

UTICAJ TRENINGA U PREADOLESCENTNOM UZRASTU NA KARDIORESPIRATORNU IZDRŽLJIVOST

Dragan Radovanović¹, Marko Aleksandrović¹, Nenad Đ. Stojiljković¹, Aleksandar Ignjatović², Tijana Popović³ i Marjan Marinković⁴

Kardiorespiratorna ili aerobna izdržljivost je sposobnost čitavog tela da održava dugotrajnu fizičku aktivnost i uključuje relativno velike mišićne grupe. Stavovi o mogućem uticaju treninga na kardiorespiratornu izdržljivost kod preadolescenata su oprečni. Prikazano istraživanje je obuhvatilo ukupno 195 dečaka starih između 11 i 12 godina. Eksperimentalnu grupu (n=92) činila su deca uključena u planirani i programirani vaterpolo trening tokom najmanje dve godine. Kontrolnu grupu (n=103) činili su učenici koji su imali samo redovnu nastavu fizičkog vaspitanja u školi. Protokol istraživanja obuhvatao je standardizovana antropometrijska merenja i funkcionalna testiranja, koja su izvedena prema odgovarajućim protokolima. Statistička analiza dobijenih rezultata je pokazala da između grupa nije bilo značajnih razlika u godinama starosti i relativnim vrednostima najveće potrošnje kiseonika (VO_{2peak}). Telesna visina i masa, kao i debljina kožnih nabora bili su statistički značajno veći kod ispitanika eksperimentalne grupe. Vrednosti apsolutne VO_{2peak} , FVC i $FEV_{1.0}$ su takođe bile statistički značajno veće kod ispitanika uključenih u vaterpolo trening. Dobijeni nalazi ukazuju na važnost sistematskog trenažnog procesa već u ovom periodu razvoja kao načina za sticanje značajnih funkcionalnih prednosti. Smatramo da je pravilno planiran i programiran trenažni proces efektivan za razvoj kardiorespiratorne izdržljivosti već u preadolescentnom periodu. *Acta Medica Medianae* 2009;48(1):37-40.

Ključne reči: *trening, izdržljivost, vaterpolo, VO_{2peak}*

Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Nišu¹
Pedagoški fakultet u Jagodini Univerziteta u Kragujevcu²
Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu³
Vojna akademija Beograd⁴

Kontakt: Dragan Radovanović
Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Nišu
Čarnojevića 10a
18000 Niš, Srbija
Tel.: 018/ 511-940 lok.106
E-mail: drdr@bankerinter.net

Uvod

Biološki razvoj dece srednjeg školskog uzrasta teče intenzivno, neravnomerno i heterohrono. Nagle promene zapažaju se sa početkom puberteta. Kod dečaka pubertet počinje između 12. i 13. godine uz znatna individualna odstupanja. Zbog toga se često u uzrastu od 11. do 15. godine biološka starost ne podudara sa hronološkom. Razvoj motoričkih sposobnosti takođe ne teče ravnomerno. Postoje periodi kada se pojedine sposobnosti ubrzano razvijaju, da bi zatim nastupili periodi usporenijeg razvoja. Periodi razvoja tokom kojih specifični uticaji na organizam izazivaju pojačanu reakciju i kao rezultat te reakcije mogu se proizvesti optimalni efekti, koji se nazivaju "senzitivnim periodima". Brzina reagovanja i frekvencija pokreta su sposobnosti koje se razvijaju dinamično u periodu od 7. do 11. ili 12. godine (1). Razvoj izdržljivosti se sa uzrastanjem neravnomerno menja, ali sa tendencijom ka povećanju. Period

puberteta se smatra veoma senzitivnim za razvoj aerobne i anaerobne izdržljivosti (2).

