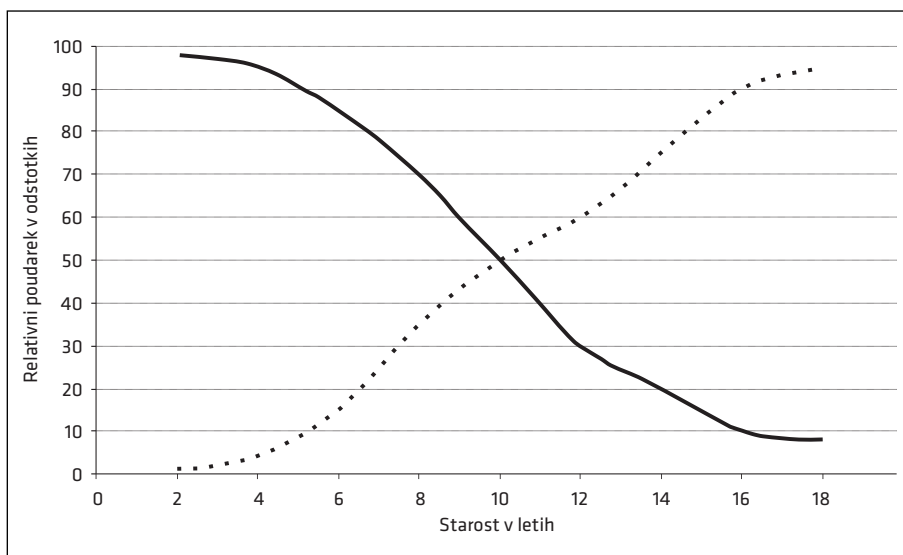
braževalnega sistema (vrtec, osnovna in srednja šola) pa je seveda, da otroci in mladostniki pri rednem pouku in dodatnih športnih aktivnostih usvojijo različne gibalne spretnosti, spoznavajo pozitivne učinke telesne aktivnosti in si pridobivajo trajne športne navade (13).

Zaradi upada in čedalje večjih razlik v telesni zmogljivosti slovenskih otrok (slika 1) smo oblikovali smernice o telesni aktivnosti otrok in mladostnikov, da bi tako zdravnikom, učiteljem športne vzgoje, trenerjem in staršem prikazali, kakšna vadba je najprimernejša za posamezne razvojne stopnje, kako pogosto in s kakšno intenzivnostjo naj bi otroci in mladostniki vadili, tako da ne bi bilo ogroženo njihovo zdravje, hkrati pa bi vadba imela pozitivne učinke na zdravje in na gibalni razvoj otrok in mladostnikov. Smernice se nanašajo na zdrave otroke in mladostnike, navedeni obseg telesne aktivnosti pa je dodatek njihovim vsakodnevnim telesnim aktivnostim, kot so: hoja v šolo/vrtec, gibanje med šolskimi odmori oz. v vrtcu in pouk športne vzgoje.

PRILAGAJANJE OBLIK TELESNE AKTIVNOSTI STAROSTI OTROKA

Kdaj pričeti z določeno telesno aktivnostjo, ni odvisno le od biološke starosti otroka, saj se lahko fiziološki razvoj posameznega otroka močno razlikuje od razvoja vrstnikov. Prav zato morajo učitelji ustrezno opredeliti vadbo glede na zrelost, sposobnosti, znanje in motivacijo otrok. Gibalni razvoj je proces, v katerem otrok ali mladostnik usvaja gibalne vzorce in spretnosti ter razvija gibalne sposobnosti (moč, hitrost, ravnotežje itd.).

Za otroke naj bi bile telesne aktivnosti zabavne, obenem pa izziv, zaradi katerega se potrudijo in dosežejo zastavljene cilje. Z rastjo, dozorevanjem in z izkušnostjo lahko v telesno vadbo vključujemo tudi kompleksnejše in bolj specializirane gibalne naloge, ki so potrebne v različnih športih (športne igre, plavanje itd.). Pri športni aktivnosti se najprej osredotočamo na gibalni razvoj, kasneje pa vključujemo gibalne in funkcionalne sposobnosti: moč, gibljivost, koordinacijo, hitrost, ravnotežje in vzdržljivost (slika 2) (14).



Slika 2. Spreminjanje namena in vsebine telesne aktivnosti glede na starost otrok in mladostnikov. Razvoj gibalnih sposobnosti (polna črta), srčno-žilna in mišična vzdržljivost ter vaje za moč (črtkana črta).

Vadba za otroke v starosti od treh do šestih let

Otroci te starostne skupine usvajajo številne gibalne spretnosti. Z aktivnostjo postaja njihovo ravnotežje vse boljše ter gibanje bolj koordinirano in ritmično. Pri treh do štirih letih usvojijo osnovne vzorce plezanja, teka, skokov, metanja predmeta in lovljenja žoge. Lahko stojijo in skačejo na eni nogi ter izvajajo manj zahtevna sestavljena gibanja (teniški udarci, smučarski zavoji, osnovni elementi borilnih veščin, različni skoki itd.). Pri izvajanju zelo natančnih gibanj, ki vključujejo fino motoriko pa imajo še težave. Seveda je pridobivanje teh spretnosti odvisno od možnosti in priložnosti za izvajanje in učenje gibalnih spretnosti (15).

Igra predstavlja to, kar otroci v tem obdobju počnejo, zato je to oblika učenja ter spoznavanja telesa in gibalnih možnosti. Tekmovanja jih ne zanimajo. Otroci te starosti so zelo aktivni in polni energije (raje tečejo kot hodijo), vendar pa potrebujejo krajše odmore. Sposobni so le kratkotrajne pozornosti in vse to moramo upoštevati, ko se organizira njihova vadba. Interesi in sposobnosti deklic in dečkov so zelo podobni, zato naj vadijo skupaj. Treba je poudariti vadbo za roke, ramenski obroč in trup. Zaradi zdravega razvoja stopal naj vadba poteka tako, da so otroci bos, vadba pa naj se izvaja po različno strukturirani podlagi. Ob koncu tega obdobja je treba vključevati aktivnosti, ki poudarjajo bilateralnost, in aktivnosti, kjer se poudarja koordinacija vida in dejavnosti rok (15).

Vadba za otroke v starosti od sedem do deset let

Otroci te starosti nadgrajujejo temeljne gibalne spretnosti in pričnejo z izvajanjem zahtevnih in specifičnih gibanj. Športna vadba v tem obdobju vključuje tudi akrobatske in gimnastične prvine na orodju, atletiko, plavanje, igre z žogo in loparji, igre z elementi borilnih veščin itd. Še vedno

športna vadba temelji na igri in otrokom zabavnih oblikah vadbe. Telesna rast je enakomerna in omogoča dobro usklajenost živčno-mišičnega sistema ter s tem ugoden razvoj tistih gibalnih sposobnosti, pri katerih je pomemben natančen nadzor gibanja (npr. koordinacija, hitrost, gibljivost, ravnotežje, natančnost). Izogibamo se ozki usmerjenosti vadbe le na določene gibalne strukture ene športne panoge, saj raznovrstnost gibalnih nalog v tem obdobju pomeni širitev gibalnih izkušenj (15).

Otrokom je treba ponuditi veliko možnosti, da se v gibanju izpopolnijo do stabilne, učinkovite in tekoče izvedbe v različnih okoliščinah, s tem namreč usvajajo nova kompleksna gibanja. Tekmovanje postane pomemben del športne aktivnosti, saj se otroci te starosti radi primerjajo med seboj. Poudarjamo pravilnost izvedbe vaj. Z igro bodo otroci razvijali tudi mišično moč in vzdržljivost (15).

Vadba za otroke starosti 10–15 let

Gibalne sposobnosti otrok so dovolj razvite, da lahko sodelujejo v večini športov. Pri tistih, kjer je prisoten telesni stik s soigralci (nogomet, košarka, rokomet – t. i. kontaktni športi), je treba poskrbeti za varnost otrok (prilagojena pravila in uporaba ustrezne zaščitne opreme) in učenje ustrezne igralne tehnike (npr. igranje z glavo pri nogometu).

Pubertetni razvoj je povezan s pospešenim razvojem mišične moči, hitrosti in vzdržljivosti, kar je osnova za pričetek vadbe, ki vključuje srčno-dihalno in mišično vzdržljivost (aerobno vadbo) ter vadbo za moč. Zaradi hitre rasti kosti, kit, vezi in mišic je v tem obdobju zelo pomembna tudi skrb za dobro gibljivost (15).

Zaradi hitre in neenakomerne rasti je dinamika razvoja koordinacije, ravnotežja, natančnosti in spretnosti nekoliko upočasnjena. Pubertetno obdobje prinaša tudi velike razlike v biološkem razvoju (zgodnje in pozno odraščajoči) znotraj in med obema spoloma (16).

Tekmovanja so sestavni (čeprav ne nujni) del športne aktivnosti. Upoštevati moramo, kako na otrokov čustveni razvoj vpliva zmaga ali poraz in jih na zahtevnost ter pomen tekmovanj ustrezno pripraviti. Pozitiven pristop k športni vadbi vključuje predvsem navajanje mladih na pravilen odnos do poti, ki vodi do uspeha. Učitelj ali trener naj usmerjata športnike k tekmovanju s samim sabo, v prizadevanje za najboljši osebni rezultat in v premagovanje prejšnjih ravni doseženih rezultatov.

Le s pravilnim pedagoškim pristopom in z ozaveščanjem o pomenu telesne aktivnosti se bomo izognili vedno izrazitejšemu trendu upadanja stopnje telesne aktivnosti v tej starostni skupini. Zelo nazoren primer tega je opravičevanje pri urah športne vzgoje (22).

Vadba za mladostnike starosti 15–18 let

Usvojen gibalni spretnosti in bolj ali manj zaključen bio biološki razvoj daje mladostniku vse možnosti za učinkovito in varno izvajanje razvrstitev progačevadbe za zdravje.

V tabeli 1 so predstavljeni osnovni napotki za izbiro pri merilih vsebin za otroke različnih starosti skupin, ki upoštevajo značilnosti razvoja v otroškem obdobju.

STRUKTURA ŠPORTNE VADBE ZA OTROKE IN MLADOSTNIKE

Program varnosti in otrokovega razvoja pri lažji vadbi vključuje: ogrevalne, aerobno vadbo, vadbo za moč, vadbo za gibljivost in koordinacijo gibanja ter na koncu ohlajanje oz. vadbo za psiho fizično umiritev (23).

Tabela 1. Nekatere primerne vsebine telesne aktivnosti glede na starost otrok in mladostnikov.

| Starost otroka | Ustrezne gibalne vaje |
|----------------|--|
| 3–6 let | <ul style="list-style-type: none"> osnovna naravna gibanja (hoja, tek, skoki, meti), vključena v elementarne igre in poligone ravnotežne vaje plazenja, lazenja, valjanja, prevali in vrtenja plezanja po igralih in plezalih vožnja s kolesom, skirojem, rolanje, kotalkanje, drsanje igre v vodi, privajanje na vodo metanja, lovljenja in poigravanja z žogo z rokami brcanja in poigravanja z žogo z nogami osnovna udarjanja predmetov (žogic) z loparji |
| 7–10 let | <ul style="list-style-type: none"> osnovne tehnike plavanja smučanje in smučarski tek rolanje, drsanje ples, ritmična gimnastika elementi športne gimnastike osnovne atletske aktivnosti osnovni elementi športnih iger z žogo in loparji <p>Lahkotne oblike vadbe (majhen obseg, nizka intenzivnost) za razvoj temeljnih gibalnih sposobnosti.</p> |
| 10–15 let | <p>Vse športne zvrsti glede na prej usvojene spretnosti in raven posameznikove zmogljivosti. Postopno vse večji pomen dobivajo vsebine za razvoj gibalnih sposobnosti in telesne zmogljivosti otroka ali mladostnika: hitrost in agilnost, srčno-žilna in mišična vzdržljivost, mišična moč, gibljivost.</p> |
| po 15. letu | <p>Vse športne panoge glede na prej usvojene spretnosti in raven posameznikove zmogljivosti. Vadba za zdravje in nadaljnji razvoj telesne zmogljivosti (kondicije).</p> |

Ogrevanje

Ogrevanje pred vadbo je pomembno zaradi ogretja tkiv, kar poveča njihovo prožnost, srčni utrip in obtok krvi v mišice. Višja je tudi hitrost odvijanja energijskih procesov v mišicah (17).

Ogrevanje naj traja približno 15 minut in naj vključuje od tri do pet minut dinamičnega gibanja (običajno tek, lahko pa tudi poskoke in druga dinamična gibanja) z intenzivnostjo med 40 % in 60 % največje srčne frekvence otroka (24, 25). Temu sledijo dinamične raztezne gimnastične vaje za glavne mišične skupine in nekaj krepilnih vaj. Raztezne gimnastične vaje izvajamo tako, da amplitude giba niso največje, saj tako zmanjšujemo nevarnost poškodb.

Aerobna vadba

Najprimernejši program aerobne aktivnosti vključuje nepretrgano in tudi intervalno telesno aktivnost. Priporočljive so predvsem ciklične aktivnosti, ki zahtevajo uporabo velikih mišičnih skupin (tek, kole-

sarjenje, plavanje, veslanje itd.) (18). Vadba vpliva na aerobno učinkovitost otrok le, če je dovolj intenzivna in obsežna (19). Pomembna pa sta tudi pogostnost in skupni obseg vadbe. Otroci naj bodo telesno aktivni vsak dan v tednu vsaj eno uro, intenzivnost vadbe pa naj bo zmerna do visoka (20–22). Telesna aktivnost višje intenzivnosti bi se morala izvajati vsaj trikrat na teden (23).

Intenzivnost telesne aktivnosti se na splošno deli na nizko, zmerno ali visoko na osnovi razlik v porabi energije pri vadbi in pri počitku, kar se imenuje metabolni ekvivalent (angl. *Metabolic Equivalent of Task*, MET). Zmerna do visoka intenzivnost vadbe zahteva 5–9 MET oz. 70–85 % največje srčne frekvence (24, 25).

Raziskave kažejo, da je pri otrocih potrebna višja intenzivnost vadbe za iste pozitivne učinke kot pri odraslih (26). Največja srčna frekvenca pri otrocih je neodvisna od starosti. Podatki iz raziskav navajajo vrednosti največjega srčnega utripa pri otrocih med 200 do 205 utripov/minu-

Tabela 2. Nekatere oblike zmerne in visoke aerobne obremenitve pri telesni aktivnosti otrok in mladostnikov.

| Intenzivnost ^a | Starostna skupina | |
|---------------------------|---|---|
| | Otroci | Mladostniki ^b |
| Zmerna | <ul style="list-style-type: none"> • rolkanje, rolanje, kotalkanje • kolesarjenje (za vsakdanja opravila) • hitra hoja • lahkotno preskakovanje kolebnice • plezanja | <ul style="list-style-type: none"> • rolkanje • hitra hoja • kolesarjenje (za vsakdanja opravila) • pohodništvo • lahkotno preskakovanje kolebnice |
| Visoka | <ul style="list-style-type: none"> • elementarne igre, ki vključujejo dinamična gibanja (lovljenja, tekalne igre, štafete, moštvene igre) • kolesarjenje (hitrejšje, po razgibanem terenu) • tek • pohodništvo • plavanje • tek na smučeh • športne igre in igre z loparji (tenis, badminton itd.) | <ul style="list-style-type: none"> • kolesarjenje (hitrejšje, po razgibanem terenu) • tek, rolanje, kotalkanje • preskakovanje kolebnice • športne igre (nogomet, hokej, košarka, tenis) • tek na smučeh • dinamičen ples • plavanje • aerobika • veslanje • gornišstvo |

^a Pri večini cikličnih aktivnosti lahko s spreminjanjem hitrosti, npr. hoje, stopnjujemo tudi intenzivnost vadbe, saj enako razdaljo poskušamo prehoditi v čim krajšem času. Zato je treba tabelo smotrno uporabljati.

^b Mladostniki lahko izvajajo vse aktivnosti tako zmerne kot visoke intenzivnosti, ki so se jih priučili že kot otroci. V tabeli je opredeljeno, v katerem starostnem obdobju začnemo z uvajanjem novih gibalnih elementov.

to (27, 28). Na podlagi tega za otroke in mladostnike svetujemo delovni srčni utrip med 140 in 170 utripov/minuto. Hitra hoja, kolesarjenje in dinamične igre na igrišču ali v naravi (lovljenja, štafete, moštvene igre) običajno ustrezajo tem zahtevam (29).

Za telesno neaktivne otroke, ki šele pričnajo s programom vadbe, se priporoča postopno doseganje teh meja in to s podaljševanjem trajanja telesne aktivnosti za 10% vsak teden. Zelo pogosto starši naredijo napako, ker želijo hitro doseči cilje. To prinaša s seboj tudi zahteve po preveč telesne aktivnosti prevelike intenzivnosti, kar pa lahko pri otrocih pripelje do športnih poškodb in do zasičenosti z vadbo (30). Primeri zmerne in visoke aerobne obremenitve pri telesni aktivnosti so navedeni v tabeli 2.

Vadba za moč

Ločimo vadbo za jakost in moč. Jakost predstavlja sposobnost mišice, da razvije silo, medtem ko predstavlja mišična moč sposobnost mišice, da razvito silo vzdržuje določeno časovno obdobje. Čeprav večina povezuje vadbo za moč z vadbo z utežmi, temu ni nujno tako. Pri vadbi za moč uporabljamo različne oblike mišične obremenitve z namenom povečanja zmoglosti posameznika, da proizvaja lastno mišično silo ali pa se upira zunanji sili (31).

