

UGOTAVLJANJE DEJAVNIKOV, POVEZANIH Z DOSEGANJEM PLATOJA VO_2 PRI TRENIRANIH DEČKIH

Veronika L. KROPEJ

Univerza na Primorskem, Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Inštitut za kineziološke raziskave, SI-6000 Koper, Garibaldijska 1
E-mail: Veronika.Kropej@zrs-kp.si

Branko ŠKOF & Radoje MILIČ

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, SI-1000 Ljubljana, Gortanova 22

Rado PIŠOT

Univerza na Primorskem, Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Inštitut za kineziološke raziskave, SI-6000 Koper, Garibaldijska 1

IZVLEČEK

Doseganje oziroma nedoseganja platoja porabe kisika (VO_2) je še vedno predmet številnih raziskav in študij. Namen te raziskave je 1) primerjati trenirane dečke po doseganju platoja VO_2 , in 2) ugotoviti, kateri antropometrični in fiziološki dejavniki so povezani z doseganjem platoja VO_2 pri treniranih dečkih. V vzorec je bilo vključenih 7 treniranih dečkov (starih $14,9 \pm 0,7$ let, težkih $63,0 \pm 3,7$ kg, visokih $176,8 \pm 5,6$ cm). V povprečju so dosegli vrednosti maksimalne porabe kisika (VO_{2max}) $64,5 \pm 1,6$ ml min^{-1} kg^{-1} . Štirje dečki od sedmih (57%) so dosegli vse tri kriterije za doseg platoja pri VO_2 . Ugotovili smo, da se izmed vseh antropometričnih in fizioloških dejavnikov, ki so bili vključeni v raziskavo, od drugih loči samo en dejavnik, ki statistično značilno razlikuje skupino dečkov, ki so dosegli plato VO_2 , od skupine dečkov, ki tega platoja niso dosegli, in sicer "trajanje teka na tekoči preprogi", ki se nanaša na test maksimalne aerobne moči. V tem primeru spremenljivka določa, koliko časa je bil vadeči sposoben teči na tekoči preprogi in vzdržati določen napor. V povprečju so dečki, ki niso dosegli platoja, tekli $16,02 \pm 0,79$ min, dečki, ki so dosegli plato, pa $14,88 \pm 0,13$ min. Razlike pri drugih antropometričnih in fizioloških spremenljivkah so bile statistično neznačilne ($P > 0,05$), vendar pa so se rezultati nagibali v korist dečkov, ki niso dosegli platoja VO_2 .

Ključne besede: plato VO_2 , trenirani dečki, antropometrija, fiziološki dejavniki, test na tekoči preprogi, vzdržljivost

RICERCA DI FATTORI COLLEGATI AL RAGGIUNGIMENTO DEL PLATEAU VO_2 IN RAGAZZI ALLENATI

SINTESI

Il raggiungimento ossia il non raggiungimento del plateau del consumo d'ossigeno (VO_2) è ancora al centro di numerose ricerche e studi. Scopo della presente ricerca è quello di confrontare ragazzi allenati dopo il raggiungimento del plateau VO_2 , nonché quello di accertare quali fattori antropometrici e fisiologici sono connessi al raggiungimento del plateau VO_2 in tali ragazzi. Inclusi nell'esperimento sette ragazzi allenati, che in media hanno raggiunto valori massimi di consumo d'ossigeno (VO_{2max}) pari a $64,5 \pm 1,6$ ml min^{-1} kg^{-1} . Quattro dei sette ragazzi (57%) hanno soddisfatto tutti i criteri necessari al raggiungimento del plateau VO_2 . Gli autori hanno constatato che il gruppo di ragazzi che ha raggiunto il plateau VO_2 differiva dal gruppo di ragazzi che non ha raggiunto il plateau solamente per uno dei fattori inclusi nella ricerca, e cioè per il "tempo di durata della corsa su tappeto scorrevole".

Parole chiave: plateau VO_2 , ragazzi allenati, antropometria, fattori fisiologici, esperimento su tappeto scorrevole, resistenza

UVOD

Kinetika porabe kisika (VO₂) pri nenadni obremenitvi je navadno opisana s pomočjo eksponentne funkcije z relativno strmim naraščanjem na začetku in počasnim asimptotičnim bližanju k platoju. Hamar *et al.* (1991) so natančneje opisali kinetiko VO₂ in analizirali tri faze. Za prvo, ki se začne takoj po začetku obremenitve, je značilna nenadna porast porabe kisika pri prvem ali drugem vdihu, ki mu sledi plato oziroma stabilizacija. Ta faza traja 20 do 25 sekund. Takoj zatem začne poraba kisika eksponentno rasti – kar ponazarja drugo fazo. Ko druga faza doseže vrhunec, preide v tretjo fazo, ki doseže nivo stabilnega stanja porabe kisika, ali pa, če intenzivnost vadbe narašča, doseže anaerobni prag s počasnim preobratom VO₂ navzgor. Ta raziskava se bo osredotočila predvsem na tretjo fazo, to je fazo doseganja oziroma nedoseganja platoja VO₂.