Plućna funkcija se razvija i povećava sa uzrastom. Plućni volumeni i kapaciteti rastu sve do dostizanja fizičke zrelosti. Navedena povećanja su u direktnom odnosu sa rastom veličine tela. Pokazatelji funkcije kardiovaskularnog sistema takođe variraju u zavisnosti od veličine tela (3). Deca imaju niži udarni volumen i krvni pritisak, ali višu frekvencu srca nego odrasli. Deca mlađeg uzrasta su sklonija tahikardiji i tahipneji tokom fizičke aktivnosti, jer na taj način prilagođavaju svoj mali kardiorespiratorni potencijal datom nivou opterećenja. Pri submaksimalnim opterećenjima arterio-venska razlika u kiseoniku kod dece je veća nego kod odraslih, čime se kompenzuje manji udarni volumen srca (4,5). Pобоljšanjem plućne i kardiovaskularne funkcije tokom rasta povećava se i aerobni kapacitet. Najveće vrednosti kod osoba koje se ne bave sportom dostižu se kod muškaraca u periodu od 17. do 21. godine, a kod devojaka od 12. do 15. godine (5,6).

Kardiorespiratorna izdržljivost ili aerobna izdržljivost je sposobnost čitavog tela da održava dugotrajnu fizičku aktivnost i uključuje relativno velike mišićne grupe. Kardiorespiratorna izdržljivost je povezana sa razvojem sposobnosti kardiovaskularnog i respiratornog sistema da održavaju dopremanje kiseonika do angažovanih mišića tokom dugotrajne fizičke aktivnosti, kao i sa sposobnošću mišića da neophodnu energiju dobijaju aerobnim procesima. Navedeno je razlog zbog koga

se termini kardiorespiratorna i aerobna izdržljivost ponekad koriste kao sinonimi.

Većina naučnika koji proučavaju fizičku aktivnost smatraju da je maksimalna potrošnja kiseonika (VO_{2max}) ponekad nazvana maksimalna aerobna moć ili maksimalni aerobni kapacitet, najobjektivnija laboratorijska mera kardiorespiratorne izdržljivosti. Maksimalna potrošnja kiseonika VO_{2max} predstavlja najveću količinu kiseonika koju organizam može primiti, tj. potrošiti tokom jednog minuta opterećenja maksimalnog intenziteta. Vrednost VO_{2max} može biti direktno merena ili procenjena, u zavisnosti od tehničkih karakteristika korišćene opreme, protokola testa, vremena i trajanja opterećenja (7). Kada se vrši procena maksimalne potrošnje kiseonika, pri čemu se test završava na submaksimalnom nivou opterećenja uz ekstrapolaciju rezultata do maksimalnih vrednosti, koristi se termin najviša vrednost ili pik potrošnje kiseonika (VO_{2peak}). Da bi se dobila vrednost VO_{2peak} potrebno je postupkom kontinuiranog progresivnog opterećenja postići intenzitet koji dopušta minimalno trajanje od 3 do 5 min, pri čemu je dostignuto plato potrošnje kiseonika.

Sa treningom izdržljivosti više kiseonika može se dopremiti i iskoristiti u aktivnim mišićima. Ta poboljšanja dopuštaju pojedincu da izvodi fizičku aktivnost za koju je neophodna izdržljivost višim intenzitetom, poboljšavajući mogućnost izvođenja.

Metode rada

Uzorak ispitanika sačinjavalo je ukupno 195 zdravih osoba muškog pola, uzrasta 12 godina \pm 6 meseci. Celokupni uzorak ispitanika bio je podeljen na dva subuzorka. Prvi subuzorak, njih 92, činili su eksperimentalnu grupu. U ovu grupu svrstani su oni ispitanici koji su se najmanje dve godine bavili vaterpolom u klubovima iz Beograda, Zemuna i Niša.

Drugi subuzorak, njih 103, činili su kontrolnu grupu. Tu su svrstani učenici koji su imali samo redovnu nastavu fizičkog vaspitanja u školi kao oblik organizovane fizičke aktivnosti. Potencijalni ispitanici za ovu grupu su u svojim školama najpre anketirani u vezi sa angažovanjem u sportu. Samo oni učenici koji se nisu bavili sportom, iz četiri osnovne škole sa teritorije grada Niša, bili su svrstani u ovu grupu.