Tudi ta vadba lahko predstavlja del otrokove igre, v katero so vključene naravne oblike gibanj na igralih ali v naravnem okolju (plezanje, vlečenje, skoki, potiskanja, nošenja itd.) ter vsakodnevne gibalne obremenitve, ali pa je strukturirana v obliki krepilnih gimnastičnih vaj: s premagovanjem lastne teže (sklece, dviganje trupa, počepi itd.), z raztezanjem elastičnih trakov, z dvigovanjem prostih uteži in z vadbo na fitnes napravah (31–33). Vadba za moč naj se vključuje v program aerobne vadbe vsaj trikrat na teden. Nekatere oblike gibanj, ki se lahko pri različnih starostnih skupinah uporabijo pri vadbi za moč, so navedene v tabeli 3.

Vadba za moč je najbolj nasprotujoče področje telesne aktivnosti otrok in mladine. V večini starejših raziskav ta sestavina telesne aktivnosti ni bila vključena v vadbene programe. Leta 1998 je ACSM (angl. *American College of Sports Medicine*) izdal smernice o otroški vadbi za moč, ki navajajo pozitivne učinke vadbe za moč. Ugotovljeno je bilo, da je vadba za moč lahko varna in primerna oblika telesne aktivnosti za otroke, seveda pod pogojem, da se izvaja pod nadzorom in po ustreznem programu. Smernice tudi poudarjajo, da se vadba za moč pri otrocih razlikuje od tekmovalnega dvigovanja uteži, kjer se skuša dvigniti največje breme, kar vsekakor ni primerna

Tabela 3. Nekatere oblike vadbe moči (gimnastične vaje in naravne oblike gibanja) za otroke in mladostnike.

| Starostna skupina | |
|--|---|
| Otroci | Mladostniki |
| <ul style="list-style-type: none"> • vlečenje vrvi • sklece v opori klečno • dviganje trupa iz leže na hrbtu ali trebuhu • počepi, poskoki • skoki v globino • plezanja • dviganja in nošenja bremen • plazenja in lazenja • meti različnih predmetov | <ul style="list-style-type: none"> • vlečenje vrvi • sklece in zgibe • dviganje trupa iz leže na hrbtu ali trebuhu • počepi, poskoki • skoki v globino • plezanja • dviganja in nošenja težjih bremen ter partnerja • vaje z elastičnimi trakovi, na fitnes napravah in s prostimi utežmi • borilne igre |

oblika aktivnosti za otroke. Podobne smer - nice je nekaj let pred tem izdala tudi NSCA (angl. *National Strength and Conditioning Association*), leta 2009 pa jih je tudi posodobila (34). Med zadnja navodila o vadbi za moč pri otrocih sodijo navodila AAP (angl. *American Academy of Pediatrics*), ki poudarjajo varnost pri vadbi za moč in navajajo, da se večina poškodb, povezanih z vadbo moči, zgodi na domačih fitnes napravah ter da so pri tem največkrat poškodovane roke, ledveni del hrbtenice in zgornji del trupa (40).

Vadbe za moč naj ne bi izvajali otroci, ki so prejeli kemoterapijo z antraciklini, zaradi toksičnega vpliva teh zdravil na srce, otroci s kardiomiopatijami, Marfanovim sindromom in povišanim krvnim tlakom (35).

Otroci in mladostniki, ki vadijo za moč, se morajo pred vadbo primerno ogreti. Vaj za posamezne mišične skupine se morajo najprej naučiti brez bremen, in šele ko je izvedbena tehnika usvojena, lahko začnejo z vadbo sprva z lastno težo, nato pa še z dodajanjem zunanjega bremena. Otroci in mladostniki lahko izvajajo dva do tri nize z 8–15 ponovitvami z eno do dvominutnim odmorom med serijami, dva do trikrat na teden. Nizi in ponovitve ne predstavljajo nujno vadbe z utežmi, temveč tudi vse oblike vadbe za moč, ki so navedeni; dva do trije nizi z 8–15 dvigov trupa, sklec ali počepov ali 8–15 skokov pri dveh do treh ponovitvah štafetne igre (31, 36).

Veliko tveganje pri vadbi za moč je povezano z različnimi prehranskimi dodatki, ki jih otrokom in mladostnikom z namenom izboljšanja njihove telesne zmogljivosti ponujajo med vadbo in po njej. Tako AAP kot tudi ACSM ostro obsojata uporabo teh snovi pri otrocih in mladostnikih, saj ob ustrezni prehrani in primer - no odmerjeni telesni aktivnosti, pripravkov za regeneracijo in povečanje športnih zmogljivosti otroci in mladostniki ne potre - bujejo (29, 30).

Vadba za gibljivost

Vadba gibljivosti povečuje razpon gibov v sklepih na osnovi dveh poglobitnih učinkov na mišično-kitni stik: nevrološkega in biomehanskega. Povečanje gibljivosti dosežemo z razteznimi gimnastičnimi vajami, pri katerih se doseže največji razpon giba, vendar pa je seveda tudi tokrat izjemno pomembno pravilno ogrevanje. Uporabljajo se statične raztezne vaje, ker je pri njih nadzor nad raztezanjem lažji in omogočajo večjo sproščenost mišic (37). Vaje naj omogočajo pasivno ohranjanje ravnotežja (oprimemo ali naslonimo se na oporo). Pomembno je, da se izogibamo tistim položajem, kjer raztezamo vezi in sklepne ovojnice, katerih naloga je povečati stabilnost sklepa. Raztezanje vezi manjša stabilnost sklepa in večja možnost poškodb sklepa. Vadba naj bi se izvajala dva do trikrat tedensko, pri čemer naj bi posamezni razteg trajal 15–30 sekund (za začetnike tudi do 60 sekund), vsako mišico oz. mišično skupino pa se raztegne vsaj štirikrat (38–40). Raztezne gimnastične vaje uporabljamo tudi že za ogrevanje (predvsem dinamične raztezne vaje z manjšimi razponi) in v sklopu psihofizične umiritve.

Umirjanje po vadbi

Umirjanje zajema lahkotno vadbo, ki omogoča postopen prehod z intenzivne vadbe na nižjo raven delovanja telesa. V odvisnosti od intenzivnosti osrednjega dela vadbe lahko umirjanje vključuje lahkoten tek, hojo, raztezne vaje ali celo elementarne igre, ki niso preveč dinamične (29). Aktivno umirjanje in sproščanje pomagata pri sprostitvi mišic in njihovi hitrejši obnovi (mlečna kislina) ter omogočata postopno umiritv srčnega utripa na vrednosti, ki so običajne za mirovanje (41). Kljub nekaterim pozitivnim učinkom pa umirjanje ne more preprečiti nastanka odložene mišične utrujenosti, čeprav se jo na tak način skrajša (47). V sklopu umirjanja se lahko začne tudi z nadomeščanjem tekočine in energijskih potreb telesa.

TELESNA AKTIVNOST OTROKA IN MLADOSTNIKA ŠPORTNIKA

Veliko mladostnikov v Sloveniji je na seznamu kategoriziranih športnikov pri Olimpijskem komiteju Slovenije. Ker tudi sicer veliko otrok in mladostnikov sodeluje v tekmovalnem športu, podajamo napotke za vadbo otroka športnika, ki temeljijo na stališču Medicinske komisije Mednarodnega olimpijskega komiteja (36). Njihov osnovni cilj je varovanje zdravja otroka športnika, namenjeni pa so staršem otrok, njihovim trenerjem, zdravnikom in drugim, ki sodelujejo pri delu otrok športnikov.

Najprimernejši aerobni trening naj bi se izvajal tri do štirikrat tedensko, 40–60 minut, pri 85–90 % največje srčne frekvence. Ustrezen anaerobni trening naj vključuje intervale visoke intenzivnosti in kratkega trajanja. Intenzivnost naj bo nad 90 % največje srčne frekvence, trajanje pa do 30 sekund (36). Še varna vadba za moč naj vključuje uravnoteženo krepitev določenih mišičnih skupin in se izvaja dva do trikrat tedensko, v dveh do treh nizih, z osmimi do petnajstimi ponovitvami, pri obremenitvi 60–85 % največje teže, ki jo lahko posameznik dvigne pri enkratni ponovitvi. Vadba gibljivosti naj zajema predvsem statične postopke raztezanja.

Mladim športnikom mora biti zagotovljena tudi pomoč športnega psihologa, ki naj poskrbi za ustrezno motivacijo, samozaupanje in zlasti obvladovanje čustev ter realno postavljanje ciljev. Pri otrocih in mladostnikih športnikih bi radi izpostavili pomen rednih zdravniških pregledov, saj mora biti otrok ali mladostnik ob že kar precej visoki intenzivnosti vadbe popolnoma zdrav (42).

TELESNA AKTIVNOST OTROK IN MLADOSTNIKOV V TOPLEM OKOLJU

Ustrezen vnos in nadomeščanje tekočine sta pri otrocih in mladostnikih zelo pomemb-

na, zlasti zaradi slabše delujočih mehanizmov uravnavanja telesne temperature. Skupna količina izločenega znoja in količina potenja na telesno površino je pri otrocih manjša kot pri odraslih, kar otežuje izgubo toplote s potenjem – evaporacijo med telesno aktivnostjo. Pri telesnih aktivnostih v toplem okolju otroci redko popijejo dovolj tekočine, kar lahko vodi v izsušitev in hipertermijo hitreje kot pri odraslem (43).

V literaturi ni jasnih napotkov o tem, koliko naj otrok pije med telesno aktivnostjo. Brukkner svetuje, naj otroci do desetege leta popijejo 150–200 ml tekočine 45 minut pred vadbo, nato pa 75–100 ml na vsakih 20 minut vadbe (50). Po 15. letu količino popite tekočine povečamo na 300–400 ml pred vadbo in 150–200 ml med vadbo vsakih 20 minut. Študije kažejo, da otroci pijejo več in so bolj hidrirani, če se jim ponudi športne napitke, kot pa če se jim ponudi samo vodo.

ZAKLJUČEK

Otroci in mladostniki naj bodo vsak dan športno aktivni. Vadba naj bo zmerno do visoko intenzivna in naj traja vsaj 60 minut. Otroku primerna vadba naj vključuje ogrevanje na začetku vadbe ter umirjanje in sproščanje ob zaključku. Tudi vadba za moč ima svoje mesto v dobro načrtovani vadbi, saj pomembno izboljša učinke aerobne vadbe.

Spodbujanje telesne aktivnosti med otroki in mladostniki bi moralo biti na državni ravni intenzivnejše kot do sedaj, saj bo le tako mogoče uresničiti sicer dobro zamišljene smernice o strategiji spodbujanja telesne aktivnosti in cilje predlagane ga nacionalnega programa športa (44). Hkrati je treba izboljšati družbeni odnos do telesne aktivnosti, saj se bodo le na tak način izboljšali zdravstveno stanje in delovne sposobnosti odrasle populacije.

LITERATURA

1. Blair SN, Kohl HW 3rd, Barlow CE, et al. Changes in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA*. 1995; 273 (14): 1093–8.
2. Haskell WL, Leon AS, Caspersen CJ, et al. Cardiovascular benefits and assessment of physical activity and physical fitness in adults. *Med Sci Sports Exerc*. 1992; 24 (6 Suppl): S201–20.
3. Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for school and community programs to promote lifelong physical activity among young people. *MMWR Recomm Rep*. 1997; 46 (RR-6): 1–36.
4. Gillander Gådin K, Hammarström A. Can school-related factors predict future health behaviour among young adolescents? *Public Health*. 2002; 116 (1): 22–9.
5. Strel J, Kovač M, Jurak G. Physical and motor development, sport activities and lifestyles of Slovenian children and youth—changes in the last few decades. In: Brettschneider W-D, Naul R, eds. *Obesity in Europe*. Frankfurt am Maine: Peter Lang; 2007. p. 243–64.
6. Bar-Or O. Childhood and adolescent physical activity and fitness and adult risk profile. In: Bouchard C, Shephard R Jr, eds. *Physical activity, fitness and health: international proceedings and consensus statement*. Champaign: Human Kinetics Publishers; 1994. p. 931–42.
7. Videmsek M, Stihec J, Karpljuk D, et al. Sport activities and smoking habits among the youth in slovenia. *Gymnica*. 2003; 33 (2): 23–8.
8. Jurak G. Sporting lifestyle vs. «cigarettes & coffee» lifestyle of Slovenian high school students. *Anthropol Noteb*. 2006; 12 (2): 79–95.
9. Basso RP, Jamami M, Labadessa IG, et al. Relationship between exercise capacity and quality of life in adolescents with asthma. *J Bras Pneumol*. 2013; 39 (2): 121–7.
10. Sergeev MI, Stolyarov VI, Gendin AM. The role of the family in the physical education of preschool children. *Int Rev Sociol Sport*. 1988; 23 (2): 153–66.
11. Burnik S, Košir B, Topič MD, et al. Mountaineering of Children with regard to their Natural and Social Environment. *International Journal of Physical Education*. 2007; 44 (4): 159–65.
12. Jurak G, Kovac M, Strel J. Spending of summer holidays of Slovenian secondary school children. *Acta U Carol – Kinanthropologica*. 2002; 38 (1): 51–66.
13. Hardman K, ed. *Trend in physical education and society: Challenges for the physical education*. Proceedings of the 4th International Scientific Conference on Kinesiology: Science and Profession—Challenge for The Future; 2005 Sep 2–7; Opatija, Croatia. Zagreb (Croatia): Faculty of Kinesiology, University of Zagreb; c2005.
14. Malina RM, ed. *Fitness and performance: adult health and the culture of youth*. Proceedings of Sixty-second Annual Meeting; 1990 Mar 27–Mar 28; New Orleans, Louisiana. Champaign (Illinois): Human Kinetics Books; c1991.
15. Bačanac L, Škof B, Stepančić D, et al. Šport po meri otrok in mladostnikov: pedagoško-psihološki in biološki vidiki kondicijske vadbe mladih. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport; 2007.
16. Kovač M, Jurak G, Strel J, et al. Comparison of motor development of boys and girls aged 11–17. *J Hum Kinet*. 2003; 10 (5): 63–75.
17. Jeffreys I. Warm-Up and Stretching. In: Baechle TR, Earle RW, eds. *Essentials of Strength Training and Conditioning*. 3rd ed. Champaign: Human Kinetics; 2008. p. 296–7.
18. Pate RR, Pratt M, Blair SN, et al. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA*. 1995; 273 (5): 402–7.
19. Baquet G, Berthoin S, Dupont G, et al. Effects of high intensity intermittent training on peak VO₂ in prepubertal children. *Int J Sports Med*. 2002; 23 (6): 439–44.
20. Strong WB, Malina RM, Bliemkie CJ, et al. Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr*. 2005; 146 (6): 732–7.
21. Fulton JE, Garg M, Galuska DA, et al. Public health and clinical recommendations for physical activity and physical fitness: special focus on overweight youth. *Sports Med*. 2004; 34 (9): 581–99.
22. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc*. 2007; 39 (8): 1423–34.
23. U.S. Department of Health & Human Services: *Physical Activity Guidelines for Americans: Active Children and Adolescents* [internet]. Washington: U.S. Department of Health & Human Service; c2009 [citirano 2009 Nov 16]. Dosegljivo na <http://www.health.gov/paguidelines/guidelines/chapter3.aspx>

24. Riddoch CJ, Bo Andersen L, Wedderkopp N, et al. Physical activity levels and patterns of 9- and 15-yr-old European children. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36 (1): 86–92.
25. Pate RR, Baranowski T, Dowda M, et al. Tracking of physical activity in young children. *Med Sci Sports Exerc.* 1996; 28 (1): 92–6.
26. Armstrong N, Barker AR. Endurance training and elite young athletes. *Med Sport Sci.* 2011; 56: 59–83.
27. Jurak G, Hadzic V, Leskosek B, et al. Peak heart rate of 6–18 years old young people is similar. In: Korkusuz F, Ertan H, Tsolakidis E, eds. *Sport science: where the cultures meet.* Antalya: European College of Sport Science; 2010. p. 625.
28. Riner WF, Sabath RJ. Physical Activity for Children and Adolescents. In: Durstine LJ, Moore GE, Painter PL, eds. *ACSM's Exercise Management for Persons with Chronic Diseases and Disabilities.* 3rd ed. Champaign: Human Kinetics Publishers; 2009. p. 38–44.
29. Pistotnik B. *Vedno z igre: Elementarne in družabne igre za delo in prosti čas.* 4th ed. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport; 2004.
30. Public Health Agency of Canada: Canada's Physical Activity Guide for Children [internet]. Ottawa: Public Health Agency of Canada; c2009 [citirano 2009 Nov 16]. Dosegljivo na http://www.phac-aspc.gc.ca/pau-uap/paguide/child_youth/pdf/guide_k_e.pdf
31. American Academy of Pediatrics Council on Sports Medicine and Fitness, McCambridge TM, Stricker PR. Strength training by children and adolescents. *Pediatrics.* 2008; 121 (4): 835–40.
32. Pistotnik B, Pinter S, Pori M, et al. *Gibalna abeceda: Naravne oblike gibanja v športni praksi.* Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport; 2002.
33. 2008 Physical Activity Guidelines for Americans: Active Children and Adolescents [internet]. Washington: US Department of Health and Human Services; c2009 [citirano 2009 Nov]. Dosegljivo na: <http://www.health.gov/paguidelines/guidelines/chapter3.aspx>
34. Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJ, et al. Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *J Strength Cond Res.* 2009; 23 (5 Suppl): S60–79.
35. Steinherz LJ, Steinherz PG, Tan CT, et al. Cardiac toxicity 4 to 20 years after completing anthracycline therapy. *JAMA.* 1991; 266 (12): 1672–7.
36. Mountjoy M, Armstrong N, Bizzi L, et al. IOC consensus statement: »training the elite child athlete«. *Br J Sports Med.* 2008; 42 (3): 163–4.
37. Pistotnik B. *Osnove gibanja: Gibalne sposobnosti in osnovna sredstva za njihov razvoj v športni praksi.* 2 ed. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport; 2003.
38. American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30 (6): 975–91.
39. Knudson DV. Warm-up and flexibility. In: Chandler TJ, Brown LE, eds. *Conditioning for Strength and Human Performance.* 1st ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008. p. 166–81.
40. Knudson DV, Magnusson P, McHugh M. Current issues in flexibility fitness. *President's Council on Physical Fitness & Sports. Research Digest.* 2000; 3 (10): 1–8.
41. Weltman A, Stamford BA, Fulco C. Recovery from maximal effort exercise: lactate disappearance and subsequent performance. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1979; 47 (4): 677–82.
42. Jurak G, Kovač M. Frequency and characteristics of excuses given by students attending special sports classes of secondary school to avoid participating in physical education class. *Zdrav Var.* 2011; 50 (2): 95–105.
43. Bar-Or O, Dotan R, Inbar O, et al. Voluntary hypohydration in 10- to 12-year-old boys. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1980; 48 (1): 104–8.
44. Jurak G. *Predlog nacionalnega programa športa v Republiki Sloveniji 2011–2020.* Šport: revija za teoretična in praktična vprašanja športa. 2010; 58 (1/2): 133–72.

