

AEROBNA ZMOGLJIVOST OSEB PO HUDI NEZGODNI MOŽGANSKI POŠKODBI

AEROBIC CAPACITY OF PERSONS AFTER SEVERE TRAUMATIC BRAIN INJURY

asist. Ana Ščavničar, dr. med., mag. Klemen Grabljevec, dr. med., prim. Tatjana Erjavec,
dr. med., Branka Vipavec, dipl. m. s., izr. prof. dr. Gaj Vidmar, univ. dipl. psih.
Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča

Izvleček

Izhodišča:

Osebe po nezgodni možganski poškodbi (NMP) imajo pogosto težave pri izvedbi telesnih dejavnosti. Poleg tega osebe po NMP pogosto navajajo povečano utrudljivost, ki bi tudi lahko vplivala na zmanjšano aerobno zmogljivost. Želeli smo oceniti aerobno zmogljivost oseb po hudi NMP in jih primerjati s skupino zdravih preiskovancev. Poleg tega smo želeli ugotoviti vpliv utrudljivosti na zmanjšano aerobno zmogljivost ter oceniti varnost obremenitve oseb po NMP po prilagojenem protokolu Balke - Ware.

Metode:

V študijo smo vključili 18 oseb, od tega 9 oseb po hudi NMP in 9 zdravih prostovoljcev. Pri preiskovancih po hudi NMP smo utrudljivost ocenili z lestvico izražene utrudljivosti (*angl.* Fatigability severity scale, v nadaljevanju FSS). Preiskovance smo po priporočenih merilih za maksimalni test obremenili na tekočem traku po prilagojenem protokolu Balke – Ware (osem stopenj, pri čemer je hitrost traku stalna (5,3 km/h), naklon pa zlagoma narašča za 2% vsaki 2 minuti do končnih 1% naklona). Med obremenitvijo smo osebe spremljali z elektrokardiogramom (EKG), merili srčno frekvenco (p), porabo kisika (VO₂), ekspiracijski volumen (VE) in dihalni količnik izmenjave plinov (RER). Iz rezultatov smo izračunali "kisikov pulz" (O₂/p), ventilatorni ekvivalent za kisik (VE/VO₂) in ventilatorni ekvivalent za ogljikov dioksid (VE/CO₂).

Abstract

Background

After traumatic brain injury (TBI), people often show low tolerance to sustained physical activity. The degree of aerobic capacity limitation in recovering TBI patients is not well documented. Additionally, people with TBI often report fatigability, which could also have an impact on reduced aerobic capacity. The aim of our study was to compare the aerobic capacity of subjects after TBI with the aerobic capacity of healthy individuals, to determine the influence of fatigue on reduced aerobic capacity and to evaluate the suitability of the modified Balke-Ware protocol for testing persons after TBI.

Subjects and methods

We included 18 participants, 9 patients after severe traumatic brain injury and 9 healthy volunteers (matched by sex and age). Patients after TBI were evaluated with the Fatigue Severity Scale (FSS) prior to testing. The participants were tested on a treadmill. We followed the criteria advised for maximal testing. The test was conducted according to a modified Balke-Ware protocol. The protocol consists of 8 levels: during testing the treadmill speed remains constant (5.3 km/h) and the slope gradually increases by 2% every 2 minutes until it reaches 14% at the eighth level. During the test, ECG, heart rate (HR), oxygen consumption (VO₂), minute ventilation (VE), and the respiratory exchange ratio (RER) were continuously observed and measured. Based on the data collected, oxygen pulse (O₂/p) and the ventilatory equivalents for

Rezultati:

Vsi preiskovanci so na FSS dosegli več kot 36 točk, med testiranjem pa so zmogli doseči sedmo ali osmo stopnjo obremenitve. Med testiranjem niso navajali težav, traku ni bilo potrebno ustavljati zaradi ogrožene varnosti preiskovancev. Zdravstvenih zapletov med testiranjem nismo opazili. V testni skupini so preiskovanci testiranje končali s povprečno 83% frekvence srca, predvidene za starost, povprečnim RER 1,1 ter povprečno VO_2 30,4 ml/kg/min. V kontrolni skupini so preiskovanci testiranje končali s povprečno 89% frekvence srca, predvidene za starost, povprečnim RER 1,0 ter povprečno VO_2 33,3 ml/kg/min. Med skupinama nismo ugotovili statistično pomembnih razlik.

