

Wpływ suplementacji wyciągiem z miłorzębu japońskiego (*Ginkgo biloba*) na wybrane cechy lepkości krwi i stężenie elektrolitów w osoczu po wysiłku u trenujących mężczyzn

Effects of *Ginkgo biloba* supplementation on selected properties of blood viscosity and plasma electrolyte concentration after exercise in athletes

ILONA POKORA^{1/}, EWA SADOWSKA-KRĘPA^{2/}, AGATA ŻAK^{3/}, KAMILA BOROWIEC^{2/}

^{1/} Zakład Fizjologii, Katedra Nauk Fizjologiczno-Medycznych, AWF im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

^{2/} Zakład Biochemii, Katedra Nauk Fizjologiczno-Medycznych, AWF im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

^{3/} studia doktoranckie, Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

Wprowadzenie. Czynniki żywieniowe i suplementy diety mogą wpływać na cechy hemoreologiczne i zwiększać płynność krwi. *Ginkgo biloba* (EGb) jest stosowanym suplementem m.in. w celu zmniejszenia lepkości krwi, spowolnienia krzepnięcia i hamowania agregacji płytek krwi. Można przypuszczać, że suplementacja EGb może poprawić płynność krwi i zdolność wysiłkową u trenujących osób.

Cel. Zbadanie wpływu przyjmowania suplementu EGb u trenujących mężczyzn na wybrane cechy lepkości krwi i stężenie elektrolitów w surowicy w spoczynku oraz po zakończeniu wysiłku fizycznego.

Materiały i metody. Badaniem objęto 12 zdrowych trenujących mężczyzn, którzy wykonali test o stopniowo narastającej intensywności do wyczerpania, po 6-tygodniowej suplementacji wyciągiem z EGb lub placebo. Próbkę krwi do badań pobierano w spoczynku, bezpośrednio po wysiłku i po 1 godzinnej restytucji. Uczestnicy zostali losowo przydzieleni do spożywania 2 kapsułek EGb lub placebo na dzień przez 6 tygodni przed wysiłkiem. Podczas doświadczenia, w każdej grupie oceniano wielkość reakcji badanych na wysiłek, rejestrowano parametry hematologiczne krwi, stężenie elektrolitów oraz osmolalność osocza.

Wyniki. VO_2 max, cechy somatyczne badanych oraz wielkość obciążenia fizjologicznego podczas testu wysiłkowego były zbliżone w grupie otrzymującej EGb i placebo. Stwierdzono istotny wpływ rodzaju podawanego suplementu na cechy lepkości krwi, takie jak: HCT, Hb, MCV, MCHC oraz lepkości osocza (TP). Charakter reakcji na wysiłek był modyfikowany współdziałaniem (supl x czas) dla zmiennych: elektrolity [Cl⁻] oraz MCHC.

Wnioski. Suplementacja EGb nie zmienia istotnie wybranych cech somatycznych i wydolności tlenowej trenujących mężczyzn, jednak powoduje istotne zmiany cech lepkości krwi w spoczynku i zmienia wzorzec hemodilucji po wysiłku.

Słowa kluczowe: *supplement Ginkgo biloba, wysiłek fizyczny, cechy lepkości krwi, elektrolity osocza*

Introduction. Nutritional factors and supplements can affect hemorheological properties and increase fluidity of blood. *Ginkgo biloba* (EGb) extract is a supplement with anticoagulant properties used for reducing blood viscosity and inhibiting platelet aggregation. The supplementation of EGb extract is supposed to improve blood fluidity and muscular performance in trained individuals.

Aim. To examine the effects of EGb supplementation on selected aspects of blood viscosity and plasma electrolytes after exercise in athletes.

Material & method. Twelve trained males performed a graded treadmill test to volitional exhaustion after 6 weeks of EGb or placebo supplementation. Blood samples were taken at rest, immediately after exercise, and one hour post-exercise. The participants were randomly assigned to ingest 2 caps/day either of EGb extract or a placebo for 6 weeks. During the experiment the physiological strain to exercise, hematological parameters, electrolyte concentrations and plasma osmolality were evaluated.

Results. VO_2 max, somatic features, and physiological strain to exercise were similar in the EGb series and placebo. There was a significant effect of the type of supplement administered on selected characteristics of blood viscosity such as: HCT, Hb, MCV, MCHC and plasma viscosity: TP. The responses to exercise test were modified by the interaction (suppl x time) for the variables: electrolytes [Cl⁻] and MCHC.