Maja Mikša¹, Petra Zupet²

Organizacija zdravstvene službe na športnih tekmovanjih in množičnih rekreativnih prireditvah

Medical Coverage of Sports and Recreational Mass Events

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: zdravstvena služba, množične prireditve, športna tekmovanja, ukrepi, nujna medicinska pomoč

Športna tekmovanja in množične rekreativne prireditve sodijo med dogodke s povečanim tveganjem za poškodbe, nenadne srčno-žilne zaplete in druga obolenja, povezana z intenzivno telesno aktivnostjo. Zato je dobra organizacija zdravstvene službe s ciljem zagotavljanja kakovostne primarne in triažne zdravstvene oskrbe udeležencev temeljnega pomena. Organizator tekmovanja oz. prireditve in vodja zdravstvene službe morata pri zagotavljanju zdravstvene oskrbe na terenu ravnati v skladu s slovensko zakonodajo, ki opredeljuje to področje. Ker pa so potrebe oz. pogoji dela zdravstvene službe na takih prireditvah v zakonodaji precej ohlapno in slabo definirani, dobra zdravstvena oskrba temelji predvsem na izkušnjah in znanju vseh sodelujočih. Treba je poznati specifično športne pango, znati narediti oceno tveganja za nastanek bolezni in (specifičnih) poškodb, poznati je treba udeležence tekmovanja, njihove zmogljivosti in zdravstveno stanje in vedeti, kakšne učinke ima lahko specifično okolje (mraz, vročina, vlažnost) na človeški organizem med intenzivno telesno aktivnostjo.

ABSTRACT

KEY WORDS: medical coverage, sideline assessment, sports events, recreational events, emergency medical care

Sports competitions and massive recreational events are among the events at increased risk for injuries, sudden cardiovascular complications and other diseases associated with intense physical activity. Therefore, good organization of health services with the aim of providing quality primary health care and triage of participants is essential. The organizer of the competition or recreational event and the chief medical officer must act in accordance with Slovenian legislation that defines this area. However, as the needs and working conditions of health services at such events in the legislation are rather vague and not well-defined, good medical care is based primarily on experience and knowledge

¹ Maja Mikša, dr. med., Center za medicino dela, Zavod za varstvo pri delu, Chengdujska cesta 25, 1260 Ljubljana-Polje

² Doc. dr. Petra Zupet, dr. med., prof. šp. vzg., Inštitut za medicino in šport, Zgornje Pirniče 112 a, 1215 Medvode; Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije, Univerza na Primorskem, Glagoljaška ulica 8, 6000 Koper; petra.zupet@gmail.com

of all who are involved in the organization. It is necessary to know the specifics of the sport; to know how to make a risk assessment of diseases and (specific) injuries; to know the participants in the competition, their capacity and health status; and to know what effects can a specific environment (cold, heat, humidity) have on the human body during intense physical activity.

UVOD

Organizator športnega tekmovanja ali množične športno-rekreativne prireditve je dolžan zagotoviti ustrezno zdravstveno oskrbo na tekmovališču iz dveh razlogov. Prvi razlog je, da morajo udeleženci tekmovanja imeti na razpolago takojšnjo ustrezno zdravstveno oskrbo, drugi pa, da lokalne ustanove nujne medicinske pomoči (NMP) zaradi specifičnega dogodka ne smejo biti dodatno obremenjene. Obseg zdravstvene ekipe in potrebne opreme je odvisen od športne panoge, trajanja in intenzivnosti tekmovanja oz. telesne aktivnosti tekmovalcev in okoljskih dejavnikov. Zato se neredko dogaja, da se končna ekipa oblikuje šele tik pred tekmovanjem, kar je seveda treba predčasno predvideti. Vodja zdravniške službe na tekmovanjih mora imeti dovolj izkušenj, da zna vnaprej predvideti število potrebnih posredovanj med tekmovanjem. Pomembno je tudi, da se med tekmovanjem in po njem vsi podatki o poškodovanih/obolelih tekmovalcih beležijo in shranijo. Ti podatki lahko kasneje služijo tudi ocenjevanju trenda skozi več let in primerjavi med različnimi tekmovanji v isti športni panogi. Pričakovan odstotek tistih, ki bodo potrebovali nujno medicinsko oskrbo na tekmovališču, je odvisen od zgoraj naštetih dejavnikov. Na primer, pri teku na 21 km je ta odstotek 0,1–0,5 %, pri teku na 42 km 0,2–2 %, pri kolesarjih in tekačih na smučeh pa okoli 0,5 % (1).

ORGANIZACIJA ZDRAVSTVENE SLUŽBE NA ŠPORTNIH TEKMOVANJIH IN ŠPORTNO-REKREATIVNIH PRIREDITVAH V SLOVENIJI

Zagotavljanje varnosti na športnih tekmovanjih in športno-rekreativnih prireditvah je po veljavni slovenski zakonodaji obvezujoče. Organizator mora delovati v skladu z Zakonom o športu, Pravilnikom o službi nujne medicinske pomoči in Zakonom o javnih zbiranjih (2–4). Organizator športne prireditve mora poskrbeti za varnost vseh udeležencev in gledalcev in zagotoviti NMP (2). To lahko izvaja le v skladu s Pravilnikom o službi nujne medicinske pomoči (3). Ta med drugim določa tudi opremo za ekipo NMP na terenu (ambulanta oz. šotor za NMP), ki obsega (3):

- reanimacijski kovček,
- petlitrsko kisikovo jeklenko s priborom,
- polavtomatski defibrilator (v kolikor v treh minutah ni mogoče zagotoviti defibrilacije) in
- stojalo za infuzijo.

V Sloveniji imajo večji športni objekti predviden prostor, ki v času tekmovanj služi kot ambulanta. Ti prostori v glavnem niso opremljeni in je dolžnost dežurne ekipe na prireditvi, da poskrbi za zgoraj navedeno opremo. V kolikor gre za mednarodno tekmovanje na višjem nivoju, je treba poleg Pravilnika o službi nujne medicinske pomoči glede opremljenosti ambulante upoštevati tudi pravila mednarodne panožne športne zveze.

Poleg osnovne primarne zdravstvene oskrbe v neposredni bližini dogodka mora

biti na prireditvenem prostoru zagotovljen tudi transport (vozilo, helikopter itd.) do najbližje medicinske ustanove za nadaljnjo oskrbo življenje ogrožajočih stanj. Nujno reševalno vozilo ima po Pravilniku o službi nujne medicinske pomoči predpisano dodatno opremo (3):

- 12-kanalni EKG-monitor z zaslonom, zapisom in defibrilatorjem ter zunanjim srčnim spodbujevalnikom,
- pulzni oksimeter (na akumulator in 220 V),
- prenosni aparat za umetno dihanje,
- zajemalna nosila,
- vakuumske opornice za okončine (en komplet),
- steznik za imobilizacijo hrbtenice v sedečem položaju,
- vratne opornice (vse velikosti),
- desko za imobilizacijo otrok,
- grelnik za infuzije in
- hladilnik za zdravila.

V zadnjih letih so na prireditvah, ki potekajo izven urejenih cestišč, v veliko pomoč motorni štirikolesniki, ki omogočajo hiter dostop do obolelega/poškodovanega tekmovalca na zahtevnejšem terenu, kamor reševalno vozilo ne more priti.

Področje javnih prireditev, tudi športnih, v Republiki Sloveniji ureja Zakon o javnih zbiranjih (4). Zakon določa pogoje, ki jih mora organizator izpolniti za pridobitev dovoljenja za organizacijo prireditve ali shoda. Organizator mora shod oz. prireditev organizirati tako, da:

- bo poskrbljeno za red,
- ne bosta ogrožena življenje in zdravje udeležencev ali drugih oseb oz. njihovo premoženje,
- ne bo ogrožen javni promet in
- ne bo nedopustno obremenjeno okolje.

Zakon o javnih zbiranjih tudi določa, katere prireditve za svojo izvedbo potrebujejo dovoljenje. Dovoljenja na prvi stopnji podeljuje upravna enota, na območju katere se dogodek organizira. Na drugi stopnji odlo-

ča ministrstvo, pristojno za upravo. V primeru športno-rekreativnih prireditev in športnih tekmovanj je dovoljenje potrebno za mednarodno športno prireditev in člansko tekmovanje v kolektivnih športih, če na njem sodeluje vsaj en klub prve državne lige, in/ali prireditvah, kjer se pričakuje več kot 3.000 udeležencev. Po definiciji tega zakona so mednarodne športne prireditve velike mednarodne športne prireditve, kot jih določa zakon, ki ureja področje športa, mednarodna klubska tekmovanja in nastopi reprezentanc, ki se izvajajo pod okriljem mednarodnih ali nacionalnih panožnih športnih zvez in druge športne prireditve v kolektivnih športnih panogah, na katerih sodeluje tuj klub, ki je v prvi državni ligi države, iz katere prihaja. Zakon o javnih zbiranjih naprej določa, da se med športne prireditve v kolektivnih športnih panogah štejejo športna tekmovanja v košarki, nogometu, malem nogometu, rokometu, odbojki, odbojki na mivki, hokeju na ledu, *in-line* hokeju, hokeju na travi, vaterpolu, ragbiju in *baseball* tekme. V okviru vloge za dovoljenje mora organizator priložiti načrt prostorov z vrisano postavitvijo zdravstvenega varstva, pogodbo oz. dogovor o zagotavljanju zdravstvenega varstva in dokazila organizatorja zdravstvene oskrbe, da imajo vsi sodelujoči v zdravstvenem timu ustrezno izobrazbo in opremo. Organizator v vlogi oceni, ali bosta na prireditvi ogrožena zdravje in varnost udeležencev, in če je odgovor pritrdilen, poda še načrt, kako bo poskrbljeno za varovanje zdravja. Pristojni zdravstveni zavod oz. služba NMP prouči predlagane ukrepe in poda strokovno mnenje. Če se predlagani ukrepi razlikujejo od strokovnega mnenja pristojnega zdravstvenega zavoda oz. službe NMP, mora organizator podpisati izjavo, da bo upošteval strokovno mnenje in mu sledil.

Če je organizatorju športne prireditve v kolektivni športni panogi z dovoljenjem naloženo, da mora zaradi posebno velikega tveganja, da bi na prireditvi prišlo do

ogrožanja reda, varnosti življenja in zdravja udeležencev ter drugih oseb, od udeležencev prireditve ob nakupu vstopnic pridobiti osebne podatke (personalizacija vstopnic), lahko zbira le podatke o osebnem imenu, državljanstvu in stalnem ali začasnem prebivališču, in to le od posameznikov, na katere se ti podatki nanašajo. Osebne podatke lahko zbira in obdeluje le skladno s predpisi, ki urejajo varstvo osebnih podatkov, in jih lahko posreduje le policiji za izvrševanje nalog, ki jih ima ta po določbah tega zakona in obvezujočih mednarodnih pogodbah, ki določajo ukrepe za preprečevanje nasilja na športnih prireditvah. Organizator je dolžan zbrane osebne podatke hraniti največ tri mesece od prireditve, nato pa uničiti.

PRIPOROČILA ZA ORGANIZACIJO ZDRAVSTVENE SLUŽBE NA ŠPORTNEM DOGODKU

Športne in rekreativne prireditve predstavljajo določeno tveganje za zdravje. Tip in raven tveganja je odvisna od dejavnikov, kot so stopnja aktivnosti, mesto prireditve, treniranost in spretnost udeležencev, časovna organizacija in število gledalcev. Ne glede na to, za kakšno obliko dogodka ali športno panogo gre, je bistvenega pomena, da je organizator pripravljen na upravljanje z naštetimi dejavniki tveganja (5). Cilj ocene tveganja je preprečiti oz. zmanjšati število poškodb in življenje ogrožajočih stanj. Kljub obstoju zahtevnih načel ocenjevanja tveganja, so le-ta pogosto splošna in s tem neprijemna, tako da imajo pri organizaciji zdravstvene oskrbe veliko vlogo izkušnje (6). Poudarek je na poznavanju športne panoge v smislu pojavnosti, vrste in mehanizma nastanka poškodb ali akutnih življenjsko ogrožajočih dogodkov. Multidisciplinarni tim, ki ga sestavljajo strokovnjaki iz medicine športa, ima pri tem posebno vlogo, ker (pre)pozna specifične potrebe športnika in bi s tega stališča moral biti v čim večji meri vključen v program zdravstvene oskrbe na športnih dogodkih (7). Pravilna primarna

zdravstvena oskrba in kratek odzivni čas sta dejavnika, ki pomembno prispevata k uspešnosti in trajanju tako zgodnje kot pozne rehabilitacije, povratku športnika v igro in preživetje po življenje ogrožajočih dogodkih.

Pri organizaciji športnih tekmovanj oz. športno-rekreativnih prireditev se je treba držati nekaterih načel in priporočil:

- Tekmovanje, ki se odvija zunaj, naj bo organizirano v času, ko okoljski pogoji ne bodo negativno vplivali na sposobnosti ali zdravje tekmovalcev. Vodja zdravstvene službe mora imeti pristojnost, da tekmovanje odpove, če ti pogoji potencialno škodujejo zdravju tekmovalcem.
- Tekmovanje, ki se odvija zunaj, naj bi bilo odpovedano, če je temperatura okolja višja od 28 °C ali nižja od -20 °C.
- Organizator mora pri organizaciji tekmovanj v vzdržljivostnih športih poskrbeti za zadostno ponudbo tekočin z ogljikovimi hidrati na progi.
- Na prizorišču tekmovanja oz. startu in cilju mora biti dovolj prostora za tekmovalce, gledalce in zdravstveno osebje. Slednjemu mora biti omogočen nemoten dostop do tekmovalcev, reševalnega vozila in prost izvoz za vozilo. Pri vzdržljivostnih športih naj bodo postaje prve pomoči 3–5 km narazen in prosto dostopne reševalnim vozilom.
- Udeleženci tako športnih tekmovanj kot rekreativnih prireditev bi morali pred udeležbo na teh tekmovanjih opraviti preventivni zdravstveni pregled. Tako bi zmanjšali tveganje za poškodbe/zdravstvene okvare med tekmovanjem.
- Udeleženci rekreativnih prireditev bi morali pred tekmovanjem izpolniti posebne vprašalnike, kjer bi podali podatke o svojem dotedanjem in trenutnem zdravstvenem stanju.
- Pred rekreativno prireditvijo (običajno so le-te vzdržljivostnega značaja) je smiselno organizirati izobraževanja za udeležence, na katerih se poda nasvete o pravilnem treningu, uživanju ogljikovih hidratov

pred tekmovanjem, uživanju tekočin in hranil med tekmovanjem, telesni aktivnosti ob akutnih obolenjih (npr. povišana telesna temperatura), telesni aktivnosti ob kroničnih obolenjih itd. (8).

- Zdravstveno osebje na prizorišču naj bi imelo pooblastila, da lahko predčasno ustavi oz. odstrani iz igre udeleženca, ki kaže znake, da ni sposoben končati tekmovanja.
- O tekmovanju oz. prireditvi in predvidenem številu napotnih v nadaljnjo oskrbo je treba obvestiti lokalno bolnišnico.
- Zagotoviti je treba ustrezen nujen prevoz v bolnišnico za udeležence, ki so v življenju ogrožajočem stanju (reanimacijsko vozilo, nujno reševalno vozilo, helikopter).

Vodja zdravstvene službe mora že več mesecev pred dogodkom aktivno sodelovati z organizatorjem tekmovanja/prireditve. Le tako lahko sledi vsem načelom, napisanim zgoraj. Vodja zdravstvene službe je v času priprav odgovoren za nabavo medicinske opreme in izbor zdravstvenega osebja, na tekmovanju samem pa je njegova vloga predvsem nadzor in koordinacija dela zdravstvene ekipe. Slednje velja predvsem v primerih, ko se tekmovanje odvija na širokem območju (npr. maratonski tek, kolesarjenje). Odgovoren je tudi za zagotavljanje ustrezne komunikacije med zdravstvenim osebjem in drugimi sodelujočimi na tekmovanju (policija, varnostniki, prostovoljci, sodniki itd.).