Zaključki:

Naši preiskovanci po NMP so kljub navajanju utrudljivosti telesno dobro zmogljivi. Prilagojeni protokol Balke – Ware je varna metoda testiranja aerobne zmogljivosti oseb po nezgodni možganski poškodbi.

Ključne besede:

nezgodna možganska poškodba (NMP); aerobna zmogljivost; utrudljivost

oxygen (VE/VO_2) and carbon dioxide (VE/CO_2) were calculated.

Results

All the participants achieved more than 36 points on the FSS. All the participants except one reached one of the final two exercise test levels. There were no complaints during the testing. We did not observe any safety risks or medical problems. The participants in the test group completed the test with a heart rate averaging 83% of the age-predicted heart rate, an average RER of 1.1 and an average VO_2 of 30.4 ml/kg/min. The healthy volunteers completed the test with a heart rate averaging 89% of the age-predicted heart rate, an average RER of 1.0 and an average VO_2 of 33.3 ml/kg/min. No statistically significant differences between the two groups were found.

Conclusions

Reduced aerobic capacity is not linked to the fatigability reported after traumatic brain injury. The modified Balke-Ware protocol is a safe method for testing the aerobic capacity of persons after traumatic brain injury.

Key words

traumatic brain injury (TBI); aerobic capacity; fatigability

UVOD

Poškodbe glave so eden največjih zdravstveno-socialnih problemov v večini razvitih zahodnih dežel. V Sloveniji ne vodimo registra poškodb glave, a iz podatkov o šifriranih diagnozah vemo, da v urgentnih kirurških ambulantah letno obravnavajo okoli 4.400 poškodovancev z vsemi oblikami poškodb glave (1). Pojavnost nezgodne možganske poškodbe v Evropski uniji znaša od 235 do 317 na 100.000 prebivalcev (2). Glede na stopnjo resnosti možganske poškodbe, ocenjeno po Glasgowski lestvici kome, je med 64% in 95% vseh poškodb blagih, med 3% in 23% zmernih in med 2% in 11% hudih (3). Največ poškodovanih je mladih, v najbolj aktivnem življenjskem obdobju (15 - 30 let), največ je poškodovanih v prometu (3). Pričakujemo lahko, da bodo doživeli starost in zato tudi s starostjo povezane spremembe srčno-žilnega sistema. Znano je, da je pospešen razvoj srčno-žilnih bolezni povezan z neaktivnostjo in lenobnim načinom življenja (4, 5). Ljudje z neaktivnim načinom življenja imajo večje tveganje za koronarno srčno bolezen, hipertenzijo, trombozo, osteoporozo, debelost, inzulinško neodvisno sladkorno bolezen (5).

Težave pri gibanju in kognitivne okvare po poškodbi predstavljajo veliko oviro pri vključevanju v redno telesno

dejavnost, kar vodi v lenoben način življenja in s tem v zmanjšano kardiorespiratorno zmogljivost oseb po NMP (6). V primerjalni študiji je Gordon s sodelavci poročal, da je med osebami z NMP kar 41% telesno nedejavnih, kar je precej več kot v splošni populaciji, kjer je bilo nedejavnih 25% ljudi (7). Kombinacija bolezni in lenobnega načina življenja po NMP še poveča tveganje za razvoj sekundarnih zapletov (8).

O utrudljivosti toži med 43% in 73% bolnikov po NMP in ta pojav ni vezan na resnost poškodbe ali čas, ki je pretekel od poškodbe. Možna je povezava z motnjami spanja, depresijo ali nezadostnim delovanjem endokrinega sistema (9). Disfunkcijo hipofize, sekundarno motnjo po NMP, so našli pri 30% do 40% oseb po NMP (laboratorijski kazalci pomanjkanja hipofiznih hormonov) (10 - 13). Pomanjkanje rastnega hormona (RH) je med motnjami najpogostejše (14). V eni od študij je imelo opisane težave okoli 20% oseb po zmerni do hudi NMP (15), v drugi študiji pa celo 33% do 50% (16). Mossberg s sodelavci je raziskoval, ali pomanjkanje RH vpliva na aerobno zmogljivost. S kardiorespiratornim testiranjem treh skupin poškodovancev po NMP z različnimi vrednostmi RH (normalne, blago znižane in pomanjkljive vrednosti) so ugotovili, da imajo osebe po NMP z normalnimi vre-

dnostmi RH aerobno zmogljivost nižjo od pričakovane, osebe z blago znižanimi vrednostmi RH pa so bile še manj aerobno zmogljive (17).