Conclusion. There is no significant influence of the EGb supplementation on somatic properties and aerobic capacity in trained males. But it significantly changes blood viscosity at rest and the pattern of blood hemodilution after exercise.

Key words: *Ginkgo biloba supplement, exercise, properties of blood viscosity, plasma electrolytes*

© Hygeia Public Health 2017, 52(4): 414-419

www.h-ph.pl

Nadesłano: 10.07.2017

Zakwalifikowano do druku: 15.09.2017

Adres do korespondencji / Address for correspondence

dr hab. n. o kul. fiz. Ilona Pokora

Zakład Fizjologii, Katedra Nauk Fizjologiczno-Medycznych

AWF im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

ul. Mikołowska 72a, 40-065 Katowice

tel. 32 2075136, e-mail: i.pokora@awf.katowice.pl

Wprowadzenie

Aktywności fizycznej towarzyszą przemijające zmiany hemorheologiczne krwi i zawartości w niej wody i elektrolitów. Krew pełna jest powszechnie uznawana za płyn nienewtonowski, której lepkość nie jest stała, a jej zmiany zwykle korelują ze zmianami hematokrytu (Ht) i lepkością osocza [1-4]. Zwiększona lepkość krwi występuje w wielu stanach patologicznych współistniejących z dysfunkcją komórek śródbłonna naczyń krwionośnych, zaburzeniami mikrokrążenia i upośledzoną perfuzją tkankową [5-9]. Również u sportowców ocena zmian hemorheologicznych krwi jest przedmiotem intensywnych badań naukowych. Wynika z nich, że lepkość krwi wzrasta w odpowiedzi na wysiłek fizyczny w różnym stopniu, zależnie od protokołu ćwiczeń i czasu jego trwania [10], a zmianom tym towarzyszy wzrost Ht, lepkości osocza oraz jak wskazują wyniki niektórych badań, zmniejszona odkształcalność erytrocytów i zwiększona ich agregacja [1, 5, 10-13]. Zwiększenie lepkości krwi w odpowiedzi na wysiłek fizyczny określane jest mianem wysiłkowej hemokoncentracji. Hemokoncentracja krwi może być wynikiem działania kilku mechanizmów: zmian w dystrybucji krwinek czerwonych w naczyniach, skurczu śledziony i wyrzutu erytrocytów do krwi, wzrostu stężenia białek osocza, czy też może być związana z utratą wody z potem w procesie termoregulacji oraz przesunięciem płynu do komórek mięśniowych [10, 14, 15]. Przeciwnie zjawisko obserwuje się po zakończeniu wysiłku, gdy stwierdza się obniżenie lepkości krwi na zasadzie hemodilucji, jako efekt powysiłkowego zwiększenia objętości osocza [5, 16]. Zwiększona płynność krwi i obniżona jej lepkość podczas wysiłku są jedną z przyczyn lepszej tolerancji wysiłkowej i mniejszej kumulacji mleczanów [11, 12, 17] u zawodników dyscyplin wytrzymałościowych. Poprawa właściwości hemorheologicznych krwi w istotny sposób polepsza warunki przepływu krwi pełnej, osocza i elementów morfotycznych w układzie naczyniowym i tym samym wpływa na wielkość obciążenia układu krążenia oraz decyduje o lepszej perfuzji i dostępności tlenu dla tkanek [8, 18].

W badaniach prowadzonych u sportowców Mel'nikov i Vikulov [19] obserwowali, że zmiany lepkości krwi pełnej były skorelowane ze zmianami stężenia elektrolitów osocza (jonu sodowego, nieorganicznego fosforu oraz stężeniem jonów potasu) oraz, że zmiana stężenia potasu była związana ze zmianą objętości krwinek czerwonych (*mean corpuscular volume* – MCV) oraz ich odkształcalnością.