Zdravstvena ekipa mora imeti znanja s področja obravnave športnih poškodb in urgentnih stanj. Pravila glede števila zdravnikov na število udeležencev so odvisna od vrste športa. Pri vzdržljivostnih športih (maraton, ultramaraton, *ironman* itd.) obstajajo mednarodna priporočila, po katerih naj bi zdravstvena ekipa na 1.000 tekmovalcev štela približno 20 članov. Od tega naj bi bila vsaj tretjina zdravnikov. V ciljnem

prostoru naj bi se nahajalo 60 % članov ekipe, 10 % na sami ciljni črti in 20 % ob progi. Po progi, v avtomobilih, na kolesih ali motorjih, naj bi patroljiralo 10 % članov zdravstvene ekipe (9).

Ob vrhuncu tekmovanja se na večjih tekmovanjih z 10.000 do 20.000 udeleženci, kot je na primer v Sloveniji Ljubljanski maraton, pogosto zgodi, da v časovni enoti ene minute pomoč zdravstvenega osebja potrebuje od štiri do šest udeležencev. To predstavlja večjo obremenitev, kot jo imajo najbolj obremenjeni travmatološki in drugi urgentni centri, zato mora biti ekipa NMP na taki prireditvi dobro uigrana in mora jasno poznati specifične postopke obravnave obolelih/poškodovanih tekmovalcev ter se ravnati po ustrezni doktrini (10).

Na prireditvah z več kot 3.000 udeleženci in na prireditvah v neugodnih klimatskih razmerah mora biti na tekmovališču prisotno vsaj eno polno opremljeno reševalno vozilo. Za prireditve z manj kot 3.000 udeleženci pa morajo biti o prireditvi obveščeni ponudniki nujnih prevozov in v času prireditve tudi na voljo.

ZAKLJUČEK

Zdravstvena oskrba na množičnih dogodkih mora biti pravočasno načrtovana in organizirana. Vnaprej je treba narediti oceno tveganja, ki izhaja iz več dejavnikov s ciljem dobre zdravstvene oskrbe tako športnikov kot gledalcev. Upoštevati je treba specifičnosti športa in lastnosti športnikov (mladi, starejši, vrhunski, rekreativni itd.), saj to vpliva na pojavnost poškodb in urgentnih stanj. Zdravstveni tim mora biti dobro povezan z organizatorjem, seznanjen s prostori ali krajem, kjer se dogodek odvija, izdelana mora biti podporna mreža za vse morebitne dogodke, ker se le na ta način lahko zagotovi zdravstveno oskrbo na zadovoljivi ravni.

LITERATURA

1. Holtzhausen LM, Noakes TD. Collapsed ultraendurance athlete: proposed mechanisms and an approach to management. *Clin J Sport Med.* 1997; 7 (4): 292–301.
2. Zakon o športu 1998. Uradni list RS št. 22/1998.
3. Pravilnik o službi nujne medicinske pomoči 2008. Uradni list RS št. 106/2008.
4. Zakon o javnih zbiranjih. Uradni list RS št. 64/2011.
5. Risk management for events [internet]. Wellington: Sport New Zealand; c2014 [citirano 2014 Mar 27]. Dosegljivo na: http://www.sportnz.org.nz/Documents/Sector%20Capability/5175-5_SPC_event_risk_management-ff-WEB.pdf
6. Kistler W. [Medical service for sports events]. *Praxis (Bern 1994).* 2013; 102 (17): 1036–44.
7. Brukner P, Khan K. Sports Medicine: The Team Approach. In: Brukner P, Khan K, eds. *Clinical Sports Medicine.* 3rd ed. Sydney: McGraw Hill; 2006. p. 969–75.
8. Speedy DB, Rogers IR, Noakes TD, et al. Diagnosis and prevention of hyponatremia at an ultradistance triathlon. *Clin J Sport Med.* 2000; 10 (1): 52–8.
9. Noakes T. Medical coverage of endurance events. In: Brukner P, Khan K, eds. *Clinical Sports Medicine.* 3rd ed. Sydney: McGraw Hill; 2006. p. 1221–7.
10. Hew-Butler T, Ayus JC, Kipps C, et al. Statement of the Second International Exercise-Associated Hyponatremia Consensus Development Conference, New Zealand, 2007. *Clin J Sport Med.* 2008; 18 (2): 111–21.

Prispelo 17. 7. 2014

Novo protimalarično zdravilo iz skupine spiroindolonov učinkovito odpravi parazitemijo pri odraslih z nezapleteno malarijo

The New England Journal of Medicine, avgust 2014

Novo sintetično protimalarično zdravilo KAE609 iz skupine spiroindolonov je učinkovito odpravilo parazitemijo pri odraslih z nezapleteno malarijo, povzročeno s *Plasmodium vivax* ali *P. falciparum*, je zapisano v poročilu, ki ga je v zadnji julijski številki objavila revija *The New England Journal of Medicine* (N Engl J Med. 2014; 371: 403–10.). Zdravilo so v treh središčih na Tajskem preizkusili v odprti raziskavi, v katero so vključili 10 bolnikov z *vivax* in 11 bolnikov s *falciparum* malarijo. Vsi so tri dni prejeli 30 mg KAE609 v enem oralnem odmerku na dan, potem pa so pričeli s standardnim protimalaričnim zdravljenjem z artesunatom in meflokinom pri okužbi s *P. falciparum* oziroma s klorokvinom in primakvinom pri okužbi s *P. vivax*.

Srednji čas očistka parazitov iz krvi je bil 12 ur v obeh skupinah. Srednja vrednost

razpolovnega časa očistka je bila 0,95 ure pri bolnikih z *vivax* in 0,90 ure pri bolnikih s *falciparum* malarijo. Raziskovalci so za primerjavo poudarili, da so razpolovni čas manj kot 1 uro dosegli le pri 19 od več kot 5.000 južnoazijskih bolnikov, ki so bili zaradi nezapletene malarije zdravljeni z oralnim artesunatom. Približno dve tretjini bolnikov je ob zdravljenju s KAE609 tožilo zaradi navzeje, vendar zaradi tega niso opustili jemanja zdravila.

V isti številki revije (N Engl J Med. 2014; 371: 411–23.) je bilo objavljeno tudi poročilo mednarodne raziskovalne skupine Tracking Resistance to Artemisinin Collaboration, ki je predstavila zaskrbljujoče podatke o širjenju na artemisinine odporne *falciparum* malarije v Aziji in Afriki.

Več kot polovica specializantov kirurgije v ZDA resno razmišlja o izstopu iz programa usposabljanja

JAMA Surgery, avgust 2014

V ZDA že več let opažajo, da vse več specializantov splošne kirurgije prekine usposabljanje in se usmeri v druga, najbrž manj

obremenjujoča področja medicine, pa tudi upadanje interesa za to specializacijo. Rezultati anketne raziskave, ki so jo opravili

raziskovalci iz več središč v ZDA, so pokazali, da več kot polovica specializantov resno razmišlja o izstopu iz programa specializacije splošne kirurgije. Poročilo o raziskavi je bilo objavljeno na spletni strani revije JAMA Surgery (JAMA Surg. 2014; 149 (9): 948–53).

V 13 središčih v ZDA so k sodelovanju v anonimnem anketiranju povabili 371 specializantov splošne kirurgije, od katerih se jih je odzvalo 288 oziroma dobre tri četrtine. Preiskovanci, ki so odgovorili na anke-to, so že opravili od 1 do 7 let usposabljanja (polovica vsaj 3 leta), njihova srednja starost je bila 30 let, 62 % je bilo moških.

Odgovori so pokazali, da je 58,0 % preiskovancev resno razmišljalo o izstopu iz programa specializacije. Najpogostejši razlogi za tako razmišljanje so bili pomanjkanje spanja med kroženjem (50,0 %), pomisleki glede prihodnjega življenjskega sloga (47,0 %) in veliko število ur dela med kroženjem (41,4 %). Preiskovanci so kot dejavnike, zaradi katerih vztrajajo v usposabljanju,

naju, najpogosteje navedli podporo družine ali partnerja (65,0 %), podporo drugih specializantov (63,5 %) in občutek, da dobijo dovolj počitka (58,9 %). Statistična analiza je kot dejavnike, ki so bili najtesneje povezani z resnim razmišljanjem o izstopu iz programa specializacije, med drugim izpostavila višjo starost, ženski spol, leto usposabljanja, usposabljanje v univerzitetnem programu in odsotnost fakultetnega mentorja, po izločitvi medsebojnega vpliva več dejavnikov pa je statistični pomen ohranil le ženski spol (razmerje obojetov 1,2; 95 % razpon zaupanja 1,1–1,3). V 10 letih pred izvedbo raziskave je v vseh 13 središčih iz programa specializacije splošne kirurgije izstopilo povprečno 14,4 % specializantov. Statistična primerjava je razkrila, da so specializanti v treh središčih z največjim osipom (21,6–29,3 %) resno razmišljali o izstopu iz programa skoraj 2-krat pogosteje kot v ostalih (razmerje obojetov 1,8; 95 % razpon zaupanja 1,0–3,0).

Teža samostojne nezgodne poškodbe možganov povezana s tveganjem za vensko trombembolijo

Journal of Trauma and Acute Care Surgery, avgust 2014

Znano je, da je poškodba možganov pri poškodbancu z več nezgodnimi poškodbami dejavnik tveganja za vensko trombembolijo, manj zanesljivo pa je opredeljeno ali k tveganju za ta dogodek prispeva tudi samostojna nezgodna poškodba možganov. Raziskovalci iz bolnišnice Scripps Mercy Hospital v San Diegu, ZDA so zato preučili podatke iz lastnega registra, v katerega od

junija 2006 zajemajo podatke za vse v tej bolnišnici obravnavane odrasle nezgodne poškodovance.

V obdobju do decembra 2011 je bilo v register zajetih 345 poškodovancev s samostojno nezgodno poškodbo možganov, od katerih jih je vensko trombembolijo utrpelo 41 (12 %). Za vsakega od teh poškodovancev so izbrali vsaj enega po izhodiščnih

značilnostih primerljivega poškodovanca, ki ni utrpel venske trombembolije, in tako za statistično analizo, v kateri so ovrednotili povezavo med težo poškodbe glave po točkovniku Abbreviated Injury Scale (AIS) in vensko trombembolijo, oblikovali kontrolno skupino 153 poškodovancev.

V primerjavi s kontrolno skupino so imeli poškodovanci z vensko trombembolijo v povprečju statistično pomembno težjo poškodbo glave tako po točkovniku AIS (4,4 točke proti 3,9 točk) kot po točkovniku Injury Severity Score (20,4 točk proti 16,8 točk). Analiza, v kateri so izločili vpliv dejavnikov, ki prispevajo k pojavu venske trombembolije (kot so mehansko predihavanje, vstavitve centralnega katetra, trajanje operacije več kot 2 uri in prejšnja venska trombembolija), je pokazala, da je bila ver-

jetnost za oceno teže poškodbe glave po točkovniku AIS vsaj 5 točk pri poškodovancih, ki so utrpeli vensko trombembolijo, več kot 5-krat večja kot v kontrolni skupini (razmerje obetov 5,25; 95 % razpon zaupanja 1,59–17,30).

Raziskovalci so zaključili, da rezultati razkrivajo sorazmerje med težo poškodbe in pojavnostjo venske trombembolije tudi pri poškodovancih s samostojno nezgodno poškodbo možganov. Ta ugotovitev po njihovem mnenju upravičuje uvedbo preprečevalnih ukrepov, vključno z zdravljenjem z zdravili, takoj ko je to mogoče.

Poročilo o raziskavi je bilo objavljeno v avgustovski številki revije *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* (*J Trauma*. 2014; 77: 238–42.).

Srčno-žilni dogodek pomembno poslabša izid pri bolnikih z napredovalo kronično boleznijo ledvic

Circulation, avgust 2014

Bolniki z napredovalo kronično boleznijo ledvic so bolj ogroženi zaradi srčno-žilnih bolezni, obenem pa lahko te bolezni tudi kot posledica kronične bolezni ledvic vplivajo na njeno napredovanje v končno odpoved. Raziskovalci iz akademske bolnišnice Sunnybrook Health Sciences Center v Torontu so zato opravili raziskavo, katere cilj je bil ovrednotiti, kako pojav srčno-žilnih dogodkov (srčno popuščanje, srčni infarkt in možganska kap) pri bolnikih s kronično boleznijo ledvic vpliva na pogostost končne odpovedi in umrljivost.

Za retrospektivno raziskavo so uporabili podatke o 2.964 bolnikih s kronično boleznijo ledvic stadija 3–5, ki so bili v letih 2001–2008 obravnavani na nefrološkem oddelku omenjene bolnišnice, je zapisano v poročilu, objavljenem v avgustovski številki revije *Circulation* (*Circulation*. 2014; 130: 458–65.). Njihova povprečna starost je bila 70 let, povprečna vrednost ocenjene glomerulne filtracije pa 35 ml/min/1,73 m². Ob prvem pregledu je imelo 34 % bolnikov sladkorno bolezen, 68 % bolnikov arterijsko

hipertenzijo, 19 % srčno popuščanje ter 44 % okluzivno srčno-žilno bolezen.

V srednjem času sledenja 2,76 let (razpon med skrajnima četrtinama 1,45–4,62 let) je 447 bolnikov (15 %) utrpelo opazovani srčno-žilni dogodek. Bolezen ledvic je v tem obdobju napredovala v končno odpoved pri 318 bolnikih (11 %), 446 bolnikov (15 %) pa je umrlo pred pojavom končne odpovedi ledvic. Statistična analiza je pokazala, da je bila pri bolnikih, ki so utrpeli srčno-žilni dogodek, končna odpoved ledvic več kot 5-krat pogostejša (razmerje tveganj 5,33; 95 % razpon zaupanja 3,74–7,58), tveganje za smrt pred napredovanjem bolezni v končno odpoved ledvic pa več kot 4-krat večje (razmerje tveganj 4,15; razpon zaupanja 3,30–5,23) kot pri ostalih. Bolniki, ki so utrpeli srčno-žilni dogodek, so več kot 12-krat pogo-

steje pred pojavom končne odpovedi ledvic umrli zaradi srčno-žilnega vzroka kot ostali (razmerje tveganj 12,38; razpon zaupanja 8,30–18,45).

Raziskovalci so zaključili, da so srčno-žilni dogodki pri bolnikih s kronično boleznijo ledvic stadija 3–5 pogosti, da pomembno prispevajo k napredovanju bolezni v končno odpoved ledvic in k umrljivosti ter da umrljivost zaradi srčno-žilnih bolezni po srčno-žilnem dogodku tudi po absolutni vrednosti presega pogostost napredovanja v končno odpoved ledvic. V nadaljnjih raziskavah bi bilo po mnenju raziskovalcev treba ugotoviti ali je mogoče ogroženost zmanjšati s primarnimi oziroma sekundarnimi ukrepi za preprečevanje srčno-žilnih bolezni.

Dodatek imunomodulacijskih hranil k enteralni prehrani ne izboljša izidov pri kritično bolnih

The Journal of the American Medical Association, avgust 2014

Več metaanaliz je nakazalo, da je dodajanje imunomodulacijskih hranil kot so glutamin, omega-3 maščobne kisline ali antioksidanti k enteralni prehrani povezano z manj pogostimi infekcijskimi zapleti in boljšim okrevanjem kritično bolnih bolnikov. Randomizirana kontrolirana raziskava, ki je potekala v intenzivnih enotah 14 akademskih središč na Nizozemskem, v Nemčiji, Franciji in Belgiji, ni potrdila, da bi ta ukrep koristil mehansko predihavanim kritično bolnim bolnikom. Rezultati raziskave so bili objavljeni v avgustovski številki revije *The Journal of the American Medical Association* (JAMA. 2014; 312: 514–24.).

Od februarja 2010 do aprila 2012 so v raziskavo vključili bolnike, za katere so ob sprejemu na intenzivno enoto pričakovali, da bodo potrebovali mehansko predihavanje in enteralno prehrano po sondi vsaj 72 ur. S pomočjo naključnega izbora so jih 152 razporedili v skupino, ki je prejela imunomodulacijskimi hranili obogateno enteralno prehrano z veliko vsebnostjo beljakovin, 149 pa v kontrolno skupino, ki je prejela standardno enteralno prehrano z veliko vsebnostjo beljakovin. Zdravniki in bolniki vsebine pripravka niso poznali.

Pojavnost okužb, opredeljenih po merilih ameriških centrov Centers for Disease

Control and Prevention, je bila v skupini, ki je prejela imunomodulacijska hranila, 53 %, v kontrolni skupini pa 52 %. Razlika ni imela statističnega pomena. Med skupinama tudi ni bilo statistično pomembnih razlik po drugih merilih, kot so ocena odpo-vedi organov po točkovniku SOFA, trajanje mehanskega predihavanja, trajanje zdravljenja v intenzivni enoti in trajanje zdrav-

ljenja v bolnišnici. Uporaba z imunomodu- lacijskimi hranili obogatene enteralne pre- hrane je bila v podskupini bolnikov, ki so bili na intenzivno enoto sprejeti zaradi notranje bolezni (in ne po operaciji ali nez- godni poškodbi), povezana s pomembno več- jo umrljivostjo v 6 mesecih sledenja (54 % proti 35 %).

Dva testa razmeroma zanesljivo odkrivata prisotnost prionske beljakovine pri bolnikih s Creutzfeld-Jakobovo boleznijo

The New England Journal of Medicine, avgust 2014

Zanesljiva diagnoza katere koli oblike Creutzfeld-Jakobove bolezni v času bolni- kovega življenja je razmeroma velik izziv. Rezultati dveh raziskav, objavljeni v avgu- stovski številki revije The New England Journal of Medicine, obetajo napredek pri diagnostični obravnavi bolnikov s sumom na to bolezen.