Vzrok za zmanjšano aerobno zmogljivost bi lahko bila poleg težav pri gibanju in kognitivnih težav ter nezadostnega delovanja endokrinega sistema tudi okvara kardiovaskularnih in respiratornih centrov v podaljšani hrbtenjači, motena aferentna ali eferentna povezava centrov ali motena koordinacija avtonomnega živčnega sistema (18).

Vzroki za nedejavnost bolnikov po NMP so tako najverjetneje večplastni, vključujejo težave pri gibanju in kognitivne motnje ter fiziološke odgovore organizma po poškodbi, dodatno pa tudi okoljske in družbene ovire. Pri izvajanju aktivnosti v neprilagojenem okolju (neraven teren) se težave pri gibanju še očitneje izrazijo. Kognitivne težave, s posledično pogosto zmanjšano motivacijo in družbeno stigmatizacijo, pa dodatno preprečujejo bolnikom po NMP, da bi želeli zapustiti varno okolje doma in se vključili v dejavnosti (6).

Stopnja zmanjšane kardiorespiratorne zmogljivosti pri bolnikih po NMP še ni določena (18). Na tem področju je bilo narejenih le malo raziskav, po rezultatih katerih lahko sklepamo, da naj bi bile maksimalne aerobne zmogljivosti oseb po NMP od 65% do 74% normativnih vrednosti za enako stare osebe istega spola. Dodatno težavo predstavlja dejstvo, da so rezultati teh raziskav vprašljivi, saj so imeli nekateri vključeni preiskovanci zelo velike težave pri gibanju, v eni od raziskav pa so primerjali testiranje poškodovancev na cikloergometru z rezultati zdravih preiskovancev na tekočem traku (18-20).

V študiji smo želeli oceniti aerobno zmogljivost oseb po hudi NMP in jih primerjati s skupino zdravih preiskovancev. Poleg tega smo želeli ugotoviti vpliv utrudljivosti na zmanjšano aerobno zmogljivost ter oceniti varnost obremenitve oseb po NMP po prilagojenem protokolu Balke - Ware.

METODE DELA

Preiskovanci

V študijo smo vključili 18 oseb. Testno skupino je predstavljala skupina 9 oseb po NMP, ki so na Univerzitetnem rehabilitacijskem inštitutu RS (URI Soča) zaključile primarno celostno rehabilitacijsko obravnavo. Stopnjo poškodbe smo določili glede na prvo oceno po Glasgow koma lestvici (GCS), po kateri so bili preiskovanci ocenjeni z ocenami med 3 in 8, kar jih uvršča med poškodovance s hudo NMP (21). Utrudljivost smo ocenili z lestvico izražene utrudljivosti (*angl.* Fatigue severity scale, v nadaljevanju FSS) (22).

Kontrolno skupino, ki je bila s testno primerljiva po spolu in primerljiva po starosti (+/- 2 leti) je predstavljalo 9 zdravih prostovoljcev. Prostovoljce smo pridobili med medicinskim osebjem, zaposlenim na URI Soča. Preiskovanci so podpisali soglasje k sodelovanju pri raziskavi. Raziskavo je odobrila Komisija za medicinsko etiko URI – Soča.

Osebe po NMP smo testirali po zaključeni primarni poakutni celostni obravnavi, povprečno 9,5 mesecev (razpon od 2 do 30 mesecev) po poškodbi. Vsi so navajali utrudljivost pri izvajanju dnevnih dejavnosti, kar je bilo eno od meril za vključitev. Ostala vključitvena merila so bila: stanje po hudi NMP in sposobnost upoštevanja dvostopenjskih navodil pri testiranju. Odsotnost večjih kognitivnih motenj, ki bi ovirale testiranje, smo opredelili s pomočjo mnenja nevropsihologinje ob zaključku rehabilitacijske obravnave. Pri naboru preiskovancev smo upoštevali naslednja izključitvena merila: bolezn kardiovaskularnega sistema, večje okvare gibanja ali ravnotežja ter nezmožnost samostojne hoje po tekočem traku s hitrostjo 5,3 km/h.

Oprema

Preiskovance smo testirali na tekočem traku, opremljenem z ročaji, varovalnim pasom in gumbom za ustavljanje. Ročaji so bili namenjeni pomoči pri ravnotežju in med testiranjem smo preiskovance opominjali, naj jih uporabijo le s tem namenom. Pred testiranjem smo za zbiranje dihalnih plinov preiskovancem nadeli obrazno masko, na prsni koš pa namestili elektrode 6-kanalnega telemetričnega EKG, ki smo jih zaradi potenja dodatno pričvrstili z elastičnim trakom. Aparat za zbiranje izdihanih plinov in analizo dihalnih plinov ter EKG aparat sta bila znamke Oxycon Mobile ameriškega proizvajalca Viasys.