Pri otrocih in mladostnikih je nivo VO₂ preučevalo veliko predhodnih raziskovalcev in vsi so prišli do različnih deležev tistih, ki so dosegli plato VO₂ in tistih, ki niso. Na primer, Armstrong *et al.* (1995) so odkrili na vzorcu od 111 dečkov (starih 11,1 ± 0,4 leta) in 53 deklic (starih 10,9 ± 0,3 leta) samo 24% dečkov in 36% deklic, ki so dosegli plato VO₂. Po drugi strani sta Mahon & Marsh (1993) našla na vzorcu 26 otrok (starih 9,7 ± 0,8 leta) 54% otrok, ki so dosegli plato VO₂. Različni objektivni in subjektivni kriteriji so bili podani za določanje pravega platoja VO₂. Kriterij platoja je najpomembnejši kriterij pri definiciji maksimalne vrednosti VO₂, saj so mnogi raziskovalci prepričani, da v primeru, če plato ni opažen, najvišji doseženi VO₂ ni vrednoten kot indikator za otrokovo resnično srčno-dihhalno kapaciteto (Rivera-Brown *et al.*, 2001). VO_{2max} je indikator vzdržljivostne kapacitete. Relativna VO_{2max} (rel. VO_{2max}) je največja količina kisika, ki smo jo sposobni porabiti na kg telesne mase v eni minuti.

Raziskovalci so v svojih študijah uporabili različne metode in kriterije za določanje VO_{2max}, kar je gotovo eden izmed razlogov za različna odkritja v njihovih študijah. Tako je na primer raziskava Kemperja & Zunderta (1991) za kriterij doseganja platoja VO₂ določila, da se ne sme v zadnji minuti vadbe VO₂ povečati za več kot 150 ml, srčni utrip (HR [ud min⁻¹]) mora biti vsaj 95% prilagojen letom, respiratorni kvocient (RER) pa mora preseči vrednost 1 med vadbo. RER je razmerje med volumnom izdihanega CO₂ na minuto in volumnom porabljenega O₂ na minuto (VCO₂/VO₂). Pri naporu nad anaerobnim pragom RER preseže vrednost 1, toda normalno nikoli ne preseže vrednosti 1,25, kljub maksimalnim človeškim naporom (Bullock *et al.*, 1995). Patreson *et al.* (1981) so vzeli za kriterij povečanje VO₂ za manj kot 2,1 ml min⁻¹ kg⁻¹ v zadnji minuti vadbe s povečevanjem napora (vadba je trajala do izčrpanosti posameznika). Nevill *et al.* (1998) so določili, da mora biti HR večji od 95%, RER mora biti večji od 1,1 in po-

večanje VO₂ za manj kot 2 ml min⁻¹ kg⁻¹ v zadnji minuti vadbe s povečevanjem napora. Vse študije so imele isti namen: določiti, zakaj nekateri otroci dosežejo plato VO₂, drugi pa ne. Nekateri avtorji so prepričani, da ni razlik med tistimi, ki dosežejo plato VO₂, in tistimi, ki ga ne. Na primer, Rivera-Brown *et al.* (2001) so primerjali maksimalno in povprečno anaerobno moč pri predpubertetnih otrocih, ki so dosegli plato s tistimi, ki ga niso, in niso našli razlik. Po drugi strani so drugi poročali o statistično značilnih razlikah. Ritmeester *et al.* (1985) so odkrili, da so imeli otroci, ki so dosegli plato VO₂, nižji VO_{2max} kot tisti, ki niso dosegli platoja. Kemper & van Zundert (1991), ki sta se osredotočila na antropometrične razlike med otroki, ki so, in takimi, ki niso dosegli platoja VO₂ med maksimalno obremenitvijo na tekoči preprogi, sta poročala, da je večja mišična masa na nogi vodila do relativno višje VO_{2max}, ne da bi prišlo do platoja porabe kisika. Borrani *et al.* (2001) poudarjajo, da mehanizmi za razlago platoja pri VO₂ niso povsem pojasnjeni. V svoji študiji so se osredotočili predvsem na t.i. VO₂ – počasno komponento, ki ponazarja porast VO₂ med visoko-intenzivno vadbo pri konstantni obremenitvi. Namigujejo, da je eden od razlogov za pojav VO₂ počasne komponente lahko rekrutacija hitrih mišičnih vlaken, ki naj bi kompenzirale primanjkljaj počasnih mišičnih vlaken. Niesen-Vertommen *et al.* (1995) so merili na otrocih VO_{2max} maksimalno moč in povprečno moč na sobnem kolesu in odkrili višjo anaerobno moč pri tistih otrocih, ki so dosegli plato. Tudi Duncan *et al.* (1996), ki so merili VO_{2max} na dečkih na tekoči preprogi, so ugotovili, da tisti dečki, ki so dosegli plato, kažejo višje vrednosti pri anaerobni moči in kapaciteti in drugih kazalcih anaerobnih sposobnosti, kot tisti, ki platoja niso dosegli. Težko je enotno odgovoriti na to, kaj je povezano z doseganjem platoja VO₂ pri otrocih.