Svim ispitanicima, njihovim roditeljima i trenerima date su informacije o ciljevima, toku, učestvovanju i eventualnim neželjenim efektima istraživanja. Svi ispitanici su bili podvrgnuti opštem lekarskom pregledu pre uključivanja u istraživanje. Celokupni protokol istraživanja obavljan je u prisustvu roditelja i/ili trenera. Nijedan od ispitanika nije imao anamnestički podatak ili klinički nalaz o vežbanjem-uzrokovanoj bronhokonstrikciji.

Procedure. Merenje visine tela, telesne težine i debljine kožnog nabora vršeno je prema standardizovanoj proceduri (8) antropometrom (GPM, Švajcarska), elektronskom vagom (Tefal, Francuska) i kaliperom (GPM, Švajcarska).

U cilju procene plućne funkcije mereni su forsirani vitalni kapacitet (FVC) i forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi ($FEV_{1.0}$) kompjuterizovanim spirometrom (Spirocomp, Nemačka). Merenje je sprovedeno pre testa za određivanje VO_{2peak} .

Od ispitanika je zahtevano da izvedu izdah prema standardizovanoj proceduri (9) u ukupno tri merenja. Za rezultat je korišćeno merenje u kojem su postignute najviše vrednosti $FEV_{1.0}$.

Maksimalna potrošnja kiseonika procenjena je metodom ekstrapolacije nakon standardizovanog kontinuiranog submaksimalnog testa na nožnom biciklegometru (Kettler, Nemačka) uz telemetrijski monitoring srčanog rada (Polar, Finska). Priprema opreme, zagrevanje ispitanika i registracija podataka tokom testa vršena je na osnovu standarda (7,8).

Sva testiranja su vršena u prepodnevnom časovima, u prostoriji u kojoj je temperatura iznosila 21-23°C, vlažnost vazduha 55-60%, tako da su mikroklimatski uslovi odgovarali standardima za laboratorijska funkcionalna testiranja (7,8). Za obradu rezultata istraživanja korišćen je statistički paket SPSS for Windows (Release 10.0, Chicago, IL, USA).

Rezultati

Antropometrijske karakteristike ispitanika i vrednosti fizioloških parametara prikazani su u Tabelama 1 i 2. Svi rezultati su predstavljeni kao srednja vrednost \pm standardna devijacija.

Tabela 1. Antropometrijske karakteristike ispitanika eksperimentalne i kontrolne grupe

Karakteristika (jedinica)	Eksperimentalna grupa (n=92)	Kontrolna grupa (n=103)	P vrednost
Uzrast (godine)	11.3 \pm 0.4	11.4 \pm 0.3	p > 0.05
Telesna visina (cm)	156.98 \pm 8.36	151.53 \pm 8.39	p < 0.05
Telesna težina (kg)	51.02 \pm 11.19	43.54 \pm 11.1	p < 0.05
Debljina kožnog nabora na trbuhu (mm)	21.15 \pm 14.94	17.65 \pm 10.58	p < 0.05
Debljina kožnog nabora na leđima (mm)	14.33 \pm 8.99	11.32 \pm 7.82	p < 0.05
Debljina kožnog nabora nadlakti (mm)	16.81 \pm 8.81	13.77 \pm 7.98	p < 0.05

Svi rezultati su predstavljeni kao srednja vrednost \pm standardna devijacija.

Tabela 2. Funkcionalni parametri kod ispitanika eksperimentalne i kontrolne grupe

Parametar (jedinica)	Eksperimentalna grupa (n=92)	Kontrolna grupa (n=103)	P vrednost
FVC (l)	3.73 \pm 0.68	3.24 \pm 0.63	p < 0.05
$FEV_{1.0}$ (l)	3.15 \pm 0.44	2.74 \pm 0.48	p < 0.05
VO_{2peak} ($L \cdot min^{-1}$)	2.41 \pm 0.42	1.99 \pm 0.52	p < 0.05
VO_{2peak} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	48.09 \pm 9.85	46.90 \pm 11.39	p > 0.05

Svi rezultati su predstavljeni kao srednja vrednost \pm standardna devijacija. FVC - forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi, $FEV_{1.0}$ - forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi, VO_{2peak} - najviša vrednost ili pik potrošnje kiseonika.