Postopek

Pred testiranjem so vsi preiskovanci opravili internistični pregled, meritve krvnega tlaka (RR) in posnetek EKG leže, da bi izključili morebitne srčno-žilne bolezni. Vsi preiskovanci so bili ocenjeni kot primerni za vključitev v raziskavo. Poleg tega smo opravili še antropometrične meritve in preiskovancem izmerili telesno težo in višino.

Preiskovance smo testirali po enotnem prilagojenem protokolu Balke – Ware (23). Protokol obsega 2 minuti hoje za ogrevanje, brez naklona, pri hitrosti traku 3,2 km/h. Test se začne z enominutnim povišanjem hitrosti na 5,3 km/h. Ob stalni hitrosti traku sledi povečanje naklona za 2% vsaki 2 minuti, do končnega 14% naklona (8. stopnja). Po končanem testu sledi pet minut hoje za umiritev (Tabela 1).

Tabela 1: Prilagojeni Balke – Ware protokol testiranja aerobne zmogljivosti.

Stopnja	Čas (min)	Naklon (%)	Hitrost (km/h)	Obremenitev (w)	Meritve
Ogrevanje	2	0	3,2		
Stopnja 1	1	0	5,3	20	EKG, p, VO ₂ , VE, RER
2	2	2	5,3	40	EKG, p, VO ₂ , VE, RER
3	2	4	5,3	60	EKG, RR, p, VO ₂ , VE, RER
4	2	6	5,3	80	EKG, p, VO ₂ , VE, RER
5	2	8	5,3	100	EKG, p, VO ₂ , VE, RER
6	2	10	5,3	120	EKG, RR, p, VO ₂ , VE, RER
7	2	12	5,3	140	EKG, p, VO ₂ , VE, RER
8	2	14	5,3	160	EKG, RR, p, VO ₂ , VE, RER
Ohlajanje	5	0	3,2		

Legenda: EKG – elektrokardiogram, p – srčna frekvenca, VO₂ – poraba kisika, VE – minutna ventilacija, RER – dihalni količnik izmenjave plinov, RR – krvni tlak.

Med izvajanjem obremenitev smo na monitorju ves čas spremljali krivuljo EKG, frekvenco srca – pulz (p), porabo kisika (VO₂) in izločanje ogljikovega dioksida (CO₂), minutno ventilacijo (VE), frekvenco dihanja (BF) in dihalni količnik izmenjave plinov (RER). Uporabljali smo sistem Oxycon Mobile proizvajalca Viasys, ki omogoča telemetrično, kontinuirano izvajanje meritev.

Testiranje bi prekinili v primeru, da bi preiskovanec navajal občutek izčrpanosti, da bi bila ogrožena varnost preiskovanca, da poraba kisika ne bi več naraščala ali da bi srčna frekvenca narasla na več kot 90% maksimalno predvidene, izračunane po enačbi: $(220 - \text{leta}) \times 0,9$ ali pri vrednosti RER 1,15 ali več (24).

Analiza podatkov

Pri analizi smo upoštevali podatke o doseženi maksimalni stopnji obremenitve. Iz razmerja med porabo kisika (v l/min) in srčno frekvenco (število utripov/min) smo izračunali »kisikov pulz« (O₂/p), ki je neinvazivni pokazatelj utripnega volumna srca (25). Iz razmerja med minutno ventilacijo (v l/min) ter porabljenim kisikom (v l/min) smo izračunali ventilatorni ekvivalent kisika (VE/VO₂), ki je merilo dela respiratornih mišic, potrebnega za izmenjavo določene količine kisika (21). Iz razmerja med minutno ventilacijo in izločenim ogljikovim dioksidom smo izračunali ventilatorni ekvivalent ogljikovega dioksida (VE/CO₂), s katerim lahko opredelimo motnje ventilacije in perfuzije pri bolnikih s srčnimi ali pljučnimi boleznimi (26). Iz izmerjene najvišje porabe kisika smo določili doseženi maksimalni nivo telesne dejavnosti v metaboličnih

ekvivalentih (MET-ih). Skupini smo statistično primerjali s parnim testom *t* in eksaktnim Wilcoxonovim testom predznačenih rangov. Mejo statistične značilnosti smo postavili pri $p < 0,05$.