Ameriški in italijanski raziskovalci so predstavili izsledke raziskave (N Engl J Med. 2014; 371: 519–29.), v kateri so s testom, ki je bil razvit za dokaz prionske beljakovine Creutzfeld-Jakobove bolezni v cerebrospi- nalni tekočini, opravili preiskave vzorcev brisa vohalnega epitelija nosne sluznice in cerebrospinalne tekočine bolnikov z ned- vomno ali verjetno Creutzfeld-Jakobovo boleznijo ter kontrolnih bolnikov brez te bolezni. Preiskava brisa nosne sluznice je bila pozitivna pri vseh 15 bolnikih z ned- vomno in pri 13 od 14 bolnikov z verjet- no sporadično obliko Creutzfeld-Jakobove bolezni, ter pri obeh bolnikih z dedno obli-

ko te bolezni. Nasprotno je bil rezultat nega- tiven pri vseh 43 kontrolnih bolnikih. Razi- skovalci so ocenili, da sta občutljivost in specifičnost preiskave brisa nosne sluzni- ce za dokaz Creutzfeld-Jakobove bolezni 97 % (95 % razpon zaupanja 82–100 %) in 100 % (90–100 %). Občutljivost in specifič- nost preiskave cerebrospinalne tekočine sta bili 77 % in 100 %. Raziskovalci so pou- darili, da je bilo število prionskih delcev v brisu vohalnega epitelija nosne sluznice za nekaj velikostnih razredov večje kot v ce- rebrospinalni tekočini.

Mednarodna skupina raziskovalcev pa je predstavila rezultate raziskave, v kateri je preučila prisotnost za variantno obliko Creutzfeld-Jakobove bolezni značilne prion- ske beljakovine v seču bolnikov in kontrol- nih preiskovancev (N Engl J Med. 2014; 371: 530–9.). Ugotovila je, da je bila ta beljako- vina prisotna v vzorcih seča 13 od 14 bolni- kov z variantno obliko bolezni in v nobenem od vzorcev seča 224 bolnikov z drugimi

boleznimi živčevja oziroma zdravih prostovoljcev. Občutljivost in specifičnost te preiskave sta bili tako 92,9 % (95 % razpon zau-

panja 66,1–99,8 %) in 100 % (98,4–100 %). Raziskovalci so poudarili, da je bila količina beljakovine zelo majhna, a merljiva.

Učinka injekcij kortikosteroida in fizikalne terapije pri bolnikih z utesnitvenim sindromom ramena podobna

Annals of Internal Medicine, avgust 2014

Zdravljenje z injekcijami kortikosteroida v subakromialno področje in manualna fizikalna terapija sta imela pri bolnikih z utesnitvenim sindromom ramena podoben učinek na oceno stopnje bolečine in oviranosti, je zapisano v poročilu, objavljenem v avgustovski številki revije *Annals of Internal Medicine* (Ann Intern Med. 2014; 161: 161–9.). Doslej v randomizirani raziskavi še niso neposredno primerjali obeh pristopov k zdravljenju.

V ameriškem vojaškem zdravstvenem središču so v raziskavo vključili 104 bolnike stare 18–65 let, pri katerih so ugotovili utesnitveni sindrom ramena na eni strani. Po naključnem izboru so jih razporedili v skupino, ki je pričela zdravljenje z injekcijo 40 mg triamcinolon acetona v subakromialno področje, in v skupino, ki je pričela zdravljenje z manualno fizikalno terapijo

v 6 sejah. Bolnikom iz obeh skupin so lahko v nadaljevanju sledenja predpisali bodisi injekcijo kortikosteroida bodisi fizikalno terapijo.

V enem letu je prišlo v obeh skupinah do izboljšanja ocene stopnje bolečine in oviranosti v ramenu po točkovniku Shoulder Pain and Disability Index za približno 50 %, majhna razlika med skupinama pa ni imela statističnega pomena. Enako so ugotovili tudi v celostni oceni spremembe zdravstvenega stanja in stopnje bolečine. V prvem letu sledenja so bolniki, ki so pričeli zdravljenje z injekcijo kortikosteroida, opravili pomembno več z utesnitvenim sindromom ramena povezanih obiskov na nivoju osnovne zdravstvene dejavnosti (60 % proti 37 %), pogosteje so potrebovali (dodatno) injekcijo kortikosteroida (38 % proti 20 %), 19 % pa jih je bilo napotenih na fizikalno terapijo.

Dolgotrajno delo z računalniškim zaslonom vpliva na sestavo solzne tekočine

JAMA Ophthalmology, avgust 2014

Delo, pri katerem je potrebna dolgotrajna uporaba računalniškega zaslon povzroča številne očesne simptome, nekatere raziskave so ga povezale tudi z večjo razširjenostjo simptomov sindroma suhega očesa. Izsledki japonskih raziskovalcev, objavljeni v avgustovski številki revije *JAMA Ophthalmology* (*JAMA Ophthalmol.* 2014; 132: 985–92.) so pokazali, da je povezano tudi z nižjo koncentracijo mucina 5AC v solzni tekočini. Iz temeljnih raziskav je znano, da ima mucin 5AC pomembno vlogo pri zaščiti epitelija roženice, saj je zaradi močne glikozilacije zelo hidrofilen in tako prispeva k zadrževanju tekočine na površini rožnice.

Raziskovalci so povezavo med koncentracijo mucina 5AC v solzni tekočini in delom z računalniškim zaslonom preučili pri 96 prostovoljcih, pisarniških uslužbencih večjega farmacevtskega podjetja iz Osa-ke. Preiskovanci so odgovorili na vprašalnik, s katerim so ocenili trajanje dela z računalniškim zaslonom in prisotnost očesnih simptomov. Vsem so odvzeli vzorec solzne

tekočine iz spodnjega vezničnega žepa obeh oči ter v njej izmerili koncentracijo mucina 5AC.

Preiskovanci so bili stari povprečno $41,7 \pm 9,8$ let, 61 % jih je bilo starih 30–49 let, nekaj manj kot dve tretjini je bilo moških. Z računalniškim zaslonom so delali povprečno $8,2 \pm 1,9$ ur dnevno (44 % preiskovancev vsaj 7 ur dnevno). Dobra tretjina preiskovancev je uporabljala kontaktne leče. Razširjenost nedvomnega oziroma verjetnega sindroma suhega očesa je bila 9 % in 57 %.

Meritve so pokazale, da so imeli preiskovanci z nedvomnim sindromom suhega očesa statistično pomembno nižjo koncentracijo mucina 5AC v solzni tekočini kot preiskovanci brez tega sindroma. Pokazale so tudi, da je bila koncentracija mucina 5AC v solzni tekočini statistično pomembno nižja pri preiskovancih, ki so z računalniškim zaslonom delali vsaj 7 ur in pri preiskovancih, ki so ob delu z računalniškim zaslonom poročali o očesnih simptomih.

Dokazi o koristih farmakoloških ukrepov za blaženje motenj spanja in povečanje budnosti pri izmenskih delavcih razmeroma šibki

Cochrane Database of Systematic Reviews, avgust 2014

Delo v izmenah je pogosto povezano z motnjami ritma budnosti in spanja, ki povzročijo zaspanost med delom v nočni izmeni in zmanjšajo kakovost spanca med spanjem v dnevnem času. Mednarodna raziskovalna skupina, ki deluje v okviru Cochrane Collaboration, je s sistematičnim pregledom literature in metaanalizo izbranih randomiziranih kontroliranih raziskav ovrednotila obstoječe dokaze o učinkovitosti blaženja simptomov motenj spanja in povečanja budnosti v teh okoliščinah z zdravili. Poročilo o ugotovitvah je objavila v avgustovski izdaji Cochrane Database of Systematic Reviews (Cochrane Database Syst Rev. 2014; 8: CD009776).

Skupina je opravila poizvedbe po elektronskih bibliografskih virih in registrih kliničnih raziskav za obdobje do septembra 2013. V končno analizo je zajela podatke iz 15 randomiziranih kontroliranih raziskav s skupaj 718 preiskovanci. Devet raziskav je preučevalo učinkovitost melatonin, dve pa učinek hipnotičnih zdravil pri blaženju simptomov motenj spanja. Od štiri raziskav, ki so preučevale ukrepe za zmanjšanje zaspanosti in povečanje pozornosti, je ena preučevala modafinil, dve armodafinil ter ena kofein in kratkotrajno spanje.

Melatonin v odmerku 1–10 mg bi utegnil podaljšati spanje v dnevnem času po nočni izmeni in spanje v nočnem času bolj

kot placebo, skupina pa je opozorila, da gre za dokaze z razmeroma majhno zanesljivostjo. Uspavalni učinek melatonina utegne biti podoben učinku placeba, a tudi ti dokazi niso kakovostni. Zopiklon v primerjavi s placebom ni podaljšal spanja v dnevnem času, rezultati raziskave, ki je preučevala tovrstno uporabo lormetazepama, pa skupini niso bili na voljo za analizo.

Dokazi ki so bili srednje kakovosti kažejo, da utegne odmerek modafinila pred nočno izmeno zmanjšati stopnjo zaspanosti po lestvici Karolinska Sleepiness Scale in povečati stopnjo pozornosti, ocenjeno z reakcijskim časom. Skupina pa je opozorila na poročila o resnih kožnih neželenih učinkih tega zdravila (poleg glavobola in navzeje, ki sta bila najpogostejša neželena učinka v randomiziranih raziskavah). Zaspanost med nočno izmeno se je zmanjšala tudi po kratkotrajnem spanju in odmerku kofeina pred odhodom na delo.

Skupina je zaključila, da je kakovost obstoječih dokazov o učinkovitosti farmakoloških ukrepov za blaženje simptomov motenj spanja in povečanje budnosti pri izmenskih delavcih majhna. Ker so dosedanje raziskave zajele razmeroma malo preiskovancev, bi morali v večjih raziskavah po njenem mnenju ponovno ovrednotiti tako učinkovitost kot razmerje med koristnimi in škodljivimi učinki.

ESC 2014: geografska optimizacija pomaga pri izbiri lokacij za namestitve avtomatskih zunanjih defibrilatorjev v mestnem okolju

European Society of Cardiology, avgust 2014

Avtomatski zunanji defibrilator naj bi postavili tam, kjer pride do vsaj enega primera zastoja srca zunaj bolnišnice v dveh letih. Kljub temu se (posebej v mestnem okolju) pogosto zgodi, da priče takšnega dogodka ne vedo, kje se nahaja najbližja naprava. Francoski raziskovalci iz Centra za raziskave nenadne smrti v Parizu so z računalniškim modelom ocenili, kakšna bi bila dostopnost avtomatskega zunanjega defibrilatorja v primerih zastoja srca, ki so se zgodili na mestnem področju Pariza v letih 2000–2010, če bi bile naprave sistematično nameščene na nekaterih dobro vidnih in prepoznavnih javnih mestih. Ugotovitve je v predavanju na vsakoletnem kongresu Evropskega kardiološkega združenja predstavil dr. Benjamin Dahan.

V opazovanem obdobju je bilo v registru Centra zabeleženih 1.415 primerov zastoja srca, do katerih je prišlo na javnem mestu. Skupaj 1.355 primerov so lahko natančno geografsko umestili v prostor ter z računalniškim modelom izračunali deansko razdaljo, ki bi jo bilo treba prehoditi do naprave ob različnih pristopih k namestitvi. Po teh izračunih bi bila v primeru, da bi bili avtomatski zunanji defibrilatorji nameš-

čeni le na upravnih stavbah vsakega od 20 pariških mestnih okrožij, srednja razdalja do naprave 1.052 m. Ta razdalja bi se pri namestitvi naprav na 195 poštnih uradov skrajšala na 324 m, pri namestitvi na 302 postaj podzemne železnice na 239 m, pri namestitvi na 957 postajališč za samopostrežno izposojanje koles na 137 m ter pri namestitvi na 1.466 lekarn na 142 m. V krogu 150 m od naprave bi pri taki namestitvi prišlo do 22, 173, 355, 751 oziroma 729 primerov zastoja srca.

Matematični model je tudi pokazal, da se je z enakomerno porazdelitvijo avtomatskih zunanjih avtomatskih defibrilatorjev po mestu srednja razdalja do primerov zastoja srca pomembno skrajševala do približno 350 nameščenih naprav, večanje njihovega števila pa bi prineslo razmeroma majhno dodatno korist. V Parizu bi se optimalni razporeditvi najbolj približali s sistematičnim nameščanjem naprav na postajah podzemne železnice, v drugih mestih pa bi bilo po mnenju dr. Dahana umestno opraviti podobno analizo z geografskimi optimizacijskimi orodji, ki jih razvija ustanova, iz katere prihaja.

ESC 2014: program množičnega usposabljanja zagotavlja podobno kakovost zunanje masaže srca kot standardni program za izvajanje temeljnih postopkov oživljanja

European Society of Cardiology, avgust 2014

Eden od pomembnih ukrepov za izboljšanje preživetja bolnikov z zastojem srca zunaj bolnišnice je usposabljanje prebivalstva za izvajanje temeljnih postopkov oživljanja. V okviru italijanske nevladne organizacije Pavia nel Cuore, ki izvaja tovrstna usposabljanja, so zato opravili raziskavo, v kateri so skušali ugotoviti, ali je mogoče v programu množičnega usposabljanja doseči podobno kakovost zunanje masaže srca kot v standardnem programu.

Dr. Enrico Baldi iz omenjene organizacije je v predstavitvi izsledkov na letošnjem kongresu Evropskega kardiološkega združenja, ki je potekal od 30. avgusta do 3. septembra v Barceloni, povedal, da je raziskava zajela 190 preiskovancev brez zdravstvene izobrazbe, starih 18–35 let, ki se prej niso udeležili tovrstnega usposabljanja. Petinpetdeset preiskovancev se je udeležilo programa množičnega usposabljanja, ki je obsegal 30 minut predavanja in 45 minut praktičnih vaj na cenovno ugodni napihljivi lutki (vsak udeleženec je imel svojo) ob prisotnosti enega inštruktorja na 15 tečajnikov. Preostalih 135 preiskovancev se je udeležilo standardnega tečaja z 1 uro predavanj in 4 urami praktičnih vaj na standardni lutki ob prisotnosti 1 inštruktorja na 5 tečajnikov. Po zaključku so vsi preiskovanci opravili 1-minutni preizkus kakovosti zunanje masaže srca na testni lutki.

Rezultati so pokazali, da je bil povprečni delež ustreznih pritiskov na prsni koš (globina najmanj 5 in največ 6 cm) v skupini, ki je opravila program množičnega usposabljanja, 89,1 %, v skupini, ki je opravila program standardnega usposabljanja, pa 76,7 %. Povprečna deleža ustreznih pritiskov (po katerih se je stena prsnega koša lutke vrnila v izhodiščni položaj) sta bila 96 % in 94 %. Dr. Baldi je poudaril, da glede teh dveh meril med skupinama ni bilo statistično pomembne razlike. Preiskovanci, ki so opravili program množičnega usposabljanja, so se pomembno bolje odrezali pri doseganju ciljne frekvence pritiskov na prsni koš (povprečna frekvenca 115/min proti 120/min), kar je dr. Baldi pripisal vadbi na lastni lutki, medtem ko si je lutka v standardnem programu delilo 5 tečajnikov.

Preiskovanci, ki so opravili program množičnega usposabljanja, so po mnenju raziskovalcev dosegli vsaj tako kakovost zunanje masaže srca kot preiskovanci, ki so opravili program standardnega usposabljanja. Ob omejenih virih, je zaključil dr. Baldi, bi s programom množičnega usposabljanja dosegli več ljudi, kar bi se po njegovem prepričanju dolgoročno odrazilo v večjem deležu primerov, v katerih oživljanje pričnejo priče dogodka pred prihodom reševalcev.

ESC 2014: kombinirano zaviranje neprilizina in angiotenzinskih receptorjev izboljša napoved pri bolnikih s srčnim popuščanjem

European Society of Cardiology, avgust 2014

Zaviralci angiotenzinske konvertaze so temelj zdravljenja bolnikov s srčnim popuščanjem in zmanjšanim iztisnim deležem levega prekata že skoraj četrto stoletje, odkar sta raziskavi CONSENSUS in SOLVD pokazali, da enalapril zmanjša njihovo umrljivost. Nadaljnje raziskave so nabor zdravih, ki izboljšajo napoved pri teh bolnikih, še razširile. Po izsledkih raziskave PARADIGM-HF, ki jih je strokovni javnosti prvič predstavila objava na spletni strani revije *The New England Journal of Medicine* (N Engl J Med. 2014; 371 (11): 993–1004.), avgusta pa še dr. Milton Packer z univerze University of Texas Southwestern (Dallas, ZDA) s predavanjem na kongresu Evropskega kardiološkega združenja, se zdi, da bo med njimi tudi LCZ696, kombiniran pripravek zaviralca neprilizina sakubitrida in zaviralca angiotenzinskih receptorjev valsartana.