Diskusija

Kardiorespiratorna izdržljivost pojedinca je određena velikim brojem faktora. Najznačajniji među njima su: godine starosti, pol, telesna težina, genotip, fizička aktivnost (stepen utreniranosti), akutne i neke preležane bolesti itd (10). Kardiorespiratorna izdržljivost se smatra, po većini objavljenih radova i udžbenika iz oblasti nauke o sportu, najvažnijom komponentom fizičke pripremljenosti. Ujedno, ona je glavna odbrana sportiste od iscrpljenosti. Nizak kapacitet izdržljivosti vodi ka zamoru, čak i u sportovima i aktivnostima niže dinamike (11).

Polazeći od rezultata dobijenih u našem prethodnom istraživanju (12), kada su poređena selektovana deca za vaterpolo sa učenicima nesportistima, sadašnje istraživanje je obuhvatilo značajno veći uzorak ispitanika. U eksperimentalnu grupu svrstana su sva deca iz četiri vaterpolo kluba, koja su se tokom dve godine bavila vaterpolom, bez obzira na njihovu pojedinačnu takmičarsku uspešnost. Trening vaterpola kod dece koja su činila eksperimentalnu grupu sastojao se od usavršavanja tehnika plivanja i učenja tehničkih elemenata igre. Treninzi su se održavali 3-4 puta nedeljno u trajanju 60-75 min. Istezanje („strečing“) u trajanju od 15 min, koji je prethodio svakom treningu, nije uračunato u vreme trajanja treninga. Pored toga, ova deca bila su uključena i u sistem takmičenja sa 10-15 utakmica tokom sezone. Kontrolnu grupu činio je skoro dvostruko veći broj dece istog uzrasta u odnosu na prethodno istraživanje.

Statistička analiza podataka dobijenih antropometrijskim merenjima pokazuje postojanje statistički značajnih razlika u svim ispitivanim varijablama. Razlike u visini tela mogu se objasniti usmerenom selekcijom za vaterpolo. Prisutnost značajnih razlika u telesnoj masi i debljini kožnih nabora smatramo posledicom trenažnog procesa, usmerene selekcije, ishrane i dužeg boravka u vodi. S obzirom da su ispitanici uzrasta 11-12 godina navedene varijable, razlike među njima su podložne značajnim promenama tokom perioda puberteta. Analiza parametara plućne funkcije pokazuje postojanje statistički značajne razlike kod oba ispitivana parametra. Razlike u FVC su delimično uzrokovane razlikama u telesnoj visini i masi, ali ih smatramo i direktnom posledicom procesa fiziološke adaptacije dece na vaterpolo trening. Statistički značajna razlika parametra FEV_{1.0}, koji predstavlja deo FVC upotrebljiv pri fizičkoj aktivnosti srednjeg i submaksimalnog intenziteta, još je direktniji pokazatelj fiziološke adaptacije kod ove grupe ispitanika.

Apsolutne vrednosti najveće potrošnje kiseonika (VO_{2peak}) se statistički značajno razlikuju između grupa. Objašnjenje ovako značajnih razlika nalazimo u dugotrajnom bavljenju sportom (najmanje dve godine) koji iziskuje intenzivne fizičke napore. To je u skladu sa prethodno iznetim literaturnim podacima (13-16). Opisani nalazi, uz