REZULTATI

Povprečna starost oseb po NMP je bila 28,9 let (razpon 22 – 45 let), kontrolne skupine pa 28,3 let (razpon 20 – 46 let; Tabela 2). V vsaki skupini (testna, kontrolna) je bilo 7 moških in 2 ženski, skupno 14 moških in 4 ženske.

Tabela 2: Podatki o starosti preiskovancev.

Starost (leta)	Študijska skupina	Kontrolna skupina
Najnižja	22	20
Najvišja	45	46
Povprečna	28,9	28,3
Standardni odklon	8,0	8,5
Mediana	26,0	24,0
Interkvartilni razmik	13,0	11,5

Vsi preiskovanci po NMP so na lestvici izražene utrudljivosti FSS (22) dosegli več kot 36 od 63 možnih točk.

Vsi preiskovanci razen enega, so dosegli stopnji obremenitve z 12% ali 14% naklonom (7. in 8. stopnja). Pet oseb v študijski skupini je doseglo zadnjo, osmo stopnjo obre-

menitve, z manj kot 90% predvidene srčne frekvence, povprečnim RER 0,99 in povprečnim VO_2 31,4 ml/kg/min. Pri treh osebah v študijski skupini smo test prekinili pri sedmi stopnji (naklon 12%), ker sta dva dosegla maksimalni RER, ena oseba pa VO_2 plato. Pri eni osebi smo testiranje ustavili pri 6% naklonu zaradi skoraj maksimalnega RER in doseženega VO_2 platoja pri 26,2 ml/kg/min. V skupini zdravih preiskovancev smo testiranje predhodno prekinili

pri eni osebi zaradi dosega predvidene maksimalne srčne frekvence na predzadnji, sedmi stopnji obremenitve (naklon 12%). Ostali zdravi preiskovanci so dosegli najvišjo raven obremenitve.

Med primerjanima skupinama nismo ugotovili statistično značilnih razlik (Tabela 3).

Tabela 3: Opisne statistike in rezultati statističnih testov.

	Študijska skupina			Kontrolna skupina			Vrednost p	
	Razpon	Povpr. (SO)	Mediana (interkvartilni razmik)	Razpon	Povpr. (SO)	Mediana (interkvartilni razmik)	Parni test t	EWMPT
Maks fr. Srca	125 - 178	160,3 (15,9)	163,0 (19,5)	141 - 186	169,2 (15,2)	173,0 (26,5)	0,266	0,359
VO_2	24 - 37	30,4 (4,8)	30,2 (10,1)	25 - 42	33,3 (5,3)	33,2 (8,3)	0,111	0,098
VE	43 - 99	67,0 (16,2)	66,0 (19,5)	40 - 112	79,6 (22,6)	76,0 (37,0)	0,083	0,125
RER	1 - 1	1,1 (0,1)	1,1 (0,2)	1 - 1	1,0 (0,1)	1,0 (0,1)	0,304	0,383
O_2/p	6 - 19	12,1 (5,0)	13,7 (9,8)	8 - 21	15,7 (4,1)	16,7 (5,7)	0,102	0,074
VE/VO_2	26 - 34	31,1 (2,6)	31,5 (4,1)	26 - 51	34,0 (7,4)	32,0 (8,7)	0,296	0,414
MET maks	7 - 11	8,4 (1,5)	7,8 (3,2)	7 - 12	9,5 (1,5)	9,5 (2,4)	0,085	0,086
Fr. srca % pr	71 - 92	83,4 (7,1)	84,0 (12,5)	71 - 101	88,7 (10,3)	95,0 (17,0)	0,243	0,262
VO_2 % pr	71 - 105	85,3 (11,7)	82,0 (20,0)	75 - 98	88,8 (8,7)	93,0 (16,5)	0,482	0,438
VE % pr	51 - 74	61,9 (8,7)	65,0 (16,5)	37 - 94	66,2 (19,4)	64,0 (34,5)	0,478	0,512
VE/CO_2	23 - 32	27,1 (3,2)	26,7 (6,5)	22 - 34	28,0 (3,9)	28,8 (6,3)	0,577	0,496

Legenda: VO_2 – poraba kisika, VE – minutna ventilacija, RER – dihalni količnik izmenjave plinov, O_2/p – kisikov pulz, VE/VO_2 – ventilatorni ekvivalent kisika, MET maks. – maksimalna raven telesne dejavnosti v metaboličnih ekvivalentih, Fr. srca % pr. – dosežena frekvenca srca glede na predvideno maksimalno srčno frekvenco, VE % pr. – dosežena minutna ventilacija glede na predvideno maksimalno minutno ventilacijo, VE/CO_2 – ventilatorni ekvivalent ogljikovega dioksida, SO – standardni odklon, EWMPT – eksaktni Wilcoxonov test predznačenih rangov (ang. Exact Wilcoxon matched-pair test).