Neprilizin je encim, ki presnavlja več endogenih vazoaktivnih peptidov v neaktivne presnovke. Zaviranje neprilizina okrepi njihove učinke, ki nasprotujejo škodljivim prilagoditvenim procesom pri srčnem popuščanju. LCZ696 je molekularni kompleks, ki vsebuje aktivni učinkovini v razmerju 1 : 1 in so ga razvili kot nadomestilo za zaviralce angiotenzinske konvertaze in angiotenzinskih receptorjev pri bolnikih s srčnim popuščanjem ob minimalni pojavnosti angioedema, zaradi katerega so bili dosedanja poskusi zaviranja neprilizina neuspešni. Njegov vpliv so klinično ovrednotili v randomizirani raziskavi, ki je potekala v 1.043 središčih v 47 državah. Zajela je 10.521 bolnikov s srčnim popuščanjem v funkcijskem razredu NYHA II-IV in izti-

snim deležem levega prekata največ 40 % oziroma kasneje največ 35 % (povprečno nekaj manj kot 30 %), ki so dobro prenašali zdravljenje z vsaj 10 mg enalapрила dnevno vsaj 4 tedne. Po enostransko zaslepljenem uvajalnem obdobju do osem tednov, ko so bolniki namesto dotedanjega zaviralca angiotenzinske konvertaze ali angiotenzinskih receptorjev prejeli najprej enalapril in nato LCZ696, so 8.442 bolnikov, pri katerih ni prišlo do nesprejemljivih neželenih učinkov, naključno razporedili v skupini, ki sta ob drugem sodobnem zdravljenju dvojno zaslepljeno prejeli ali LCZ696 200 mg 2-krat dnevno ali enalapril 10 mg 2-krat dnevno. Glavno merilo učinkovitosti je bila skupna pogostost smrti zaradi srčno-žilnega vzroka in sprejema v bolnišnico zaradi srčnega popuščanja, dr. Packer pa je poudaril, da je bila raziskava zasnovana za ovrednotenje učinka zdravljenja na umrljivost.

Raziskavo so predčasno prekinili po srednjem času sledenja 27 mesecev, ker je vmesna analiza pokazala prepričljivo korist zdravljenja z LCZ696. V tem času je bila skupna pogostost obeh glavnih opazovanih dogodkov 21,8 % v skupini, ki je prejela LCZ696, in 26,5 % v skupini, ki je prejela enalapril (razmerje tveganj 0,80; 95 % razpon zaupanja 0,73–0,87). Število bolnikov, ki bi jih bilo treba zdraviti, da bi preprečili en dogodek (angl. *number-needed-to-treat*), je bilo po teh izračunih 21. Zdravljenje z LCZ696 je tudi pomembno zmanjšalo umrljivost zaradi vseh vzrokov (17,0 % proti 19,8 %) in umrljivost zaradi srčno-žilnih vzrokov (13,3 % proti 16,5 %)

ter pogostost sprejema v bolnišnico zaradi srčnega popuščanja (12,8 % proti 15,6 %) in bolj ublažilo simptome in telesno oviranost zaradi srčnega popuščanja kot zdravljenje z enalaprilom. V skupini, ki je prejela LCZ696, so zabeležili nekoliko večjo pogostost hipotenzije in blagega angioedema ter nekoliko manjšo pogostost okvare delovanja ledvic, hiperkaliemije in kašlja.

Velikost koristnega učinka LCZ696 na umrljivost zaradi srčno-žilnih vzrokov je bila v primerjavi z enalaprilom približno enako velika kot velikost učinka dolgotrajnega zdravljenja z enalaprilom v primerjavi

s placebom, je zaključil dr. Packer. Po njegovem mnenju so prepričljiv dokaz, da je hkratno zaviranje neprilizina in angiotenzinskih receptorjev pri bolnikih s kroničnim srčnim popuščanjem koristnejše od zaviranja samo sistema renin-angiotenzin. Dr. Michel Komajda iz bolnišnice Pitié-Salpêtrière (Pariz, Francija), ki je kot vabljeni razpravljavec komentiral predstavitev dr. Packerja, pa je ob nekaj vprašanjih, ki jih odpirajo rezultati, poudaril, da je PARADIGM-HF prva sodobna raziskava, ki pri bolnikih s kroničnim srčnim popuščanjem predlaga zamenjavo in ne dodajanje zdravila.

Seznam diplomantov, ki so diplomirali na Medicinski fakulteti v Ljubljani od 2. septembra do 30. oktobra 2014

Diplomanti medicine

| | | | |
|----------------------------|-------------|----------------------|--------------|
| Sobočan Ira | 2. 9. 2014 | Nabergoj Ana | 24. 9. 2014 |
| Ahčin Rosana | 3. 9. 2014 | Žakelj Martina | 24. 9. 2014 |
| Hace Nika | 3. 9. 2014 | Rauber Martin | 29. 9. 2014 |
| Kropivšek Luka | 3. 9. 2014 | Leban Vid | 30. 9. 2014 |
| Hrovatin David | 9. 9. 2014 | Pliberšek Ana | 30. 9. 2014 |
| Kaltak Vanesa | 9. 9. 2014 | Tomašič Andrej | 30. 9. 2014 |
| Ručna Monika | 9. 9. 2014 | Češnjevar Monika | 7. 10. 2014 |
| Bernik Jernej | 10. 9. 2014 | Ferjan Ilonka | 7. 10. 2014 |
| Janžič Barbara | 16. 9. 2014 | Berden Urška | 8. 10. 2014 |
| Mahkovic Dora | 16. 9. 2014 | Mrak Miha | 13. 10. 2014 |
| Mehle Polona | 16. 9. 2014 | Simšič Petra | 13. 10. 2014 |
| Muhič Katarina | 16. 9. 2014 | Zupan Gašper | 13. 10. 2014 |
| Duhovnik Tinkara | 17. 9. 2014 | Zima Nika | 14. 10. 2014 |
| Jamšek Jan | 17. 9. 2014 | Dobelšek Maja | 15. 10. 2014 |
| Klemen Špela | 17. 9. 2014 | Šosterič Klara | 15. 10. 2014 |
| Pavšič Nejc | 17. 9. 2014 | Klasinc Matija | 16. 10. 2014 |
| Rehberger Likoazar Andreja | 17. 9. 2014 | Halilović Alen | 17. 10. 2014 |
| Žmuc Jan | 17. 9. 2014 | Maiga Hamady Ibrahim | 17. 10. 2014 |
| Dovč Ana | 18. 9. 2014 | Belščak Andreja | 20. 10. 2014 |
| Lah Taja | 18. 9. 2014 | Stojan Manca | 21. 10. 2014 |
| Pavšič Katja | 18. 9. 2014 | Jakopec Mateja | 22. 10. 2014 |
| Slana Martina | 18. 9. 2014 | Marković Sanja | 23. 10. 2014 |
| Vouk Matej | 18. 9. 2014 | Banko Rok | 28. 10. 2014 |
| Strmšek Anja | 22. 9. 2014 | | |

Diplomanti dentalne medicine

| | | | |
|-----------------|-------------|------------------|--------------|
| Simčič Katarina | 5. 9. 2014 | Ivanič Polona | 26. 9. 2014 |
| Čebtron Denis | 11. 9. 2014 | Sušnik Urška | 26. 9. 2014 |
| Gaberšek Janez | 11. 9. 2014 | Mlakar Sandra | 1. 10. 2014 |
| Malik Mojca | 12. 9. 2014 | Kešpret Katja | 1. 10. 2014 |
| Lang Andreja | 19. 9. 2014 | Cilenšek Katja | 17. 10. 2014 |
| Vavdi Nika | 22. 9. 2014 | Špan Petra | 24. 10. 2014 |
| Novak Monika | 25. 9. 2014 | Zupančič Barbara | 24. 10. 2014 |
| Živić Miloš | 26. 9. 2014 | | |

Navodila avtorjem

Medicinski razgledi so recenzirana strokovna revija z več kot 50-letno tradicijo, ki izhaja štirikrat letno. V reviji so objavljeni raziskovalni in pregledni članki z vseh področij biomedicinskih znanosti ter klinični primeri. Namen revije je ciljnemu bralstvu, predvsem študentom splošne in dentalne medicine ter družinskim zdravnikom v splošni praksi, v slovenskem jeziku posredovati najnovejša dognanja na področju biomedicine. S tem želimo pripomoči k napredku in uveljavljenosti slovenske biomedicinske znanosti. Cilj uredništva je objavljati kakovostne znanstvene prispevke, ne glede na vrsto in tematiko, pri čemer dajemo prednost raziskovalnim člankom in zanimivim kliničnim primerom iz prakse.

PRIPRAVA PRISPEVKA

Prispevki morajo biti pripravljani v skladu s priporočili, ki jih objavlja International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) – Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing and Publication of Scholarly Work in Medical Journals. Priporočila so dostopna na <http://www.icmje.org/recommendations/>

Uredništvo sprejema samo prispevke, ki še niso bili in ne bodo objavljeni drugje. Izjemoma lahko uredništvo presodi, da v uredniški postopek sprejme že objavljen oz. podoben prispevek, za katerega je koristno, da doseže najširši krog bralstva (npr. klinične smernice in priporočila), pri čemer morajo avtorji to uredništvu sporočiti ob oddaji prispevka in zagotoviti pristanek odgovornega urednika revije, kjer je prispevek že bil objavljen. Vse oddane prispevke uredništvo pregleda s programsko opremo za odkrivanje plagiatov. Dele prispevka, ki so povzeti po drugi literaturi (predvsem slike in tabele), mora spremljati dovoljenje avtorja in založnika prispevka za reprodukcijo.

Jezik besedila

Zaželeno je, da so prispevki v slovenskem jeziku, pri čemer jih mora obvezno spremljati prevod izvlečka (angl. *abstract*) in ključnih besed (angl. *key words*) v angleščini.

Avtorstvo

Pogoji za avtorstvo so natančno opisani v priporočilih ICMJE, ključni pa so naslednji kriteriji:

- znatno sodelovanje pri zasnovi in oblikovanju prispevka oz. pri zbiranju, analizi in interpretaciji podatkov,
- zasnovanje osnutka prispevka oz. pregled vsebine le-tega,
- pregled in strinjanje s končno verzijo prispevka in
- strinjanje s prevzemom odgovornosti za prispevek in pripravljenost k razreševanju vseh vprašanj, povezanih z natančnostjo in integriteto prispevka.

Avtorji prispevka morajo izpolnjevati vse štiri zgoraj navedene kriterije. Samo zbiranje podatkov ne zadostuje za avtorstvo. Kakršnekoli spremembe v avtorstvu prispevka po oddaji prispevka uredništvu morajo s podpisom potrditi vsi avtorji prvotno oddanega prispevka.

Etična načela in navzkrižje interesov

Pri prispevkih, ki obravnavajo raziskave na ljudeh ali živalih, mora biti v poglavju metode navedeno ustrezno soglasje pristojne komisije oz. ustanove, da je raziskava etično sprejemljiva in v skladu z načeli Helsinške deklaracije oz. ostalimi pomembnimi dokumenti, ki obravnavajo etičnost biomedicinskih raziskav. Za klinične študije (angl. *clinical trial*) je zaželeno registracija študije pri enem od javnih registrov, odobrenih s strani ICMJE, v skladu s standardi Svetovne zdravstvene organizacije. Več informacij,

vključno z definicijo klinične študije, je dostopnih na <http://www.who.int/ictrp/en/>

Obvezno je, da avtorji kliničnih primerov (angl. *case report*) pridobijo privolitev bolnikov (oz. če to ni mogoče, bližnjih svojcev) za objavo kliničnega primera. Privolitev ni potrebna le v primeru, če lahko avtorji prispevka zanesljivo zagotovijo, da istovetnost bolnika ni ugotovljiva.

Avtorji so uredništvu dolžni posredovati informacije o vseh (finančnih, osebnih, akademskih itd.) navzkrižjih interesov (angl. *conflict of interest*), ki bi lahko vplivala na objektivnost in verodostojnost prispevka.

Strukutra prispevka

Prispevek naj bo pripravljen v programskem paketu Microsoft Word® ali OpenOffice.org (datoteke s končnicama .doc ali .docx), pisava naj bo Times New Roman, velikost črk 12pt, razmik med vrsticami 1,5 in širina robov 2,5 cm. Skupaj z naslovno stranjo in literaturo naj prispevek obsega največ 30 strani. Prispevek mora obvezno imeti naslovno stran, izvlečka in ključne besede v slovenskem in angleškem jeziku ter seznam literature. Raziskovalni članki naj bodo členjeni na naslednja poglavja: izhodišča, metode, rezultati in razprava. Pregledni članki in klinični primeri so lahko zasnovani drugače, pri čemer naj bo delitev na poglavja in podpoglavja jasno razvidna, obvezno pa morajo vsebovati uvod in zaključek.

Naslovna stran

Obsega naj naslov prispevka v slovenskem in angleškem jeziku, imena avtorjev z natančnimi akademskimi in strokovnimi naslovi, kontaktnim elektronskim naslovom ter popoln naslov ustanove, inštituta ali klinike, kjer je prispevek nastal. Naslov naj bo kratek in natančen, opisen in ne trdilen (povedi v naslovih niso dopustne). Navedeni naj bodo viri finančnih sredstev, opreme, zdravil itd., potrebnih za izvedbo raziskave, in izjava avtorjev o možnih navzkrižjih interesov.

Izvleček in ključne besede

Druga stran naj obsega izvlečka v slovenskem in angleškem jeziku. Izvlečka naj obsegata od 150 do 250 besed. Izvleček raziskovalnega članka naj bo strukturiran (izhodišča, metode, rezultati in zaključki), izvlečki ostalih prispevkov so nestrukturirani. V izvlečku naj bo predstavljen osnovni namen prispevka, vsebinsko naj povzema in ne le našteva bistvene vsebine prispevka. Izvleček ne sme vsebovati kratic in okrajšav. Avtorji naj navedejo do sedem ključnih besed, ki natančneje opredeljujejo vsebino prispevka.

Izhodišča, uvod

V izhodiščih (pri raziskovalnih člankih) oz. uvodu (pri preglednih člankih in kliničnih primerih) avtorji predstavijo temo prispevka v logičnem zaporedju, od širšega konteksta in trenutno veljavnih dejstev, do ožje opredeljenega specifičnega problema oz. novih spoznanj, ki jih želijo predstaviti v prispevku (t. i. struktura lijaka). Pri raziskovalnih člankih mora biti v izhodiščih jasno oblikovana hipoteza.

Metode

V poglavju metode avtorji opišejo protokol, s katerim so želeli razjasniti zastavljeni problem oz. potrditi hipotezo. Opis protokola mora biti dovolj natančen in temeljit, da bi bilo enako raziskavo možno ponoviti. Avtorji morajo navesti tip in proizvajalca opreme ter imena zdravilnih učinkovin, uporabljenih v raziskavi. Prav tako morajo navesti statistične metode in programsko opremo, ki je bila uporabljena za analizo podatkov. Obvezna je izjava o etični ustreznosti raziskave (več podrobnosti najdete v poglavju Etična načela in navzkrižje interesov).

Rezultati

V besedilu poglavja rezultati avtorji predstavijo glavne ugotovitve raziskave oz. odgovor na raziskovalno vprašanje, podrob-

ne podatke pa podajo v tabelah ali slikah. Avtorji se morajo izogibati podvajanju podatkov iz tabel ali slik v besedilu. P-vrednosti je treba podati najmanj na tri decimalke natančno.

Razprava, zaključek

Razprava ni namenjena ponovnemu navajanju rezultatov, temveč njihovi interpretaciji in primerjavi s sorodnimi objavami v literaturi. Treba je podati zaključek (pri preglednih člankih in kliničnih primerih naj bo to samostojno poglavje), kjer avtorji razpravljajo o uporabnosti in pomembnosti svojega prispevka ter možnih usmeritvah za prihodnje delo.

Tabele

Tabele naj bodo smiselno vstavljene v besedilo prispevka. Ločeno jih oštevilčite po vrstnem redu, na vsako tabelo se je treba sklicevati v besedilu. Nad tabelo sodi spremno besedilo, ki naj vsebuje zaporedno številko tabele in kratek naslov, pojasnjene naj bodo tudi vse kratice, okrajšave in nestandardne enote, ki se pojavljajo v tabeli.

Slike

Slike morajo biti profesionalno izdelane ali fotografirane. Slike sprejemamo samo v digitalni obliki in samo v kvaliteti, primerni za tisk (300 DPI). Sprejemamo slike v rastrskih zapisih (datoteke s končnicami .jpeg, .tiff, .png, .gif ipd.) ali v vektorskem zapisu (datoteke s končnicami .ai, .eps, .cdr ipd.). Preproste sheme lahko narišete tudi s pomočjo programskega paketa Microsoft Word®. Črke, številke ali simboli na sliki morajo biti jasni, enotni in dovolj veliki, da so berljivi tudi na pomanjšani sliki. Fotografijam, na katerih se lahko ugotovi istovetnost bolnika, obvezno priložite pisno dovoljenje bolnika.

Na vsako sliko se je treba sklicevati v besedilu prispevka. Slik ne vstavljajte le v besedilo prispevka, ampak jih posredujte tudi v samostojnih datotekah, poimenova-

nih z zaporedno številko slike in imenom prvega avtorja. Pod vsako sliko morate obvezno dodati spremno besedilo, ki naj vsebuje zaporedno številko slike, naslov slike in potrebno razlago vsebine. Slika skupaj s spremnim besedilom mora biti razumljiva tudi brez branja ostalega besedila. Pojasniti morate vse okrajšave na sliki. Če imate kakršnekoli dvome glede kakovosti slik, se predhodno posvetujte z uredništvom.

Merske enote

V besedilu uporabljajte enote, ki so v skladu z mednarodnim sistemom enot (SI).

Kratice in okrajšave

V naslovih (pod)poglavij in izvlečkih naj ne bo kratic. Na mestu, kjer se kratica prvič pojavi v besedilu, naj bo le-ta polno izpisana, kratica pa naj bo napisana v oklepaju. Izjema so mednarodno veljavne oznake merskih enot in splošno uveljavljene okrajšave (3D, aids, AMP, ATP, cAMP, cGMP, CT, DNA, EKG, EUR, GMP, GTP, HIV, MRI, RNA, RTG, UZ, ZDA).