Namen te raziskave je 1) primerjati trenirane dečke po doseganju platoja VO₂, in 2) ugotoviti, kateri antropometrični in fiziološki dejavniki so povezani z doseganjem platoja VO₂ pri treniranih dečkih. Na podlagi teh ugotovitev bomo lahko sklepali, po katerih spremembah se dečki, ki so dosegli plato, razlikujejo od dečkov, ki niso dosegli platoja.

MATERIAL IN METODE

Merjenci

V analizo je bilo vključenih 7 treniranih dečkov, ki v povprečju 5 let trenirajo teke na srednje proge tj. tek na 800 m, 1000 m in 1500 m. V povprečju so bili stari 14,9 ± 0,7 let, teži 63,0 ± 3,7 kg, visoki 176,8 ± 5,6 cm. Njihova povprečna vrednost maksimalne porabe kisika (VO_{2max}) je bila 64,5 ± 1,6 ml min⁻¹ kg⁻¹. Za primerjavo lahko navedemo, da so netrenirani dečki dosegli povprečno vrednost VO_{2max} 50,8 ± 5,9 ml min⁻¹ kg⁻¹ (Kropej *et al.*, 2005).

Eksperimentalni postopek

Pred začetkom meritev so bili otroci natančno seznanjeni s testnimi nalogami in inštrumenti. Eksperimentalni postopek je bil razdeljen na 2 merilna dneva. V prvem je bilo opravljeno merjenje časa teka na 20 metrov z letečim štartom, test eksplozivne moči in izmerjene so bile antropometrične značilnosti. V drugem je bil napravljen test maksimalne aerobne moči. Med prvim in drugim merjenjem je minilo 3 do 5 dni.

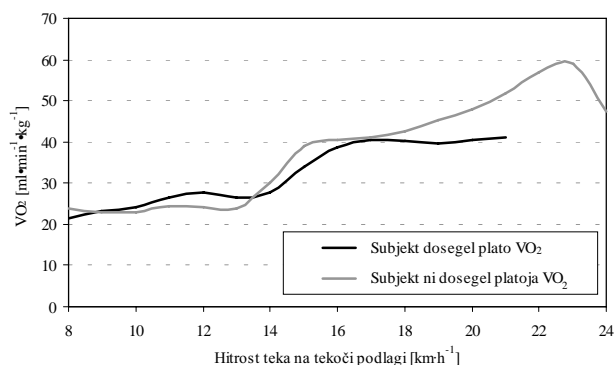
Protokol

Test maksimalne aerobne moči se je opravljal na tekoči preprogi. Otroci so opravljali večstopenjski obremenilni test, pri čemer se je hitrost povečevala vsako minuto pri stalnem 5% naklonu tekoče preproge. Začetna hitrost je bila 8 km h^{-1} . Hitrost je naraščala vsako minuto za 1 km h^{-1} do lastne izčrpanosti. Pred testom so se otroci 11 minut ogrevali pri 6 do 8 km h^{-1} brez naklona. Test so preiskovanci opravljali s prenosno "breath by breath" telemetrijsko enoto K4b Cosmed (Italija), s katero je bila izmerjena ventilacija (V_e [l]) je volumen zraka, ki ga vdihamo ali izdihamo), največja relativna poraba kisika (rel. VO_{2max}) in respiratorni kvocient (RER). Prednost prenosne telemetrijske naprave je v tem, da zaradi lahke uporabe (maska na obrazu meri izmenjavo plinov) in nizke teže (tehta samo 600g) omogoča opravljanje meritev med samo aktivnostjo na katerem koli terenu oziroma v situacijskem okolju kot tudi po standardnih protokolih v laboratoriju. Frekvenca srčnega utripa (HR) je bila merjena z merilniki srčnega utripa Polar in telemetrijsko enoto Polar (Oulu, Finska).