odsustvo statistički značajne razlike u godinama starosti između grupa, daju nam osnovu za tvrdnju da intenzivni treninzi, u disciplini sa primarno aerobni zahtevima, dovode do povećanja kardiorespiratorne izdržljivosti još u prepubertetskom uzrastu. Napominjemo da ne postoji jedinstveni stav o tome koliki je optimalni intenzitet, frekvencija i trajanje fizičke aktivnosti koji dovodi do povećanja kardiorespiratorne izdržljivosti kod dece u uzrastu do puberteta (17). Ranija istraživanja su čak dovela u pitanje mogućnost povećanja kardiorespiratorne izdržljivosti kod dece s obzirom na teškoće u sprovođenju intenziteta i dužine planiranih treninga i prisutnu uobičajenu fizičku aktivnost u ovom periodu (18). Razlike u relativnim vrednostima VO_{2peak} između grupa nisu statistički značajne, što je posledica značajno veće telesne mase kod ispitanika eksperimentalne grupe. Istraživanja na velikom broju sportista i različitim sportskim disciplinama su pokazala da su veće vrednosti telesne mase i masnog tkiva negativno deluju na kardiorespiratornu izdržljivost (19). Ovaj rezultat našeg istraživanja je u suprotnosti sa rezultatom dobijenim u prethodnom, što možemo objasniti selektovanjem uzorka za ranije istraživanje. Naime, u eksperimentalnu grupu kod prethodnog istraživanja svrstavana su deca koja su bila uspešnija u treninzima (članovi prvih ekipa), dok je sadašnje istraživanje obuhvatilo svu decu koja su najmanje dve godine trenirala. Bez obzira na nepostojanje statistički značajnih razlika u relativnim vrednostima VO_{2peak} možemo zaključiti da fiziološka adaptacija na trening, izražena kroz značajno povećanje apsolutnih vrednosti VO_{2peak}, uspešno kompenzuje povećanu telesnu masu i procenat masnog tkiva. Drugim rečima, deca koja se bave vaterpolom imaju veću sposobnost održavanja dugotrajne fizičke aktivnosti koja uključuje relativno velike mišićne grupe bez obzira na veću telesnu masu i debljinu kožnih nabora. Navodimo da su rezultati obimnijih studija pokazali da longitudinalna dimenzionalnost skeleta ima pozitivne korelacije sa brzinom plivanja, a kasnije i sa uspehom u vaterpolu (20,21).

Zaključak

Dobijeni rezultati istraživanja ukazuju na važnost sistematskog trenažnog procesa već u preadolescentnom periodu razvoja kao načina za sticanje značajnih funkcionalnih prednosti. Pravilno planiran i programiran trening može dovesti do povećanja kardiorespiratorne izdržljivosti, bez obzira na telesnu težinu dece. Praktično značenje ovog istraživanja vidimo u korišćenju dobijenih podataka za proces selekcije u vaterpolu, kontrolu treninga, dijagnosticiranje i modeliranje. Isto tako, mogu se sagledati i efekti nastave fizičkog vaspitanja u školama i predložiti načini i smernice za inoviranje nastavnog procesa. Istraživanjem u dužem vremenskom intervalu postigao bi se viši stepen generalizacije rezultata i dobila bi se mogućnost za otkrivanje novih naučnih saznanja.