Należy zaznaczyć, że zmiany hemorheologiczne krwi opisywane są nie tylko w stanach patologicznych czy wysiłkach fizycznych, albowiem efekt ten towarzyszy działaniu niektórych preparatów roślinnych

i suplementów diety, przyjmowanych zarówno przez osoby zdrowe, jak i chore. W grupie preparatów fitomedycznych, często stosowanych w Europie, szczególnym zainteresowaniem cieszy się wyciąg z miłorzębu japońskiego (*Ginkgo biloba* – EGb) [20]. Posiada on szerokie spektrum oddziaływania, w tym: modyfikuje funkcje naczynioruchowe [21], poprawia właściwości reologiczne krwi [22-24], hamuje zwiększoną aktywność płytek krwi (*platelet-activating factor* – PAF), zmniejsza lepkość krwi [20, 25] i wpływa na czynność kanałów jonowych [21]. Przyjmowaniu preparatu EGb towarzyszą także zmiany elektrolitowe, jak: zwiększenie stężenia potasu, nieznaczny spadek stężenia sodu [26] oraz zwiększona oporność osmotyczna krwinek [27]. Wszystkie te zmiany występujące po wprowadzeniu EGb wskazują na poprawę właściwości hemorheologicznych krwi, które mogą istotnie wpływać na parametry hemodynamiczne i zmniejszyć ogólne obciążenie układu krążenia, poprawić warunki transportu tlenu do aktywnych mięśni i zwiększyć możliwości wysiłkowe.

Cel

Biorąc pod uwagę oddziaływanie aktywności fizycznej na lepkość krwi, jej objętość oraz potencjalny korzystny wpływ przyjmowania suplementu EGb na właściwości hemorheologiczne krwi, celem obecnych badań była ocena wpływu przyjmowania suplementu EGb u trenujących mężczyzn na wybrane cechy lepkości krwi i stężenie elektrolitów w osoczu w spoczynku oraz po zakończeniu wysiłku.

Materiały i metody

Badaniami objęto grupę 12 trenujących mężczyzn. Mężczyźni zostali poinformowani o celu badań, stosowanej metodyce oraz o możliwości rezygnacji z udziału w badaniach w dowolnym momencie trwania doświadczenia bez podawania przyczyny. Uczestnicy wyrazili pisemną zgodę na udział w badaniach. Projekt badawczy został zaakceptowany przez Komisję Bioetyczną przy Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach.

Średni wiek badanych mężczyzn wyniósł 24 ± 2 lata, a wysokość ciała $181,0 \pm 3,5$ cm. Badanych podzielono na dwie 6-osobowe grupy, z których jedna otrzymywała suplementację wyciągiem z EGb, a druga placebo. Suplement EGb lub placebo stosowano 1 raz dziennie po 2 kapsułki przez okres 6 tygodni. Wszystkie suplementy wypełniały miękkie kapsułki żelatynowe (Olimp Labs, Dębica, Polska). Kapsułka placebo zawierała celulozę mikrokrystaliczną, stearynian magnezu i maltodekstrynę zamiast ekstraktu roślinnego EGb. Kapsułka EGb zawierała 160 mg znormalizowanego ekstraktu z EGb.

Przed przystąpieniem do badań w każdej grupie oceniono masę i skład ciała badanych za pomocą wagi bioimpedancyjnej z układem ośmioelektrodowym (InBody 220, Biospace, Korea). W grupie badanych suplementowanych wyciągiem z EGb średnia masa ciała wynosiła $79,8 \pm 8,4$ kg, masa tkanki tłuszczowej $8,1 \pm 2,6$ kg, a beztłuszczowa masa ciała $71,7 \pm 7,4$ kg. W grupie badanych otrzymujących placebo parametry te wyniosły odpowiednio: $79,8 \pm 8,4$ kg, $8,1 \pm 2,6$ kg i $71,7 \pm 7,4$ kg. Różnice okazały się nieistotne statystycznie.

W obu grupach badani wykonali test wysiłkowy o stopniowo narastającej intensywności, aż do osiągnięcia indywidualnie maksymalnych obciążeń wysiłkowych na cykloergometrze rowerowym Ergomedic 839E, Monark Exercise AB (Szwecja). Podczas testu rejestrowano: częstość skurczów serca oraz mierzoną temperaturę wewnętrzną w kanale słuchowym (Braun, Niemcy), temperaturę skóry na ramieniu, udzie i klatce piersiowej (Non-Contact Infrared Thermometer Raytek Autopro ST25, Polska) oraz pobór tlenu (VO_2) z wykorzystaniem analizatora gazowego (MetaLyzor 3B-2R, Cortex, Niemcy). Oceniane zmiany temperaturowe ciała oraz częstości skurczów serca wykorzystano do wyliczenia wskaźnika obciążenia fizjologicznego (PSI) [za: 28] oraz obciążenia układu krążenia (fHR) i termoregulacji (fTy) [29] podczas testu wysiłkowego.