Čas teka na 20 m z letečim štartom je bil izmerjen z napravo Brower Timing System (USA). Merjenci so imeli pred merjenjem 10-20 m pospeševalne cone.

Vertikalni skok iz pol-čepa in skok z nasprotnim gibanjem sta bila merjena na tenziometrični plošči Kistler, 9278 Winterthur (Švica) v laboratoriju. Višina skoka je bila izračunana iz časa leta. Pri skoku iz pol-čepa je subjekt napravil vertikalni skok iz pol-čepa (kot v kolenu je 90°), hrbet je imel izravnane in obe roki v bokih. Merjenec je opravil test brez nasprotnega gibanja. Pri skoku z nasprotnim gibanjem je merjenec štartal iz vzravnane pozicije z rokami v boku, izvedel gibanje navzdol (po koncu nasprotnega gibanja je kot v kolenu 90°) in napravil vertikalni skok.

Iz antropometričnih meritev je bilo vsakemu otroku izračunana masa mišičnega in maščobnega tkiva v kilogramih ter pretvorjena v deleže. Relativni delež maščobnega in mišičnega tkiva je bil izračunan na podlagi metode po Matiegki (1921).



Sl. 1: Primer kinetike VO_2 .

Fig. 1: An example of VO_2 kinetics.

Kriteriji za doseganje platoja VO_2 so bili povzeti po študiji Rivera-Brown *et al.* (2001) ter Karila *et al.* (2001) in so bili enaki kot pri raziskavi doseganja platoja pri VO_2 pri netreniranih otrocih (Kropej *et al.*, 2002). Otrok je dosegel plato VO_2 , če so bili izpolnjeni naslednji kriteriji: 1) $RER \geq 1,0$; 2) $HR \geq 90\%$ maksimalnega ($220 - \text{starost otroka}$), in 3) sprememba VO_2 v zadnji minuti vadbe $\leq 2 \text{ ml min}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ s povečevanjem napora. Primer kinetike VO_2 pri subjektu, ki je dosegel plato VO_2 , in subjektu, ki platoja ni dosegel, je prikazan na sliki 1.

Statistična analiza

Izračunali smo delež dečkov, ki dosegajo vse kriterije za plato VO_2 , ter povprečne vrednosti in standardne odklone za vse spremenljivke. Za ugotavljanje razlik v antropometričnih in fizioloških dejavnikih med dečki, ki so dosegli plato, in tistimi, ki ga niso, smo uporabili neparametrični *Mann-Whitneyev U test* kot alternativni test *t-testu* za neodvisna vzorca. Nivo statistične značilnosti ocene parametra (α napaka) je znašal 0,05.

REZULTATI

Doseganje kriterijev za plato VO_2

Prvi kriterij ($RER \geq 1,0$) je izpolnilo vseh 7 dečkov. Drugi kriterij ($HR \geq 90\%$) je izpolnilo 6 dečkov (86%). Tretji kriterij ($\Delta VO_2 \leq 2 \text{ ml min}^{-1} \text{ kg}^{-1}$) pa je izpolnilo 5 dečkov (71%). Za doseganje platoja VO_2 so morali biti izpolnjeni vsi trije kriteriji; dosegli so ga štirje dečki.

Primerjava dečkov, ki so dosegli plato VO_2 , s tistimi, ki ga niso

Statistično značilne razlike ($P < 0,05$) med dečki, ki so dosegli plato, in tistimi, ki ga niso, je določena pri spremenljivki *trajanje teka na tekoči preprogi*, ki se nanaša na test maksimalne aerobne moči. V tem pri-

meru spremenljivka določa, koliko časa je bil vadeči sposoben vzdržati določen napor. Štirje dečki od sedmih (57%) so izpolnili vse tri kriterije za doseg platoja VO₂. V Tabeli 1 so prikazani rezultati analize doseganja platoja VO₂ za trenirane dečke.