Literatura

1. Armstrong N, Welsman JR, Chia MYH. Short term power output in relation to growth and maturation. *Br J Sports Med* 2001; 35: 118-24.
2. Armstrong N, Welsman JR. Development of aerobic fitness during childhood and adolescence. *Pediatr Exerc Sci* 2000; 12: 128-49.
3. Bailey RC, Olson J, Pepper SL, Porszasz J, Barstow TJ, Cooper DM. The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: 1033-41.
4. Rowland TW, Vanderburgh P, Cunningham L. Body size and the growth of maximal aerobic power in children: a longitudinal analysis. *Pediatr Exerc Sci* 1997; 9: 262-74.
5. Baxter-Jones A, Goldstein H, Helms PJ. The development of aerobic power in young athletes. *J Appl Physiol* 1993; 75:1160-7.
6. Armstrong N, Welsman JR. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exerc Sport Sci Rev* 1994; 22: 435-76.
7. Armstrong N, Welsman J, Winsley R. Is peak VO_2 a maximal index of children's aerobic fitness? *Int J Sport Med* 1996; 17: 356-59.
8. Jago R, Bailey R. Ethics and pediatric exercise science: issues and making a submission to a local ethics and research committee. *J Sport Sci* 2001; 19(7): 527-35.
9. American Thoracic Society. ATS statement - standardization of spirometry. 1994 update. *Am Rev Respir Dis* 1995; 152(5):1107-36.
10. Boucharde C, Dionne FT, Simoneau JA. Genetic of aerobic and anaerobic performances. *Exerc Sport Sci Rev* 1992; 20:27-58.
11. Turley KR, Wilmore JH. Cardiovascular responses to treadmill and cycle ergometer exercise in children and adults. *J Appl Physiol* 1997; 83: 948-57.
12. Radovanović D, Aleksandrović M, Ranković G. The effects of water polo training on aerobic power and pulmonary function in 11 and 12-years old children. *Acta Fac Med Naiss* 2004; 21(3):138-141.
13. Mirwald RL, Bailey DA, Cameron N. Longitudinal comparison of aerobic power on active and inactive boys aged 7 to 17 years. *Ann Hum Biol* 1981; 8: 405-14.
14. Rowland TW, Boyajian A. Aerobic response to endurance exercise training in children. *Pediatrics* 1995; 96:654-8.
15. Baxter-Jones A, Helms PJ. Effects of training at a young age: a review of the training of young athletes (TOYA) study. *Pediatr Exerc Sci* 1996; 8: 310-27.
16. Williams CA, Armstrong N, Powell J. Aerobic responses of prepubertal boys to two modes of training. *Br J Sports Med* 2000; 34: 168-73.
17. Nevill AM, Holder RL, Baxter-Jones A, Round JM, Jones DA. Modeling developmental changes in strength and aerobic power in children. *J Appl Physiol* 1998; 84: 963-70.
18. Baxter-Jones A, Maffulli N. Endurance in young athletes: it can be trained. *Br J Sports Med* 2003; 37: 96-9.
19. Rogers DM, Olson BL, Wilmore JH. Scaling for the VO_2 -to-body size relationship among children and adults. *J Appl Physiol* 1995; 79: 958-67.
20. Aleksandrović M, Naumovski A, Radovanović D, Georgiev G, Popovski D. The influence of basic motor abilities and anthropometric measures on the specific motor skills of talented water polo players. *Facta Universitatis (Series: Physical Education and Sport)* 2007; 5(1): 65-74.
21. Smith HK. Applied physiology of water polo. *Sports Med* 1998; 26: 317-34.

INFLUENCE OF PHYSICAL TRAINING ON CARDIORESPIRATORY ENDURANCE IN PREADOLESCENT AGE

Dragan Radovanovic, Marko Aleksandrovic, Nenad Dj. Stojiljkovic, Aleksandar Ignjatovic, Tijana Popovic and Marjan Marinkovic

Cardiorespiratory or aerobic endurance is the ability of the whole body to sustain physical activity for an extended period of time, involving relatively large groups of muscles. The attitudes on the possible impact of training on cardiorespiratory endurance in preadolescents are contradictory. Our study enrolled 195 boys aged 11 to 12 years. Experimental group (n=92) consisted of the children who had been involved with planned and programmed water polo training for at least two years. Control group (n=103) consisted of schoolchildren who only had had regular physical education in schools. Our investigation protocol included standardized anthropometric measurements and tests, performed respecting the appropriate protocols. Statistical analysis of the results demonstrated that there were no significant differences in age and relative values of oxygen consumption (VO_{2peak}). Body height and mass, as well as the skinfold thickness, were significantly higher in experimental group subjects. The values of absolute VO_{2peak} , FVC and $FEV_{1.0}$ were also significantly higher in the examinees involved with water polo training. These findings stress the importance of a systematic training process even in this early period of growth and development in order for the trainees to acquire important functional advantages. We believe that a properly planned and programmed physical training can significantly contribute to the development of cardiorespiratory endurance even as early as preadolescent age. *Acta Medica Medianae* 2009;48(1):37-40.

Key words: training, endurance, water polo, VO_{2peak}