RAZPRAVA

V študiji smo torej želeli oceniti aerobno zmogljivost oseb po hudi NMP in jih primerjati s skupino zdravih preiskovancev. Poleg tega smo želeli ugotoviti vpliv utrudljivosti na zmanjšano aerobno zmogljivost ter oceniti varnost obremenitve oseb po NMP po prilagojenem protokolu Balke – Ware (23). Glede na izmerjeno najvišjo porabo kisika so vsi preiskovanci, razen enega, dosegli porabo kisika v območju, ki omogoča izvajanje zmernih in težkih aerobnih obremenitev. Obremenitve nad 7 MET so primerljive s telesnimi dejavnostmi težkega fizičnega dela, igranja squash, teka s hitrostjo 9,7 km/h (27).

Dosedanje študije, v katerih so primerjali aerobno zmogljivost oseb po NMP z zdravo populacijo, so pokazale, da imajo preiskovanci po NMP zmanjšano zmogljivost tako z vidika srčnega kot respiratornega sistema (18, 21).

Podobno so zmogljivost oseb po NMP testirali tudi Mossberg in sodelavci (19). S testnim protokolom, podobnim našemu, so primerjali po starosti in spolu enakovredno

skupino zdravih preiskovancev in skupino oseb po NMP ter med skupinama dokazali statistično značilne razlike v doseženi maksimalni srčni frekvenci, VO_2 , VE, »kisikovem pulzu«, VE/VO_2 in RER. RER je razmerje med tvorjenim ogljikovim dioksidom (CO_2) ter porabljenim kisikom (O_2), merjeno iz izdihanega zraka. V mirovanju znaša 0,70 – 0,85, pri vadbi pa tvorba CO_2 preseže uporabo O_2 , RER enak ali večji kot 1,15 nakazuje maksimalni telesni napor (28, 29). Osebe po NMP so večkrat dosegle plato porabe kisika in RER enak ali večji od 1,15, manjkrat pa so dosegle 90% predvidene maksimalne srčne frekvence. Mossberg je s sodelavci je ugotovil, da so imeli preiskovanci po NMP višjo frekvenco srca že pri submaksimalni obremenitvi, zdravi preiskovanci pa so jo dosegli šele v zadnjih stopnjah (19). Pri naših preiskovancih po NMP pomembnih razlik porasta srčne frekvence v primerjavi z zdravimi nismo ugotovili. Mossberg je pri osebah po NMP ugotovil kar 30% višje vrednosti VE/VO_2 pri submaksimalni obremenitvi, kar pomeni, da je bilo v njihovi raziskavi dihanje oseb po NMP oteženo in so morali dihati globlje med telesno dejavnostjo, da so lahko izmenjali enak volumen kisika (19). Naši rezultati nasprotno nakazujejo, da prei-

skovanci po NMP niso imeli težav pri dihanju pri izvajanju aerobne dejavnosti.

Rezultati, ki so v nasprotju z dosedanjimi dokazi, bi lahko bili posledica omejitev naše raziskave. Najbolj očitna omejitev je majhno število preiskovancev, zato iz rezultatov ne moremo zanesljivo sklepati o težavah celotne populacije oseb po NMP. Majhen vzorec je posledica strogih vključitvenih meril, saj je težko najti večje število oseb po hudi NMP, ki ne bi imele velikih težav pri gibanju, vzdrževanju ravnotežja ali večjih kognitivnih motenj, ki bi predstavljale oviro za izvedbo testiranja. Morda bi bilo smiselno vključiti tudi poškodovance z blagimi in zmernim poškodbami možganov. V teh dveh skupinah bi najverjetneje več oseb lahko zadostilo vključitvenim merilom, večji vzorec poškodovancev pa bi nam omogočil bolj jasno sliko o morebitnih težavah oseb po NMP, saj večina poškodovancev sodi v kategoriji blagih in zmernih poškodb.