Analiza doseganja platoja VO₂ pri treniranih dečkih je pokazala, da se tisti, ki dosegajo plato VO₂, in tisti, ki ga ne dosegajo, statistično značilno razlikujejo le v spremenljivki *trajanje teka na tekoči preprogi*. To ni presenetljivo, saj je vzorec majhen, vsi trenirajo v enakih razmerah in sestavljajo homogeno skupino. Kljub temu je opazna razlika med skupinama.

Tab. 1: Povzetek rezultatov raziskave doseganja platoja VO₂ pri treniranih dečkih (povprečne vrednosti spremenljivke ± standardni odklon).

Tab. 1: Summary of the results obtained while studying trained boys in achieving the VO₂ plateau (average variable values ± standard deviation).

	Plato (n = 4)	Brez platoja (n = 3)	U-test* (P)
Starost (leta)	14,75 ± 0,50	15,00 ± 1,00	0,69
Višina (cm)	177,00 ± 4,83	176,67 ± 7,77	0,99
Teža (kg)	61,75 ± 4,11	64,67 ± 3,06	0,29
HRmax (ud·min ⁻¹)	198,00 ± 4,76	205,00 ± 9,85	0,28
VO _{2max} (ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)	63,93 ± 1,76	65,33 ± 1,17	0,29
RERmax	1,09 ± 0,029	1,04 ± 0,04	0,29
Ve (l·min ⁻¹)	134,56 ± 10,01	155,17 ± 15,61	0,16
Trajanje teka na tekoči preprogi (min)	14,88 ± 0,13	16,02 ± 0,79	0,03
Vertikalni skok iz polčepa (cm)	34,01 ± 6,12	37,21 ± 6,02	0,48
Vertikalni skok z nasprotnim gibanjem (cm)	37,09 ± 4,25	39,54 ± 5,21	0,48
Delež maščobnega tkiva (%)	8,40 ± 0,98	7,57 ± 0,31	0,29
Delež mišičnega tkiva (%)	51,73 ± 0,37	53,57 ± 2,91	0,48
Debelina kožne gube na stegnu (mm)	7,40 ± 1,94	6,00 ± 0,20	0,15
Debelina kožne gube nadlahti (mm)	5,70 ± 1,99	5,40 ± 0,53	0,48
Čas teka na 20 m z letečim štartom (s)	2,37 ± 0,07	2,27 ± 0,06	0,13

* točna stopnja značilnosti testiranja razlik med aritmetičnima sredinama pri dveh neodvisnih vzorcih

Rezultati iz zgornje tabele nakazujejo "prednost" dečkov brez platoja VO₂ pred tistimi, ki so dosegli ta plato. V vseh navedenih spremenljivkah imajo dečki brez platoja namreč boljši rezultat. To se kaže predvsem v naslednjih treh spremenljivkah: *ventilaciji (Ve)*: merjenci, ki so dosegli plato VO_{2max}, imajo v povprečju nižjo ventilacijo (134,53 l min⁻¹) od merjencev, ki omenjenega platoja niso dosegli (155,17 l min⁻¹); *kožni gubi na stegnu*: merjenci, ki so dosegli plato VO_{2max}, imajo v povprečju večjo kožno gubo na stegnu (7,40 mm) od merjencev, ki

omenjenega platoja niso dosegli (6,00 mm); *času teka na 20 metrov z letečim štartom*: merjenci, ki so dosegli plato VO_{2max}, imajo v povprečju slabši rezultat pri teku na 20 metrov z letečim štartom (2,37 s) od merjencev, ki omenjenega platoja niso dosegli (2,27 s).

RAZPRAVA

Statistično značilno razliko (P < 0,05) med dečki, ki so dosegli plato, in tistimi, ki ga niso, smo ugotovili pri spremenljivki *trajanje teka na tekoči preprogi*, ki se nanaša na test maksimalne aerobne moči. Dečki brez platoja vzdržijo obremenitev v povprečju za dve minuti dlje. Pri drugih spremenljivkah ni statistično značilnih razlik. Glavni razlog je verjetno v majhnosti vzorca in v trenajnem procesu, ki je za vse enak.

Analiza naše študije na treniranih dečkih je pokazala, da je doseglo plato 57% dečkov. Pri treniranih je VO_{2max} večja pri dečkih, ki ne dosegajo platoja. To ugotovitev potrjuje tudi študija Ritmeestra in sodelavcev (1985), ki je odkril, da imajo otroci, ki dosegajo plato VO₂, nižjo VO_{2max} kot tisti, ki platoja ne dosegajo. Podobne so bile tudi ugotovitve analize doseganja platoja pri netreniranih otrocih. Pri netreniranih je plato VO₂ doseglo 56% otrok, in tudi pri tistih, ki so dosegli plato, je bila opažena nižja VO_{2max} (Kropej *et al.*, 2002).