Literatura

Vsako navajanje trditve ali dognanj drugih morate podpreti z referenco. Reference v besedilu, slikah in tabelah navedite ležeče v oklepaju z arabskimi številkami na koncu citirane trditve, pred piko oz. dvopičjem (t. i. Vancouverški sistem citiranja). Reference naj bodo v besedilu oštevilčene po vrstnem redu, tako kot se pojavljajo. Reference, ki se pojavljajo samo v tabelah ali slikah, naj bodo oštevilčene tako, kot se bodo pojavile v besedilu. Seznam citirane literature naj bo na koncu prispevka. Literaturo citirajte po navodilih, ki jih navaja ameriška National Library of Medicine v vodiču Citing Medicine (dosegljivo na <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7256/>), za pomoč pri citiranju imen revij priporočamo uporabo spletnega portala PubMed (dosegljivo na <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>). V citatu navedite vse avtorje, le v primeru, da so avtorji več kot

trije, navedite le prve tri in pripišite et al. Isto velja za navajanje urednikov knjig.

V nadaljevanju navajamo nekaj prime - rov pravilnega citiranja literature:

Članek v reviji

Petek Šter M, Švab I. Bolniki s sočasnimi boleznimi v družinski medicini. *Med Razgl.* 2008; 48 (2): 205–11.

Bajuk Studen K, Preželj J, Kocjan T, et al. Mehanizmi srčno-žilne ogroženosti žensk s sindromom policističnih ovarijev. *Zdrav Vestn.* 2009; 78: 129–35.

Petitti DB, Crooks VC, Buckwalter JG, et al. Blood pressure levels before dementia. *Arch Neurol.* 2005; 62 (1): 112–6.

Članek v reviji, kjer je avtor organizacija

American Diabetes Association. Diabetes update. *Nursing.* 2003; Suppl: 19–20, 24.

Volumen s suplementom

Vesel S. Spremembe na srcu pri Kawasaki bolezni. *Med Razgl.* 2002; 41 Suppl 2: 139–43.

Shen HM, Zhang QF. Risk assessment of nickel carcinogenicity and occupational lung cancer. *Environ Health Perspect.* 1994; 102 Suppl 2: 275–82.

Številka s suplementom

Payne DK, Sullivan MD, Massie MJ. Women's psychological reactions to breast cancer. *Semin Oncol.* 1996; 23 (1 Suppl 2): 89–97.

Posamezni deli članka (izvlečki, pisma uredništvu ipd.)

Clement J, De Bock R. Hematological complications of hantavirus nephropathy (HVN) [izvleček]. *Kidney Int.* 1992; 42: 1285.

Jackson B, Fleming T. A drug is effective if better than a harmless control [pismo ured - ništvu]. *Nature.* 2005; 434 (7037): 1067.

Knjiga

Ahčan U. Prva pomoč: priročnik s praktičnimi primeri. Ljubljana: Rdeči križ Slovenije; 2007.

Jenkins PF. Making sense of the chest x-ray: a handson guide. New York: Oxford University Press; 2005.

Eyre HJ, Lange DP, Morris LB. Informed decisions: the complete book of cancer diagnosis, treatment, and recovery. 2nd ed. Atlanta: American Cancer Society; c2002.

Advanced Life Support Group. Acute medical emergencies: the practical approach. London: BMJ Books; 2001.

Poglavje v knjigi

Možina M, Jamšek M, Šarc L, et al. Zastrupitve. In: Kocijančič A, Mrevlje F, Štajer D, eds. *Interna medicina.* Ljubljana: Littera picta; 2005. p. 1143–507.

Rojko JL, Hardy WD Jr. Feline leukemia virus and other retroviruses. In: Sherding RG, ed. *The cat: diseases and clinical management.* New York: Churchill Livingstone; 1989. p. 229–332.

Kone BC. Metabolic basis of solute transport. In: Brenner BM, Rector FC, eds. *Brenner and Rector's the kidney.* 8th ed. Vol. 1. Philadelphia: Saunders Elsevier; c2008. p. 130–55.

Poročila s kongresov

Ferreira de Oliveira MJ, ed. Accessibility and quality of health services. Proceedings of the 28th Meeting of the European Working Group on Operational Research Applied to Health Services (ORAHS); 2002 Jul 28–Aug 2; Rio de Janeiro, Brazil. Frankfurt (Germany): Peter Lang; c2004.

10th International Psoriasis Symposium; 2004 Jun 10–13; Toronto, ON. Chicago: Skin Disease Education Foundation; 2004.

Rice AS, Farquhar-Smith WP, Bridges D, et al. Canabinoids and pain. In: Dostorovsky JO, Carr DB, Koltzenburg M, eds. Proceedings of the 10th World Congress on Pain; 2002 Aug 17–22; San Diego, CA. Seattle (WA): IASP Press; c2003. p. 437–68.

Doktorska in magistrska dela, raziskovalne naloge

Šabovič M. Mehanizem fiziološkega in farmakološkega raztapljanja krvnih strdkov [doktorsko delo]. Ljubljana: Univerza v Ljubljani; 1992.

Liu-Ambrose TY. Studies of fall risk and bone morphology in older women with low bone mass [doktorsko delo]. Vancouver (BC): University of British Columbia; 2004.

Weisbaum LD. Human sexuality of children and adolescents: a comprehensive training guide for social work professionals [magistrsko delo]. Long Beach (CA): California State University, Long Beach; 2005.

Pravne listine in zakoni

Zakon o zdravniški službi 1999. Uradni list RS št. 98/1999.

Internetna stran

AMA: helping doctors help patients [internet]. Chicago: American Medical Association; c1995–2007 [citirano 2007 Feb 22]. Dosegljivo na: <http://www.ama-assn.org/>

Članek na internetu

Polgreen PM, Diekema DJ, Vandenberg J, et al. Risk factors for groin wound infection after femoral artery catheterization: a casecontrol study. *Infect Control Hosp Epidemiol* [internet]. 2006 [citirano 2007 Jan 5]; 27 (1): 347. Dosegljivo na: <http://www.journals.uchicago.edu/ICHE/journal/issues/v27n1/2004069/2004069.web.pdf>

Knjiga na internetu

Kasper DL, Braunwald E, Fauci AS, et al., eds. *Harrison's online* [internet]. 16th ed. Colum-

bus (OH): McGraw-Hill Companies; c2006 [citirano 2006 Nov 20]. Dosegljivo na: <http://www.accessmedicine.com/resourceTOC.aspx?resourceID=4>

Podatkovna baza na internetu

Online Archive of American Folk Medicine [internet]. Los Angeles: Regents of the University of California. 1996 [citirano 2007 Feb 1]. Dosegljivo na: <http://www.folkmed.ucla.edu/>

Članek na CD-ju, DVD-ju ipd.

Kauffman CA, Bonilla HF. Trends in antibiotic resistance with emphasis on VRE. *FPR* [CD-ROM]. 1998; 20 (10).

Knjiga na CD-ju, DVD-ju ipd.

Kacmarek RM. *Advanced respiratory care* [CD-ROM]. Verzija 3.0. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; c2000.

Računalniški program na CD-ju, DVD-ju ipd.

Meader CR, Pribor HC. *DiagnosisPro: the ultimate differential diagnosis assistant* [CD-ROM]. Verzija 6.0. Los Angeles: MedTech USA; 2002.

Neobjavljeni prispevek

Laking G, Lord J, Fischer A. The economics of diagnosis. *Health Econ*. V tisku 2006.

ODDAJA PRISPEVKA

Prispevke in slike pošljite po elektronski pošti na naslov prispevki@medrazgl.si

V elektronskem sporočilu, s katerim odgovornemu uredniku oddajate prispevek, na kratko predstavite vsebino prispevka in pomembne nove ugotovitve v njem ter navedite korespondenčnega avtorja (s polnim naslovom, telefonsko številko in elektronskim naslovom), ki bo skrbel za komunikacijo z uredništvom in ostalimi avtorji.

Oddani prispevek mora obvezno spremljati izjava o avtorstvu in avtorskih pravicah, s katero potrjujete, da izpolnjujete kriterije ICMJE za avtorstvo prispevka in da se

strinjate s prenosom avtorskih pravic na Društvo Medicinski razgledi. Izjavo morajo lastnoročno podpisati vsi avtorji in originalni izvod poslati po navadni pošti na naslov uredništva: Društvo Medicinski razgledi, Korytkova ulica 2, 1000 Ljubljana. Dokler izjave ne prejmemo, prispevka ne bomo objavili. Izjavo najdete na naši spletni strani: http://www.medrazgl.si/arhiv/mr_izjava_o_avtorstvu.pdf

UREDNIŠKO DELO

Odgovorni urednik vsak oddani prispevek pregleda in se odloči o uvrstitvi v uredniški postopek. Prispevke, uvrščene v uredniški postopek, posreduje ostalim članom uredniškega odbora, ki poskrbijo za tehnične in slogovne popravke, ter popravljen prispevek vrnejo avtorjem v pregled. Nato vsebino prispevka oceni strokovni recenzent, ki avtorjem ni znan, prav tako strokovni recen-

zent ni seznanjen z identiteto avtorjev. Prispevek pregledata tudi lektorja za slovenski in angleški jezik. Avtor pred objavo prispevka dobi na vpogled krtačne odtise (t. i. prve korekture), vendar na tej stopnji upoštevamo samo popravke tiskarskih napak. Komentarje na krtačne odtise morate vrniti v treh dneh, sicer menimo, da nimate pripomb.

Uredništvo pri svojem delu upošteva priporočila Committee on Publication Ethics (COPE), objavljena na <http://publication-ethics.org/>

Pri prispevkih, kjer je eden od avtorjev glavni urednik, odgovorni urednik, tehnični urednik ali član uredniškega odbora Medicinskih razgledov, se držimo priporočil COPE za zagotavljanje neodvisnega in preglednega uredniškega postopka.

Navodila avtorjem prispevkov so bila nazadnje posodobljena 23. 3. 2014. Navodila so dostopna na <http://www.medrazgl.si/>

Guidelines for Authors

Medicinski razgledi is a quarterly peer-reviewed scientific journal, which has been in continuous publication for over 50 years. It publishes research and review articles from all fields of biomedical sciences as well as clinical case reports. The scope of Medicinski razgledi is to offer its target readership, specifically medical and dental students as well as family doctors, information about the latest biomedical developments in Slovenian language and thus contribute to the advancement and recognition of Slovenian biomedicine. The aim of the editorial board is to publish good scientific manuscripts, regardless of topic and form, with a special emphasis on research articles and interesting clinical case reports.

MANUSCRIPT PREPARATION

Manuscripts must conform to the Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing and Publication of Scholarly Work in Medical Journals published by the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE). The recommendations are available at <http://www.icmje.org/recommendations/>

Only manuscripts that have not already been submitted and will not be submitted elsewhere are accepted. It is at the editorial board's discretion to decide whether a duplicate or an overlapping publication might be justifiable due to the nature of the manuscript (e.g. clinical guidelines and recommendations, published with the intent of reaching the broadest audience possible). If such an exception is to be made, the authors have to notify the editorial board of a possible duplicate or an overlapping publication in advance and obtain the permission of the editor of the journal to which the manuscript was originally submitted. All submitted manuscripts will be analyzed with plagiarism detection soft-

ware. If a part of a submitted manuscript was taken from another publication (e.g. figures and tables), the authors must obtain copyright permission from the author of the original publication and its publisher.

Language

The preferred language of Medicinski razgledi is Slovenian. The abstract and key words should be submitted in both Slovenian and US English.

Authorship

As per ICMJE recommendations, determination of authorship is based on the following four criteria:

- substantial contributions to the conception or design of the manuscript; or the acquisition, analysis, or interpretation of data,
- drafting of the manuscript or critical revision for important intellectual content,
- final approval of the version to be published, and
- agreement to be accountable for all aspects of the manuscript in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the manuscript are appropriately investigated and resolved.

All designated authors of a manuscript should meet all aforementioned criteria for authorship. Participation in data acquisition alone is insufficient for manuscript authorship. Any changes in the authorship of the manuscript after submission have to be confirmed to the editorial board in writing by everyone listed as authors in the originally submitted manuscript.

Ethical considerations and conflicts of interest

Manuscripts based on research involving humans or animals must list under methods

the approval of an appropriate ethical review board which states that the research was carried out in accordance with the Declaration of Helsinki and other important documents pertaining to the ethics of biomedical research. Clinical trials should be registered in one of ICMJE-approved public trials registries in accordance with the World Health Organization standards; more information regarding clinical trial registration is available at <http://www.who.int/ictrp/en/>

It is mandatory for the authors of case reports to obtain permission from the patient (or, if that is not possible, close relatives) before submitting the case report. Permission is not required only if the authors can guarantee that the case cannot be identified.

Authors should disclose information on any possible conflict of interest (financial, personal, academic etc.) that could influence the objectivity and validity of the manuscript.

Organization of the manuscript

Manuscripts should be edited using Microsoft Word® or OpenOffice.org software and submitted as .doc or .docx files. The font should be Times New Roman, size 12 pt, with line spacing of 1.5 and margins of 2.5 cm. The length of the manuscript should not exceed 30 pages, including the first (title) page and references. The manuscript must contain a first page, abstracts and key words in Slovenian and English as well as a list of references. Research articles should have the following structure: introduction, methods, results and discussion. Review articles and case reports can be structured differently, but have to include an introduction and conclusions.

First (title) page

The first page should carry the article title in both Slovenian and English, full names of the authors (including their academic and

professional titles), contact e-mail and address of the institution, institute or clinic to which the work should be attributed. The title should be concise, descriptive and not affirmative (no sentences). Sources of financial support, equipment, drugs etc. should be stated along with the disclosure of conflicts of interest.

Abstract and key words

The second page should contain the abstracts in Slovenian and English. The abstracts should be between 150 and 250 words in length. Research article abstracts should have the following structure: backgrounds, methods, results and conclusions. Review article abstracts and case report abstracts should be unstructured. The purpose of the abstract is to present the aim of the manuscript while recapitulating the content. The abstract should not contain abbreviations. Authors must list up to seven key words, which summarize the content of the manuscript.

Introduction

The authors should present the problem in a brief, yet structured way, proceeding from the general, broad context and already known facts, to the problem itself and its solutions within the manuscript (the so-called funnel structure). In research articles, the introduction should contain a clear hypothesis.

Methods

The methods chapter should describe the protocol authors used to find an answer to a problem or to test the hypothesis. Protocol description should be precise enough to allow for the repeatability of the research. Authors have to state the type and manufacturer of the scientific equipment and chemicals used in the research. Methods and software used for statistical analysis have to be clearly described. The approval of relevant ethical committees must also be

stated (for more information see chapter Ethical considerations and conflicts of interest).

Results

The text of the results chapter should clearly state the main findings, with additional details provided in tables and figures. Authors should avoid repeating the data from the tables and figures in the text. They should provide exact P-values (at least three decimal places).

Discussion, conclusions

The purpose of the discussion is not to recapitulate results, but to interpret them and compare them with relevant existing publications. Conclusions (in review articles or in clinical case reports they should form a separate chapter), are intended for the authors to discuss the implications of their findings and possible considerations for future research.

Tables

Tables should be logically inserted into the text and sequentially numbered. Each table has to be referenced in the text of the manuscript. Tables should contain a title with the sequential number and an explanation of all the abbreviations and non-standard units used in the table.

Figures

Figures should be professionally designed or photographed and submitted in digital form and in print quality (300 DPI). Figures can be submitted as raster graphics (.jpeg, .tiff, .png, .gif etc.) or as vector graphics (.ai, .eps, .cdr etc.) Simple schemes can be created using Microsoft Word® software. Letters, numbers or symbols shown in the figures should be clear, uniform, and large enough to be readable once the figure is minimized. Figures from which the identity of the patient can be determined must be accompanied by written consent of the patient.

In the text, every figure has to be referenced. As well as being inserted into the appropriate place in the manuscript, figures should be also submitted as separate files, with file names containing the sequential number of the figure and the name of the first author of the manuscript. Legends under the figures should contain the sequential number, figure title and the information necessary for the understanding of figure content. Figures together with accompanying legends should be understandable without reading the body text. All abbreviations in the figures must be explained. If you have any doubts about the technical adequacy of figures, please consult the editorial board before submission.

Units of measurement

All units of measurement used in the manuscript should be stated using the International System of Units (SI).

Abbreviations

The chapter headings and abstracts should not contain abbreviations. All non-standard abbreviations should be explained in the following way: the term should be written in full the first time it appears in the text, followed by the abbreviation in parentheses. The exception to this rule are standard units of measurement and abbreviations (3D, aids, AMP, ATP, cAMP, cGMP, CT, DNA, EKG, EUR, GMP, GTP, HIV, MRI, RNA, RTG, US, USA).

References

Every citation or fact stated in the text, figures or tables must be supported with a reference. References should be listed with sequential Arabic numbers in parentheses before the full stop or colon, written in italic formatting (so-called Vancouver citation style). The reference numbers included only in the figures and tables should follow the same sequence as in the text. The section listing all the references appearing

in the manuscript should be included at the end of the manuscript. Reference formatting described in the National Library of Medicine's Citing Medicine guide (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7256/>) should be used. Journal names should be abbreviated as on PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>). The names of the first three referenced authors of the manuscript should be stated, followed by et al.

Examples of correct reference formatting:

Journal article

Petek Šter M, Švab I. Bolniki s sočasnimi boleznimi v družinski medicini. *Med Razgl.* 2008; 48 (2): 205–11.