Ponadto w obu grupach – w spoczynku, przed wysiłkiem oraz po wysiłku, pobierano badany próbki krwi z żyły odłokciowej w celu oznaczenia w pełnej krwi: całkowitej liczby erytrocytów (RBC), stężenia hemoglobiny (Hb), wskaźnika hematokrytowego (HCT), średniej objętości krwinek czerwonych, (MCV), średniej zawartości Hb w krwince (MCH), średniej zawartości hemoglobiny (MCHC), za pomocą automatycznego analizatora hematologicznego (SYS-MEX XE-2100, Corporation, Roche, Polska). Ponadto oceniano osmolalność osocza ($mOsm/kg$) za pomocą osmometru medycznego (OS 3000, Marcel, Polska), stężenia wybranych elektrolitów [Na^+ , K^+ , Cl^-], które przeliczano na $kg H_2O$ osocza oraz stężenie białka całkowitego (TP) za pomocą aparatu wielofunkcyjnego (COBAS INTEGRA 400 Plus, Roche, Polska). Ze znanych wartości Hb oraz HCT wyliczano zmiany objętości osocza [30].

Analizę statystyczną otrzymanych wyników badań przeprowadzono z wykorzystaniem programu IBM SPSS Statistica wersji 10 (PL). Wyniki przedstawiano jako średnia \pm odchylenie standardowe ($M \pm SD$). Przeprowadzono analizę różnic cech antropometrycznych i fizjologicznych badanych mężczyzn w spoczynku oraz wysiłku w obu grupach. Przed przystąpieniem do analizy statystycznej sprawdzano normalność rozkładu zmiennych testem Shapiro-Wil-

ka oraz jednorodność wariancji testem Levene'a. Dla oceny różnic w cechach antropometrycznych i fizjologicznych pomiędzy grupą otrzymującą placebo i EGb stosowano test t-Studenta dla cech powiązanych. Ocenę różnic analizowanych wskaźników w obu grupach, w przypadku jednorodności wariancji prób, prowadzono w oparciu o jednoczynnikową analizę wariancji z powtarzanymi pomiarami (suplement, czas). W ocenie *post-hoc* wykorzystano test Bonferoniego. Za istotne statystycznie przyjęto różnice gdy $p \leq 0,05$.

Wyniki

Średnie wartości minutowego poboru tlenu (VO_2) nie różniły się w sposób istotny statystycznie w między grupą otrzymującą placebo a otrzymującą wyciąg EGb. Również częstość skurczów serca w spoczynku nie obniżyła się istotnie statystycznie w grupie otrzymującej suplementację EGb. Obserwowano tendencję do niższego obciążenia fizjologicznego (PSI) oraz mniejszego udziału obciążenia systemu krążenia i termoregulacji w warunkach stresu wysiłkowego po suplementacji EGb, jednak także nie były to różnice istotnie statystyczne (tab. I).

Analiza statystyczna uzyskanych wyników wskazuje, że zastosowany test wysiłkowy istotnie statystycznie różnicował wszystkie, za wyjątkiem MCH, badane wskaźniki hematologiczne krwi, podczas gdy rodzaj spożywanego suplementu istotnie różnicował tylko stężenie Hb i HCT oraz MCV i MCHC. Statystycznie istotna interakcja niezależnych czynników suplementacja oraz czas (w spoczynku – max wysiłek – restytucja) ujawniła się w ocenie zmian stężenia Hb oraz MCHC (tab. II).

Wyniki przeprowadzonej analizy wykazały, że zastosowany test wysiłkowy istotnie różnicował stężenie elektrolitów, osmolalność osocza i stężenie białka całkowitego u wszystkich badanych bez względu na rodzaj stosowanej suplementacji, podczas gdy rodzaj

Tabela I. Wybrane cechy reakcji fizjologicznych na zastosowany test wysiłkowy w obu grupach ($M \pm SD$)

Table I. Selected physiological responses to exercise test in both experimental series ($M \pm SD$)

Parametr /Parameter	placebo		EGb	
	w spoczynku /at rest	po max wysiłku /after max. effort	w spoczynku /at rest	po max wysiłku /after max. effort
VO_2 ($L \cdot min^{-1}$)	0,69 \pm 0,0	4,55 \pm 0,12	0,44 \pm 0,0	4,4 \pm 0,1
HR ($sk \cdot min^{-1}$)	83 \pm 8,2	186 \pm 3,0	73 \pm 8,2	187 \pm 2,5
PSI	7,15 \pm 0,22		6,72 \pm 0,27	
fHR	7,61 \pm 0,35		7,08 \pm 0,35	
fTy	2,76 \pm 0,35		2,03 \pm 0,35	