Vse te ugotovitve nakazujejo, da so dečki, ki ne dosegajo platoja v boljši telesni pripravljenosti oziroma kondiciji kot dečki, ki dosegajo plato. Kljub vsemu pa so znotraj skupine razlike, ki natančno kažejo razlike med dečki, ki dosegajo plato, in tistimi, ki ga ne dosegajo. Povprečna VO_{2max} pri dečkih s platojem je 63,9 ml min⁻¹ kg⁻¹, pri dečkih brez platoja pa 65,3 ml min⁻¹ kg⁻¹. Rowland (1996) je mnenja, da maščobno tkivo znižuje relativno VO₂, saj so subjekti z manj maščobnega tkiva in z večjo mišično maso fizično zmogljivejši in sposobni dalj časa teči pri VO_{2max}. V naši raziskavi imajo dečki, ki so dosegli plato, višji delež maščobnega tkiva v primerjavi s tistimi, ki platoja niso dosegli. Kemper & van Zundert (1991) sta prišla do podobnih ugotovitev, in sicer, da je razlika med otroki, ki dosegajo plato, in tistimi, ki ga ne dosegajo, povezana z določenimi antropometričnimi značilnostmi in mišično maso. Ugotovila sta, da več mišičnega tkiva na nogi vodi do večje VO_{2max} brez doseganja platoja VO₂. To ugotovitev sta povezala s spolom in ugotovila, da dekleta, ki imajo manjši delež mišičnega tkiva, v večji meri dosegajo plato VO₂ kot fantje. Še več, 5 let po prvem testiranju (pri starosti 20 let) so se razlike še povečale. Postavlja pa se vprašanje, kaj bi bilo, če bi VO_{2max} izrazili relativno glede na nemastno maso. Ali bi se tudi v tem primeru izrazile spremembe med merjenci, ki dosegajo plato, in tistimi, ki ga ne?

Carra *et al.* (2003) so v svoji raziskavi ugotovili, da imajo merjenci, ki so presegli plato, povečano ventilacijo. Ta vodi do povečanega mehanskega dela dihalnih mišic in posledično do povečane zahteve po kisiku v

teh mišicah. Borrani *et al.* (2001) so mnenja, da je pojav počasne komponente lahko povezan z rekrutacijo hitrih mišičnih vlaken, potem ko se storilnost počasnih vlaken zniža. Poudarjajo, da je pri submaksimalnem naporu že dokazano, da se najprej rekrutirajo počasna mišična vlakna, pri visoko intenzivnem naporu, kjer se zniža pH, neorganski fosfat poveča in da pride do akumulacije kalija. Mnenja so, da morajo te metabolične modifikacije privedi do rekrutacije drugih mišičnih vlaken, v katere vključujejo tudi hitra mišična vlakna. Menimo, da je delež počasnih ali hitrih vlaken, ki se bo rekrutiral, odvisen od same mišice, kajti na primer mišica soleus ima večji delež počasnih mišičnih vlaken.

Sklepamo, da so otroci z več maščobnega tkiva in nižjo VO_{2max} (slabša aerobna moč) prišli do platoja VO₂ hitreje, ker so se prej utrudili. Otroci, ki so dosegli plato VO₂, niso bili sposobni zdržati zahtevane intenzivnosti, zato je bil njihov čas do izčrpanosti krajši. To dokazuje parameter *trajanje teka na tekoči preprogi*, saj so dečki s platojem manj časa vzdržali obremenitev. Demarle *et al.* (2001) so mnenja, da je zaradi pospešenega srčnega utripa in povečanega udarnega volumna mogoče sklepati, da je prenos kisika do aktivne mišice izboljšán že na začetku vadbe, zaradi česar lahko posameznik preseže plato. Vse te značilnosti se kažejo v rezultatih pri testih največje aerobne zmogljivosti. Zaključili so, da je kisikov primanjkljaj povezan s povečanjem časa do izčrpanosti pri intenzivnem teku, ki je opravljen po specifičnem vzdržljivostnem programu treniranja. Po drugi strani pa ugotavljamo, da so osebe z nasprotnimi značilnostmi (večja mišična masa, boljši prenos kisika, višja VO_{2max}, daljši čas do izčrpanosti) tudi lahko dosegle plato VO₂, toda ker še niso prišle do faze izčrpanosti, so lahko nadaljevale vadbo nad nivo platoja VO₂, dokler niso dosegle svojega pravega VO_{2max}.