Dodatno omejitev lahko predstavlja izbor zdravih preiskovancev, saj so bili iz vrst zdravstvenega osebja, zaposlenega v rehabilitacijski ustanovi in morda povsem primerljivi s splošno populacijo. Pri izbiri preiskovancev smo bili nenatančni tudi glede zbiranja podatkov o njihovi telesni dejavnosti. Del preiskovancev po NMP je testiranje opravilo po končani rehabilitaciji, med katero so bili vključeni v programe fizioterapije, zato lahko sklepamo, da so bili pred izvedbo testiranja telesno dejavni povprečno eno uro dnevno, več dni v tednu. Za preiskovance iz kontrolne skupine podatkov o telesni dejavnosti nimamo in je vzorec morda zajel tudi telesno manj dejavne osebe.

Kljub omejitvam lahko sklepamo, da utrudljivost, ki je bila po rezultatih FSS objektivno prisotna, pri naših preiskovancih ni vzročno povezana z zmanjšano aerobno zmogljivostjo, saj so bili preiskovanci kljub utrudljivosti aerobno primerno zmogljivi. Glede na izmerjeno najvišjo porabo kisika so namreč dosegli obremenitev, ki je enakovredna obremenitvi pri izvajanju zmernih in težkih telesnih dejavnosti.

V prvotnem protokolu, po katerem sta Balke in Ware testirala zmogljivost letalskega osebja, je posamezna stopnja trajala eno minuto, naklon pa je naraščal za 1% na vsako minuto ob hitrosti traku 5,3 km/h (23). Prilagojeni protokol smo izbrali zaradi stalne hitrosti traku, nizkega intervala naraščanja naklona in ne prehitrega povečevanja intenzitete. Predvidevali smo, da preiskovanci na ta način ne bodo imeli težav s prilagajanjem dolžine koraka hitrosti traku in bo testiranje zato bolj varno. Med testiranjem preiskovanci niso imeli težav z izvajanjem hoje ali ravnotežjem, hitrost korakov so ustrezno prilagajali hitrosti traku in naraščanju naklona. Prilagojeni protokol Balke – Ware se je izkazal za varno metodo testiranja aerobne zmogljivosti oseb po nezgodni možganski poškodbi, saj med testiranjem tudi ni prišlo do katerega od možnih zapletov ob obremenitvi.

ZAKLJUČKI

Glede na rezultate predstavljene študije bi lahko sklepali, da zmanjšana aerobna kapaciteta pri preiskovancih ni bila povezana z utrudljivostjo, ki so jo navajali. Prilagojeni Balke – Ware protokol se je izkazal za varno metodo testiranja aerobne zmogljivosti oseb po NMP. Za natančnejšo določitev aerobne zmogljivosti oseb po NMP bodo potrebne dodatne raziskave z večjim številom preiskovancev.

Literatura:

1. Grabljevec K. Klinične smernice za rehabilitacijo odraslih oseb po nezgodni poškodbi možganov. V: Burger H, Goljar N, ur. Klinične smernice v fizikalni in rehabilitacijski medicini. 25. dnevi rehabilitacijske medicine: zbornik predavanj, Ljubljana, 14. in 15. marec 2014. Ljubljana: Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča; 2014: 53–68.
2. Tagliaferri F, Compagnone C, Korsic M, Servadei F, Kraus J. A systematic review of brain injury epidemiology in Europe. *Acta Neurochir (Wien)*. 2006; 148 (3): 255–68.
3. Košorok V. Celovita rehabilitacijska obravnava nezgodne možganske poškodbe. V: Košorok V, Grabljevec K, ur. Poškodba glave – vpliv celovite nevrorehabilitacijske obravnave na funkcijski izid. 16. dnevi rehabilitacijske medicine: zbornik predavanj, Ljubljana, 18. in 19. marec 2005. Ljubljana: Inštitut Republike Slovenije za rehabilitacijo; 2005: 9–17.
4. Booth FW, Gordon SE, Carlson CJ, Hamilton MT. Waging war on modern chronic diseases: primary prevention through exercise biology. *J Appl Physiol* (1985). 2000; 88 (2): 774–87.
5. Kinne S, Patrick DL, Doyle DL. Prevalence of secondary conditions among people with disabilities. *Am J Public Health*. 2004; 94 (3): 443–5.
6. Mossberg KA, Orlander EE, Norcross JL. Cardiorespiratory capacity after weight-supported treadmill training in patients with traumatic brain injury. *Phys Ther*. 2008; 88 (1): 77–87.
7. Gordon WA, Sliwinski M, Echo J, McLoughlin M, Sheerer MS, Meili TE. The benefits of exercise in individuals with traumatic brain injury: a retrospective study. *J Head Trauma Rehabil*. 1998; 13 (4): 58–67.
8. Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, 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.
9. Belmont A, Agar N, Hugeron C, Gallais B, Azouvi P.