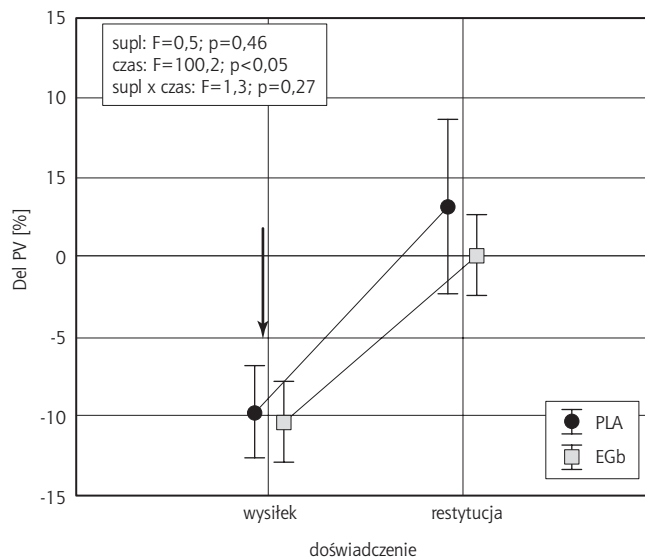
VO_2 – pobór tlenu /oxygen uptake, HR – częstość skurczów serca /heart rate, PSI – wskaźnik obciążenia fizjologicznego /physiological strain index; fHR – komponenta krążeniowa obciążenia /fractional cardiovascular system contribution to physiological strain; fTy – komponenta termiczna obciążenia /fractional thermoregulatory system contribution to physiological strain

przyjmowanego suplementu istotnie różnicował tylko stężenie białka całkowitego. Statystycznie istotna interakcja niezależnych czynników (suplementacja oraz czas oceny) ujawniła się w stosunku do stężenia chloru (tab. III).

Zastosowany test wysiłkowy w obu grupach indukował zbliżoną redukcję objętości osocza i niewielką hemodilucję po jego zakończeniu w grupie przyjmującej suplement EGb (supl. $F=0,5$; $p=0,46$; czas $F=100,2$; $p<0,05$; supl. X czas $F=1,3$; $p=0,27$) (ryc. 1).

Dyskusja

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że 6-tygodniowa suplementacja wyciągiem z EGb nie powoduje istotnych zmian w cechach somatycznych ani wydolności fizycznej u trenujących mężczyzn. Wywołuje jednak istotne zmiany w spoczynkowych cechach lepkości krwi oraz lepkości osocza, które nie towarzyszą istotne zmiany osmolalności osocza. Pomimo zbliżonego obciążenia fizjologicznego i czasu trwania testów wysiłkowych, po zakończeniu wysiłku,



Ryc. 1. Zmiana objętości osocza wywołana wysiłkiem i cechy odnowy objętości osocza po zakończeniu testu wysiłkowego w grupie otrzymującej placebo i EGb

Fig. 1. Changes in plasma volume in response to: exercise and during recovery in placebo and EGb series

Tabela II. Ocena statystyczna oddziaływania suplementacji EGb lub placebo oraz wysiłku fizycznego na wskaźniki hematologiczne krwi (M±SD)
Table II. Statistical evaluation of impact of EGb or placebo supplementation and exercise on blood hematology (M±SD)

Parametr /Parameter	supl. /suppl.	w spoczynku /at rest	po max wysiłku /after max. effort	restytucja /recovery	Wyniki analizy wariancji /results of variance analysis		
					supl. /suppl.	czas /time	supl. x czas /suppl. x time
RBC [mln/ μ l]	placebo	5,16±0,1	5,41±0,13	4,92±0,11	F=0,5	F=100,2	F=1,3
	EGb	5,14±0,13	5,54±0,01	5,06±0,04	p=0,46	p<0,05	p=0,27
Hb [g/dl]	placebo	15,80±0,1	16,55±0,1	15,05±0,1	F=11,8	F=193,4	F=5,8
	EGb	15,70±0,1	17,05±0,3	15,45±0,2	p<0,05	p<0,05	p<0,05
HCT [%]	placebo	44,7±0,2	47,9±0,7	42,5±0,1	F=35,4	F=639,5	F=2,4
	EGb	45,3±0,6	49,5±0,2	44,0±0,2	p<0,05	p<0,05	p=0,17
MCV [fl]	placebo	86,73±2,1	88,40±1,0	86,30±1,8	F=11,02	F=2,23	F=0,56
	EGb	87,95±1,1	89,15±0,4	86,95±1,1	p<0,05	p=0,18	p=0,67
MCHC [g/dl]	placebo	35,4±0,1	34,6±0,4	35,5±0,2	F=45,7	F=6,07	F=5,78
	EGb	34,7±0,2	34,4±0,5	35,1±0,2	p<0,05	p<0,05	p<0,05
MCH [pg]	placebo	30,7±0,7	30,6±0,4	30,6±0,8	F=0,31	F=0,05	F=0,55
	EGb	30,6±0,6	30,7±0,6	30,6±0,6	p=0,6	p=0,9	p=0,6