ZAKLJUČEK

Namen te raziskave je bil primerjati trenirane dečke po doseganju platoja VO₂ in ugotoviti, kateri antropometrični in fiziološki dejavniki so povezani z doseganjem platoja VO₂ pri treniranih dečkih. Vprašanje, ki smo si ga zastavili, je bilo, zakaj nekateri dečki dosegajo plato, drugi pa ga ne dosežejo oziroma presežejo, čeprav so deležni enakega procesa treniranja. Ugotovili smo, da so razlike minimalne (samo v spremenljivki *trajanje teka na tekoči preprogi* so razlike statistično značilne), kar bi verjetno lahko pripisali majhnosti vzorca. Pri vseh naštetih spremenljivkah se rezultati nagibajo v korist dečkov, ki platoja niso dosegli oziroma so ga presežli. Zato smo mnenja, da je na osnovi dobljenih rezultatov težko sklepati, zakaj eni dosežejo plato in se prej utrudijo, drugi pa ga presežejo in so telesno sposobnejši. Gotovo imajo določen vpliv na to tudi drugi dejavniki (razvojne razlike, genetika, izkušensko bogato okolje), ki pa jih v naši raziskavi nismo spremljali in so možna izhodišča naslednjih raziskav.

Glavna ugotovitev te raziskave je, da se izmed vseh antropometričnih in fizioloških dejavnikov, ki so bili vključeni v raziskavo, od drugih loči samo en dejavnik, ki statistično značilno razlikuje skupino dečkov, ki so dosegli plato VO₂ (teh je bilo 57%), od skupine dečkov, ki niso dosegli platoja VO₂. Ta dejavnik je *trajanje teka na tekoči preprogi* in se nanaša na test maksimalne aerobne moči. V povprečju so dečki, ki niso dosegli platoja, tekli 16,02 ± 0,79 min, dečki, ki so dosegli plato, pa 14,88 ± 0,13 min. Razlike pri drugih antropometričnih in fizioloških spremenljivkah so bile statistično neznačilne (P > 0,05), vendar so se rezultati nagibali v korist dečkov, ki niso dosegli platoja VO₂.

THE FACTORS ASSOCIATED WITH ACHIEVEMENT OF VO₂ PLATEAU IN TRAINED BOYS

Veronika L. KROPEJ

University of Primorska, Science and Research Centre of Koper, Institute of Kinesiology Research, SI-6000 Koper, Garibaldijeva 1
E-mail: Veronika.Kropej@zrs-kp.si

Branko ŠKOF & Radoje MILIČ

University of Ljubljana, Faculty of Sport, SI-1000 Ljubljana, Gortanova 22

Rado PIŠOT

University of Primorska, Science and Research Centre of Koper, Institute of Kinesiology Research, SI-6000 Koper, Garibaldijeva 1

SUMMARY

Many researchers have investigated the achieving and non-achieving the oxygen consumption (VO₂) plateau. The purpose of this research was 1) to compare trained boys who achieve the plateau, with those who do not, and 2) to determine which anthropometric and physiological factors influence the achievement of VO₂ plateau in trained boys. The sample comprised 7 trained boys (age 14.9 ± 0.7 yrs, weight 63.0 ± 3.7 kg, height 176.8 ± 5.6 cm). The

boys exhibited average VO_{2max} values of $64.5 \pm 1.6 \text{ ml min}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ during the exercise. The criteria for achieving the plateau were respiratory exchange rate greater or equal to 1.0, heart rate greater or equal to 90 % of the predicted age-adjusted maximal heart rate, and the change in VO_2 in the last minute of exercise less or equal to $2 \text{ ml min}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ with an increase in workload. Four boys (out of seven) (57%) met all three criteria for achieving the plateau in VO_2 . We found there was only one physiological factor, from all anthropometric and physiological factors that were included in this research, which drew a distinction between boys who achieved a plateau in VO_2 and those who did not. This factor is the "duration of the treadmill test", which relates to the test of maximal aerobic power. In this case the variable determines how long the subject is capable to run on a treadmill and to sustain defined effort. On average, boys who did not achieve a plateau ran $16.02 \pm 0.79 \text{ min}$ and boys who achieved a plateau ran $14.88 \pm 0.13 \text{ min}$. Differences in all others variables were not statistically significant (an alpha level of $P < 0.05$ was considered significant), although all the obtained results were more in favour of the boys who did not achieve a plateau in VO_2 .