- Fatigue and traumatic brain injury. *Ann Readapt Med Phys.* 2006; 49 (6): 283–8, 370–4.
10. Daniel PM, Treip CS. The pathology of the pituitary gland in head injury. V: Gardiner-Hill H, ed. *Modern trends in endocrinology*. 2nd ed. London: Butterworth; 1961. p. 55–68.
 11. Consensus guidelines for the diagnosis and treatment of adults with growth hormone deficiency: summary statement of the Growth Hormone Research Society Workshop on Adult Growth Hormone Deficiency. *J Clin Endocrinol Metab.* 1998; 83 (2): 379–81.
 12. Kelly DF, Gonzalo IT, Cohan P, Berman N, Swerdloff R, Wang C. Hypopituitarism following traumatic brain injury and aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a preliminary report. *J Neurosurg.* 2000; 93 (5): 743–52.
 13. Lieberman SA, Oberoi AL, Gilkison CR, Masel BE, Urban RJ. Prevalence of neuroendocrine dysfunction in patients recovering from traumatic brain injury. *J Clin Endocrinol Metab.* 2001; 86 (6): 2752–6.
 14. Popovic V. GH deficiency as the most common pituitary defect after TBI: clinical implications. *Pituitary.* 2005; 8 (3-4): 239–43.
 15. Urban RJ, Harris P, Massel B. Anterior hypopituitarism following traumatic brain injury. *Brain Inj.* 2005; 19 (5): 349–58.
 16. Ghigo E, Masel B, Aimaretti G, León-Carrión J, Casanueva FF, Dominguez-Morales MR, et al. Consensus guidelines on screening for hypopituitarism following traumatic brain injury. *Brain Inj.* 2005; 19 (9): 711–24.
 17. Mossberg KA, Masel BE, Gilkison CR, Urban RJ. Aerobic capacity and growth hormone deficiency after traumatic brain injury. *J Clin Endocrinol Metab.* 2008; 93(7): 2581–7.
 18. Bhambhani Y, Rowland G, Farag M. Reliability of peak cardiorespiratory responses in patients with moderate to severe traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003; 84 (11): 1629–36.
 19. Mossberg KA, Ayala D, Baker T, Heard J, Masel B. Aerobic capacity after traumatic brain injury: comparison with a nondisabled cohort. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007; 88 (3): 315–20.
 20. Becker E, Bar-Or O, Mendelson L, Najenson T. Pulmonary functions and responses to exercise of patients following cranio cerebral injury. *Scand J Rehabil Med.* 1978; 10 (2): 47–50.
 21. Dawodu ST. Traumatic brain injury (TBI) – definition, epidemiology, pathophysiology. New York: Medscape; c1994-2015. Dostopno na <http://emedicine.medscape.com/article/326510-overview> (citirano 25. 5. 2015).
 22. Krupp LB, LaRocca NG, Muir-Nash J, Steinberg AD. The fatigue severity scale: application to patients with multiple sclerosis and systemic lupus erythematosus. *Arch Neurol.* 1989; 46 (10): 1121–3.
 23. Balke B, Ware R. An experimental study of physical fitness of Air Force personnel. *US Armed Forces Med J.* 1959; 10 (6): 675–88.
 24. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher VF, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *Circulation.* 2002; 106 (14): 1883–92.
 25. Åstrand P, Rodahl K, Dahl H, Stromme S. *Textbook of work physiology: physiological basis of exercise*. 4th ed. Champaign: Human Kinetics; 2003.
 26. Balady GJ, Arena R, Sietsema K, Myers J, Coke L, Fletcher GF, et al. Clinician's Guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2010; 122 (2): 191–225.
 27. Chaitman BR. Exercise stress testing. V: Braunwald E, ed. *Heart disease: a textbook of cardiovascular medicine*. 5th ed. Philadelphia: Saunders; 1997. p. 153–76.
 28. Chase PJ, Kenjale A, Cahalin LP, Arena R, Davis PG, Myers J, et al. Effects of respiratory exchange ratio on the prognostic value of peak oxygen consumption and ventilatory efficiency in patients with systolic heart failure. *JACC Heart Fail.* 2013; 1 (5): 427–32.
 29. Plowman SA, Smith DL. *Exercise physiology for health, fitness and performance*. 4th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health: Lippincott Williams & Wilkins; 2014.