Tabela III. Ocena statystyczna oddziaływania suplementacji EGb lub placebo oraz wysiłku fizycznego na osmolalność osocza, stężenie elektrolitów oraz białka całkowitego we krwi badanych (M±SD)
Table III. Statistical evaluation of impact of EGb or placebo supplementation and exercise on blood osmolality and plasma electrolyte and protein concentrations (M±SD)

Parametr /Parameter	supl. /suppl.	w spoczynku /at rest	po max wysiłku /after max. effort	restytucja /recovery	wyniki analizy wariancji /results of variance analysis		
					supl. /suppl.	czas /time	supl. x czas /suppl. x time
OSM [mOsm/kg]	placebo	289,2±13,9	296,2±16,0	284,5±14,4	F=0,01	F=3,84	F=0,19
	EGb	288,3±6,6	294,8±17,5	287,0±8,6	p=0,9	p<0,05	p=0,81
Na ⁺ [mmol/kg H ₂ O]	placebo	150,8±1,2	153,5±1,6	149,7±2,1	F=2,68	F=18,03	F=1,73
	EGb	148,4±2,2*	151,4±3,0*	150,1±1,7	p=0,11	p<0,05	p=0,19
K ⁺ [mmol/kg H ₂ O]	placebo	4,34±0,34	4,65±0,25	4,77±0,35	F=0,38	F=18,93	F=1,79
	EGb	4,48±0,27	4,72±0,26	4,76±0,19	p=0,54	p<0,05	p=0,18
Cl ⁻ [mmol/kg H ₂ O]	placebo	109,3±1,4	110,0±1,9	108,0±2,4	F=2,38	F=4,03	F=5,82
	EGb	106,9±2,9*	107,0±2,6*	109,1±2,2*	p=0,13	p<0,05	p<0,05
TP [g/dl]	placebo	6,56±0,38	7,32±0,24	6,59±0,34	F=7,07	F=51,45	F=1,34
	EGb	7,02±0,21*	7,75±0,43*	6,78±0,38	p<0,05	p<0,05	p=0,27

obserwowano odmienny wzorzec hemodilucji powysiłkowej w grupie osób otrzymujących placebo i EGb.

Przyjmowaniu suplementu EGb towarzyszyło istotne obniżenie stężenia Hb, (MCHC oraz wzrost stężenia białka całkowitego w osoczu. Powyższe zmiany współistniały z nie istotnym statystycznie obniżeniem osmolalności krwi, ale istotnie niższymi stężeniami jonów Na^+ i Cl^- w spoczynku i podczas wysiłku. Obserwowane zmiany cech lepkości krwi po suplementacji EGb mogą wskazywać na 'rozcieńczenie' krwi występujące w stanach hemodilucji [5, 31]. Obniżenie MCHC przy zachowaniu niezmiennego MCH wskazuje na przesunięcie wody z komórek do przestrzeni wewnątrznaczyniowej w następstwie obniżonej osmolalności osocza [32]. Podobne zmiany przebiegające z obniżeniem stężenia Hb i liczby erytrocytów oraz 2-krotnym wzrostem MCV, obniżeniem MCHC oraz zmianą struktury hemoglobiny po podaniu EGb obserwowano w badaniach na zwierzętach, u szczurów suplementowanych wyciągiem EGb przez okres 3 tygodni w dawce 25mg EGb/kg masy ciała raz dziennie [33].

Chen i wsp. [8], badając niestabilność osmotyczną krwinek czerwonych poddawanych działaniu wyciągu z liści EGb obserwowali zmiany morfologiczne krwinek czerwonych, którym towarzyszył wzrost przepuszczalności błony komórkowej w zakresie roztworów izotonicznych oraz zwiększona oporność na działanie zwiększonego ciśnienia osmotycznego na komórkę w porównaniu do krwinek normalnych.