Bajuk Studen K, Preželj J, Kocjan T, et al. Mehanizmi srčno-žilne ogroženosti žensk s sindromom policističnih ovarijev. *Zdrav Vestn.* 2009; 78: 129–35.

Petitti DB, Crooks VC, Buckwalter JG, et al. Blood pressure levels before dementia. *Arch Neurol.* 2005; 62 (1): 112–6.

Journal article with organization as author

American Diabetes Association. Diabetes update. *Nursing.* 2003; Suppl: 19–20, 24.

Journal article volume with supplement

Vesel S. Spremembe na srcu pri Kawasaki-kijeji bolezni. *Med Razgl.* 2002; 41 Suppl 2: 139–43.

Shen HM, Zhang QF. Risk assessment of nickel carcinogenicity and occupational lung cancer. *Environ Health Perspect.* 1994; 102 Suppl 2: 275–82.

Journal article issue with supplement

Payne DK, Sullivan MD, Massie MJ. Women's psychological reactions to breast cancer. *Semin Oncol.* 1996; 23 (1 Suppl 2): 89–97.

Journal article with type of article indicated

Clement J, De Bock R. Hematological complications of hantavirus nephropathy (HVN) [izvleček]. *Kidney Int.* 1992; 42: 1285.

Jackson B, Fleming T. A drug is effective if better than a harmless control [pismo uredništvu]. *Nature.* 2005; 434 (7037): 1067.

Book

Ahčan U. Prva pomoč: priručnik s praktičnimi primeri. Ljubljana: Rdeči križ Slovenije; 2007.

Jenkins PF. Making sense of the chest x-ray: a hands-on guide. New York: Oxford University Press; 2005.

Eyre HJ, Lange DP, Morris LB. Informed decisions: the complete book of cancer diagnosis, treatment, and recovery. 2nd ed. Atlanta: American Cancer Society; c2002.

Advanced Life Support Group. Acute medical emergencies: the practical approach. London: BMJ Books; 2001.

Chapter in a book

Možina M, Jamšek M, Šarc L, et al. Zastrupitve. In: Kocijančič A, Mrevlje F, Štajer D, eds. *Interna medicina.* Ljubljana: Littera picta; 2005. p. 1143–507.

Rojko JL, Hardy WD Jr. Feline leukemia virus and other retroviruses. In: Sherding RG, ed. *The cat: diseases and clinical management.* New York: Churchill Livingstone; 1989. p. 229–332.

Kone BC. Metabolic basis of solute transport. In: Brenner BM, Rector FC, eds. *Brenner and Rector's the kidney.* 8th ed. Vol. 1. Philadelphia: Saunders Elsevier; c2008. p. 130–55.

Conference proceedings

Ferreira de Oliveira MJ, ed. Accessibility and quality of health services. *Proceedings*

of the 28th Meeting of the European Working Group on Operational Research Applied to Health Services (ORAHs); 2002 Jul 28–Aug 2; Rio de Janeiro, Brazil. Frankfurt (Germany): Peter Lang; c2004.

10th International Psoriasis Symposium; 2004 Jun 10–13; Toronto, ON. Chicago: Skin Disease Education Foundation; 2004.

Rice AS, Farquhar-Smith WP, Bridges D, et al. Canabinoids and pain. In: Dostorovsky JO, Carr DB, Koltzenburg M, eds. Proceedings of the 10th World Congress on Pain; 2002 Aug 17–22; San Diego, CA. Seattle (WA): IASP Press; c2003. p. 437–68.

Dissertations and theses, scientific reports
Šabovič M. Mehanizem fiziološkega in farmakološkega raztapljanja krvnih strdkov [doktorsko delo]. Ljubljana: Univerza v Ljubljani; 1992.

Liu-Ambrose TY. Studies of fall risk and bone morphology in older women with low bone mass [doktorsko delo]. Vancouver (BC): University of British Columbia; 2004.

Weisbaum LD. Human sexuality of children and adolescents: a comprehensive training guide for social work professionals [magistrsko delo]. Long Beach (CA): California State University, Long Beach; 2005.

Legal documents

Zakon o zdravniški službi 1999. Uradni list RS št. 98/1999.

Web sites

AMA: helping doctors help patients [internet]. Chicago: American Medical Association; c1995–2007 [citirano 2007 Feb 22]. Dosegljivo na: <http://www.ama-assn.org/>

Journal articles on the internet

Polgreen PM, Diekema DJ, Vandenberg J, et al. Risk factors for groin wound infection after

femoral artery catheterization: a case-control study. *Infect Control Hosp Epidemiol* [internet]. 2006 [citirano 2007 Jan 5]; 27 (1): 34–7. Dosegljivo na: <http://www.journals.uchicago.edu/ICHE/journal/issues/v27n1/2004069/2004069.web.pdf>

Books on the internet

Kasper DL, Braunwald E, Fauci AS, et al., eds. *Harrison's online* [internet]. 16th ed. Columbus (OH): McGraw-Hill Companies; c2006 [citirano 2006 Nov 20]. Dosegljivo na: <http://www.accessmedicine.com/resourceTOC.aspx?resourceID=4>

Databases on the internet

Online Archive of American Folk Medicine [internet]. Los Angeles: Regents of the University of California. 1996 [citirano 2007 Feb 1]. Dosegljivo na: <http://www.folk-med.ucla.edu/>

Journal articles on CD-ROM, DVD, or Disk

Kauffman CA, Bonilla HF. Trends in antibiotic resistance with emphasis on VRE. *FPR* [CD-ROM]. 1998; 20 (10).

Books on CD-ROM, DVD, or Disk

Kacmarek RM. *Advanced respiratory care* [CD-ROM]. Verzija 3.0. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; c2000.

Computer programs on CD-ROM, DVD, or Disk

Meader CR, Pribor HC. *DiagnosisPro: the ultimate differential diagnosis assistant* [CD-ROM]. Verzija 6.0. Los Angeles: Med-Tech USA; 2002.

Forthcoming journal articles

Laking G, Lord J, Fischer A. The economics of diagnosis. *Health Econ*. V tisku 2006.

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Manuscripts and figures should be submitted via e-mail to prispevki@medrazgl.si

The submission should be accompanied by a Letter to the Editor stating the topic

and major findings of the manuscript along with corresponding author's information (full name, phone number and e-mail address).

All submitted manuscripts must be accompanied by the Authorship and Copyright Statement Form, with which the authors confirm that they fulfill the ICMJE criteria for manuscript authorship and that the copyright of all material published is vested in Društvo Medicinski razgledi. All authors must sign the statement form and send the original to the following address: Društvo Medicinski razgledi, Korytkova ulica 2, 1000 Ljubljana, Slovenia. Accepted manuscripts will not be published until signed statements from all authors have been received. The Authorship and Copyright Statement Form is available at http://www.medrazgl.si/arhiv/mr_statement_of_authorship.pdf

EDITORIAL WORK

The editor reviews every submitted manuscript. Accepted manuscripts are forwarded to editorial board members for technical

editing. The manuscripts are then returned to the authors and subsequently forwarded to peerreviewers. The peerreview process is confidential with neither the authors nor the peerreviewers being aware of each other's identity. Manuscripts are also proofread by readers for Slovenian and English. Before publication, authors receive page proofs. The authors must notify the editorial board of any print errors in the page proofs in three working days, as no further corrections are possible afterwards.

The editorial board conducts its work in accordance with the Committee on Publication Ethics (COPE) guidelines, which are available at <http://publicationethics.org/>

Manuscripts which are co-authored by the editor-in-chief, editor, production editors or members of the editorial board are subject to COPE recommendations for an independent and unbiased editing.

Guidelines for manuscript authors were last updated on 23. 3. 2014 and are available at <http://www.medrazgl.si>

Tina Krokter Kogoj¹

In memoriam:

izr. prof. dr. Aleš Kogoj, dr. med. (1962–2014)

Ne vem, kaj je moj najzgodnejši spomin na Aleša. Imam pa fotografijo, na kateri sem stara približno leto dni in s svojimi prvimi koraki obotavljaše racam proti stricu Alešu, ki je bil takrat še študent. Zaradi starostne razlike med nama je bil zame vedno odrasel, starejši. Šele z njegovo smrtjo sem spoznala, kako mlad je bil v resnici. Rodil se je 5. januarja 1962 in mladost preživel v Podbrdu. Kot otrok je s sestro Nevenko vzljubil gore in se večkrat povzpel na Črno prst ter druge okoliške hribe. Kasneje so se z družino preselili v Novo Gorico, kjer je dokončal gimnazijo. Rad je imel naravoslovne predmete in se je po maturi vpisal na Medicinsko fakulteto. Med študijem je bil oražnovec, od 1984–87 pa tudi član uredniškega odbora Medicinskih razgledov. Poleg študija si je vzel čas za ljubezen, saj je spoznal Ireno, svojo življenjsko sopotnico, ki jo je seznanil s svojo drugo ljubeznijo – ljubeznijo do gora. Postal je član Akademškega alpinističnega odseka in gorske vzpone nadgradil z alpinizmom, sprva v slovenskih Alpah, kasneje pa tudi po gorstvih Evrope, Indije in Peruja.

Med študijem je bil prepričan, da ne bo specializiral ginekologije ali psihiatrije. Imel je prav – ginekolog ni bil nikoli. Po zaključku študija se je sprva kot mladi raziskovalec zaposlil na Psihiatrični kliniki v Ljubljani in leta 1991 zagovarjal magistrsko nalogo. Po opravljenem specialističnem izpitu iz psihiatrije je nadaljeval z delom na kliniki, kjer naj bi bil le začasno razporejen na gerontopsihiatrični oddelek. Tam je spoz-

nal, da so psihične težave starejših ljudi tesno povezane s telesnimi težavami. Poglobljen pristop k zdravljenju starejših, ki so (bili) pogosto postavljeni na stranski tir, ga je zaposlil do te mere, da je na tem oddelku ostal vse do svoje smrti in pomembno prispeval k razvoju gerontopsihiatrije v Sloveniji. Že zgodaj je prepoznal raznovrstno problematiko duševnih bolezni v starosti; posebno velike možnosti za izboljšavo obravnave pa je opazil pri bolnikih z demenco, saj je bilo vedenje laične populacije o tej bolezni pred nekaj desetletji skromno in zato tudi ravnanje z bolniki pogosto neprijetno. S sodelavci se je začel intenzivno posvečati raziskovalnemu delu, pa tudi edukaciji in opolnomočenju svojcev bolnikov. Leta 1996 je s sodelavkama Jano Dragar in Branko Mikluž v samozaložbi izdal knjižico Varovanec z demenco v družini. Začetki so bili skromni, nadaljevanje pa vsako leto bolj obetavno. Že leta 1997 je s sodelavci ustanovil Spominčico, združenje za pomoč pri demenci. Društvo je hitro širilo svoje aktivnosti – svetovalni telefon, revija združenja, izobraževalni tečaji za svojce bolnikov z demenco, skupine za samopomoč, Alzheimer cafe. Postal je član evropskega združenja za Alzheimerjevo bolezen Alzheimer Europe in ob 21. septembru – svetovnem dnevu Alzheimerjeve bolezni – organizirali aktivnosti za večjo prepoznavnost te bolezni.

Aleš je o demenci predaval na številnih strokovnih srečanjih in tudi na predavanjih za laike. Nekaj mesecev pred tragično nesrečo

¹ Tina Krokter Kogoj, dr. med., Klinični oddelek za endokrinologijo, diabetes in bolezni presnove, Interna klinika, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 7, 1525 Ljubljana

je s soavtorji pripravil tudi slovenske smernice za obravnavo bolnika z demenco. Bil je aktiven tudi na drugih področjih in je leta 2006 zagovarjal doktorsko disertacijo z naslovom Nevrofiziološki korelati motenj supervizijskega pozornostnega sistema pri bolnikih s shizofrenijo. Nato je bil habilitiran v naziv docenta za področje psihiatrije, pred nekaj leti pa v izrednega profesorja za isto področje. Delo s študenti ga je izpolnjevalo, zanje si je vedno vzel čas in jih spodbujal k sodelovanju, raziskovanju ter pisanju strokovnih člankov. Tudi sama sem pod njegovim mentorstvom napisala svoje prve članke. Čeprav vedno skromen glede svojih dosežkov, njihovega dosega ter pomena, je objavil preko 200 strokovnih in poljudnih člankov v slovenski in tuji literaturi.

Nikoli ne bom pozabila vročega dne v začetku letošnjega julija, ko sem izvedela, kaj se je zgodilo. Sprva ni imelo nikakršnega smisla. Sedaj, nekaj mesecev kasneje, se je realnost ustalila v našem vsakdanjiku, vendar jo je težko sprejeti. Zdaj vem, kaj vse sem ga še želela vprašati, glede česa bi želela slišati njegovo mnenje. Približno leto dni pred njegovo smrtjo sva z Alešem pričela pisati članek, vendar sem zaradi pomanjkanja časa delo odlagala na kasnejši čas. Prispevek sva sicer oddala, načrtovala sva še marsikaj. Pod vtisom, da je čas na najini strani, sem odlašala, čakala na bolj primeren čas. Težko je sprejeti, da se je čas

iztekel. Da dogodkov ni mogoče prevrteti nazaj. Praznina še vedno široko zeva.

Aleš je bil razumen, zmeren in preudaren človek ter alpinist. Skrbel je za svojo varnost in varnost drugih, nikoli ni želel z glavo skozi zid. Navadili smo se, da pleza doma in v tujini: najpogosteje z družino ali prijatelji, včasih pa tudi sam. Navadili smo se, da vse poteka brez pretresov in se lepo konča. V več desetletij dolgi plezalni, alpinistični in gorniški karieri je imel namreč le eno omembe vredno nesrečo, ko mu je med plezanjem padajoča skala zdrobila mezinec. Zato je težko brati nepopolne in zavajajoče informacije o človeku, ki si ga imel rad. S soplezalcem sta se usodnega dneva namenila na Planjavo, ki jo je Aleš dobro poznal; Repov kot je bila ena njemu najljubših gorskih dolin, na katero so ga vezali številni lepi spomini. Zgrešila sta vstop v smer, se obrnila, da bi ponovno prišla na pravo pot, ko je Aleš omahnil. Bila je nezgoda, nesrečen splet naključij. Trenutek, ki je za vedno spremenil številna življenja.

Ne moremo te pozabiti in samo upamo lahko, da te bomo dosegli v človečnosti, toplini in sočutju.

ZAHVALA

Za pomoč pri pripravi besedila ter popravke se iskreno zahvaljujem Ireni Brcko - Kogoj, Anji in Janu Kogoj ter Nevenki Kogoj.

MEDICINSKI RAZGLEDI

Biomedical research, professional and review articles

EDITORIAL OFFICE

Društvo Medicinski razgledi
Korytkova ulica 2
1000 Ljubljana
Slovenia

T +386 1 524 23 56 **F** +386 1 543 70 11

E info@medrazgl.si

W www.medrazgl.si

POR: 02014-0050652588

EDITOR-IN-CHIEF

Jernej Drobež

MANAGING EDITOR

Matej Goričar

PRODUCTION EDITORS

Valentina Ahac, Rok Kučan,
Urban Neudauer

EDITORIAL BOARD

Tjaša Gortnar, Anja Kovač, Ožbej
Kunšič, Andraž Nendl, Miha Oražem,
Saša Štupar, Lana Vodnik, Dinko Zavrl,
Črt Zavrnik, Hana Zavrtanik, Jan Žmuc

READERS FOR SLOVENIAN

Mateja Hočevar Gregorič, Matej Klemen

READER FOR ENGLISH

Kristijan Armeni

DTP

SYNCOMP d. o. o.

PRINTING PRESS

Tiskarna Pleško d. o. o.

FRONT COVER

Matej Kastelic

MEDICINSKI RAZGLEDI IS

ABSTRACTED AND/OR INDEXED BY

Biological Abstracts, Biomedicina
Slovenica, Bowker International,
Chemical Abstracts, Nutritional
Abstracts

SUPPORTED BY

Medicinska fakulteta UL
Javna agencija za raziskovalno
dejavnost RS

Medicinski razgledi is published in four issues a year, 2,100 copies per issue.
Regular price per copy is **6 €**, for students **4 €**, for institutions **10 €**.

COPYRIGHT © MEDICINSKI RAZGLEDI 2014

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means without written permission from the publisher.



- 453 Some Body Adjustments to Physical Exercise – *Nejka Potočnik*
- 467 Physical Activity and Thermoregulation – *Helena Lenasi*
- 485 Autonomic Nervous System Activity During Physical Exercise – *Nejka Potočnik*
- 503 Inadvertent Doping in Sport – *Lovro Žiberna*
- 527 Asthma and Sport in Adults – *Sabina Škrgat*
- 537 Differentiating between Athlete's Heart and Cardiomyopathy – *Katja Ažman Juvan*
- 543 Rehabilitation of Dominant Shoulder Dysfunction in Overhead Sports –
Katarina Tonin
- 555 Clinical Sports Nutrition: from Theory to Practice – *Nada Rotovnik Kozjek*
- 565 The Characteristics of Competitive Youth Sport and Different Health Risks –
Branko Škof
- 585 Summary of Guidelines for Physical Activity in Children and Adolescents – *Nataša
Bratina, Vedran Hadžić, Tadej Battelino, Borut Pistotnik, Maja Pori, Dorica Šajber,
Milan Žvan, Branko Škof, Gregor Jurak, Marjeta Kovač, Edvin Dervišević*
- 597 Medical Coverage of Sports and Recreational Mass Events – *Maja Mikša, Petra Zupet*
- 603 News
- 615 List of Graduated Students
- 617 Guidelines for Authors