Key words: VO_2 plateau, trained boys, anthropometry, physiological factors, treadmill test, endurance performance

LITERATURA

- Armstrong, N., B. J. Kirbi, A. M. McManus & J. R. Welsman (1995):** Aerobic fitness of prepubescent children. *Ann. Hum. Biol.*, 23(2), p. 188.
- Borroni, F., R. Candau, G. Y. Millet, S. Perrey, J. Fauchslocher & J. D. Rouillon (2001):** Is the VO_2 slow component dependent on progressive recruitment of fast-twitch fibers in trained runners? *J. Appl. Phys.*, 90, 2212–2220.
- Bullock, J., J. Boyle & M. B. Wang (1995):** *Physiology*. 3rd Edition. Williams & Wilkins, Malvern, PA.
- Carra, J., R. Candau, S. Keslacy, F. Giolbas, F. Borroni, G. P. Millet, A. Varray & M. Ramonatxo (2003):** Addition of inspiratory resistance increases the amplitude of the slow component of O_2 uptake kinetics. *J. Appl. Phys.*, 94, 2448–2455.
- Demarle, A. P., J. J. Slawinski, L. P. Laffite, V. G. Bocquet, J. P. Koralzstein & V. L. Billat (2001):** Decrease of O_2 deficit is a potential factor in increased time to exhaustion after specific endurance training. *J. Appl. Phys.*, 90(3), 947–53.
- Duncan, G. E., A. D. Mahon, C. A. Howe & P. Del Corral (1996):** Plateau in oxygen uptake at maximal exercise in male children. *Ped. Exer. Sci.*, 8, 77–86.
- Hamar, D., M. Tkac, L. Komadesl & O. Kuthanova (1991):** Oxygen uptake kinetics at various intensities of exercise on the treadmill in young athletes. *Ped. W. Phys.*, 15, 187–200.
- Karila, C., J. de Blic, S. Waernessyckle, M. R. Benoist & P. Scheinmann (2001):** Cardiopulmonary exercise testing in children. *Chest*, 120, 81–87.
- Kemper, H. C. G. & A. van Zundert (1991):** Role of leg muscle mass in reaching a levelling-off in oxygen uptake during maximal treadmill running in male and female adolescents. In: Frenkl, R. & I. Szmodis (eds): *Children and Exercise*. *Ped. W. Phys.*, p. 65–73.
- Kropej, V. L., B. Škof & R. Milič (2002):** Achievement of VO_2 plateau in children. 3rd Int. Sci. Conf. "Kinesiology – new perspectives", Opatija, Croatia. Faculty of kinesiology, University of Zagreb, Zagreb, p. 511–514.
- Kropej, V. L., B. Škof & R. Milič (2005):** The influence of aerobic and anaerobic characteristics of children of different age on achievement of VO_2 plateau. *Biol. Sport*, 22(1), 67–79.
- Mahon, A. D. & M. L. Marsh (1993):** Ventilatory threshold and VO_2 plateau at maximal exercise in 8- to 11-year old children. *Ped. Exer. Sci.*, 5, 332–38.
- Matiegka, J. (1921):** The testing of physical efficiency. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 4, 223–230.
- Nevill, A. M., R. L. Holder, A. Baxter-Jones, J. M. Round & D. A. Jones (1998):** Modeling developmental changes in strength and aerobic power in children. *J. Appl. Phys.*, 84(3), 963–70.
- Niesen-Vartommen, S., D. C. McKenzie, D. K. Jespersen & S. P. D. Tumer (1995):** Anaerobic power measurement and VO_2 plateau in children. *Med. Sci. Sports Exer.*, 27, S14.
- Paterson, D. H., D. A. Cunningham & A. Donner (1981):** The effect of different treadmill speeds on the variability of VO_{2max} in children. *Eur. J. Appl. Phys.*, 47, 113–22.
- Ritmeester, J. W., H. C. G. Kemper & R. Verschuur (1985):** Is a levelling-off criterion in oxygen uptake a prerequisite for a maximal performance in teenagers? In: Binkhorst, R. A., H. C. G. Kemper & W. H. M. Saris (eds.): *Children and Exercise XI*. *Hum Kin*, p. 161–169.
- Rivera-Brown, A. M., M. Alvarez, J. R. Rodriguez-Santana & P. J. Benetti (2001):** Anaerobic power and achievement of VO_2 plateau pre-pubertal boys. *Int. J. Sports Med.*, 22, 111–115.
- Rowland, T. W. (1996):** Exercise testing. In: Rowland, T. W. (ed.): *Developmental exercise physiology*. *Hum Kin*, 27–47.