Wyniki obecnych badań wykazują, że spożywanie wyciągu EGb silnie oddziałuje na stężenie elektrolitów w osoczu. Wyniki obecnych badań pozostają zgodne z wcześniejszymi badaniami prowadzonymi u zdrowych ludzi [9] oraz z wynikami badań na zwierzętach, którym podawano suplement EGb [33]. W naszych badaniach obserwowano zbliżoną efektywność działania ekstraktu EGb do wyników badań cytowanych autorów, przejawiającą się obniżeniem stężenia jonów Na^+ i wzrostem stężenia jonów K^+ .

6-tygodniowa suplementacja EGb poprawiła płynność krwi, jednak nie wpłynęła na wielkość strat wody z organizmu podczas wysiłku (zbliżona redukcja masy ciała, zbliżone straty objętości osocza w obu seriach

badania), ani na obciążenie fizjologiczne (PSI) i czas trwania testu wysiłkowego. Odnowa zasobów wody organizmu po zakończeniu testu wysiłkowego w grupie suplementowanej EGb była wolniejsza niż w grupie z placebo i nie towarzyszyły jej typowe cechy hemodilucji powysiłkowej. Zjawisko obniżenia lepkości krwi na zasadzie hemodilucji wskazywane jest, jako efekt powysiłkowego zwiększenia objętości osocza [5, 16, 31, 34]. Może wahać się w okresie odpoczynku od 8 do 17%, natomiast największy spadek Ht obserwuje się w okresie 24-72 godzin po wysiłku. Według różnych autorów zjawisko to spowodowane jest (w warunkach nie przyjmowania płynów w trakcie wysiłku) przemieszczaniem białek i płynu do przestrzeni naczyniowej, a także zatrzymaniem w niej sodu i wody. Na zmianę wzorca hemodilucji po zakończeniu testu wskazują: obniżenie osmolalności osocza w grupie z placebo o -1,7% vs. grupy z EGb o -0,45%, zmiany stężenia Na^+ w grupie z placebo o -0,7%, w grupie z EGb o +1,1% czy Cl^- w grupie z placebo o -1,22%, w grupie z EGb o +2,2% po wysiłku w porównaniu do wartości spoczynkowych.

Reasumując można stwierdzić, że zwiększenie płynności krwi przed wysiłkiem po suplementacji EGb ułatwiło przepływ krwi przez naczynia krwionośne podczas wysiłku i poprzez wpływ na siłę onkotyczną osocza zwiększyło możliwość przesunięcia wody do przestrzeni wewnątrznaczyniowej przed wysiłkiem, jednak zmianom tym towarzyszyła mniejsza zdolność przesunięcia wody z komórek po zakończeniu wysiłku.

Wnioski

Prowadzona przez okres sześciu tygodni suplementacja wyciągiem z EGb nie wpływa istotnie na cechy somatyczne i wydolność tlenową trenujących mężczyzn, powoduje jednak istotne zmiany cech lepkości krwi w spoczynku i wpływa na wzorzec hemodilucji po zakończeniu wysiłku.

Źródło finansowania: Finansowano z badań statutowych Akademii Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach.

Konflikt interesów: Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.

Piśmiennictwo / References

1. Brun JF. Exercise hemorheology as a three acts play with metabolic actors: is it of clinical relevance? Clin Hemorheol Microcirc 2002, 26(3): 155-174.
2. Baskurt OK, Meiselman HJ. Blood rheology and hemodynamics. Semin Thromb Hemost 2003, 29(5): 443-450.
3. Reinhart W, Chien S. Red cell rheology in stomatocyte – echinocyte transformation: Roles of cell geometry and cell shape. Blood 1986, 67(4): 1110-1118.
4. Shiga T, Maeda N, Kon K. Erythrocyte rheology. Crit Rev Oncol Hematol 1990, 10(1): 9-48.
5. Ibister JP. Hyperviscosity: Clinical Disorders. [in:] Handbook of hemorheology and hemodynamics. Baskurt OK, Hardeman MR, Rampling MW, Meiselman HJ (eds). IOS Press, Amsterdam 2007: 371-391.
6. Wang J, Zhou S, Bonks R, et al. Supervised exercise training combined with ginkgo biloba treatment for patients with peripheral arterial disease. Clin Rehabil 2007, 21(7): 579-586.

7. Suter A, Niemer W, Klopp R. A new Ginkgo fresh plant extract increases microcirculation and radical scavenging activity in elderly patients. *Adv Ther* 2011, 28(12): 1078-1088.
8. Chen G, Zhao L, Liu YW, et al. Regulation of blood viscosity in disease prevention and treatment. *Chin Sci Bull* 2012, 57(16): 1946-1952.
9. Connes P, Brun JF, Baskurt OK. Blood rheology and exercise. [in:] *Exercise physiology: from a cellular to an integrative approach*. Cones P, Hue O, Perrey S (eds). ISO Press, Amsterdam 2010: 213-229.
10. Mesquita TRR, de Jesus ICG, dos Santos JF, et al. Cardioprotective action of Ginkgo biloba extract against sustained β -adrenergic stimulation occurs via activation of M2/NO pathway. *Front Pharmacol* 2017, 8: 220.
11. Ernst E, Resch KL. Fibrinogen as a cardiovascular risk factor: a meta-analysis and review of the literature. *Ann Intern Med* 1993, 118(12): 956-963.
12. Gaudard A, Varlet-Marie E, Bressolle F, et al. Hemorheological correlates of fitness and unfitness in athletes: moving beyond the apparent "paradox of hematocrit"? *Clin Hemorheol Microcirc* 2003, 28(3): 161-173.
13. Brocherie F, Millet GP, Hauser A, et al. Association of hematological variables with team-sport specific fitness performance. *PLoS ONE* 2015, 10(12): e0144446.
14. Vandewalle H, Lacombe C, Lelièvre JC, Poirot C. Blood viscosity after a 1-h submaximal exercise with and without drinking. *Int J Sports Med* 1988, 9(2): 104-107.
15. Brun JF, Connes P, Varlet-Marie E. Alterations of blood rheology during and after exercise are both consequences and modifiers of body's adaptation to muscular activity. *Sci Sports* 2007, 22(6): 251-266.
16. Pokora I. Ograniczenie spożycia sodu a zmiany objętości osocza podczas i po zakończeniu wysiłków fizycznych o różnej charakterystyce skurczów. *Probl Hig Epidemiol* 2013, 94(3): 489-493.
17. Varlet-Marie E, Brun JF. Reciprocal relationships between blood lactate and hemorheology in athletes: another hemorheologic paradox? *Clin Hemorheol Microcirc* 2004, 30(3-4): 331-337.
18. Salazar Vázquez BY, Martini J, Chávez Negrete A, et al. Cardiovascular benefits in moderate increases of blood and plasma viscosity surpass those associated with lowering viscosity: Experimental and clinical evidence. *Clin Hemorheol Microcirc* 2010, 44(2): 75-85.
19. Mel'nikov AA, Vikulov AD. Relationship between electrolyte balance and hemorheological characteristics in athletes. *Human Physiol* 2003, 29(2): 170-177.
20. Galduróz JC, Antunes HK, Santos RF. Gender- and age-related variations in blood viscosity in normal volunteers: A study of the effects of extract of *Allium sativum* and *Ginkgo biloba*. *Phytomedicine* 2007, 14(7-8): 447-451.
21. Zhuo W, Chai H, Lin PH, et al. Clinical use and molecular mechanisms of action of extract of *Ginkgo biloba* leaves in cardiovascular diseases. *Cardiovasc Drug Rev* 2004, 22(4): 309-319.
22. Clostre F. Protective effects of a *Ginkgo biloba* extract (Egb 761) on ischemia-reperfusion injury. *Therapie* 2001, 56(5): 595-600.
23. Huang SY, Jeng C, Kao SC, et al. Improved haemorrheological properties by *Ginkgo biloba* extract (Egb 761) in type 2 diabetes mellitus complicated with retinopathy. *Clin Nutr* 2004, 23(4): 615-621.
24. Jung F, Mrowietz G, Kiesewetter H, Wenzel E. Effects of *Ginkgo biloba* on fluidity of blood and peripheral microcirculation in volunteers. *Arzneimittelforschung* 1990, 40(5): 589-593.
25. Miglis MG. Effects of taurine and *Ginkgo biloba* extract on platelet aggregation. *Osprey J Ideas Inq* 2002, paper 122.
26. Omayma AR, Zaid A, Ali HA, EL-Regaily AFY. Biochemical effect of *Ginkgo biloba* extract on carbohydrate metabolism in (induced type two) diabetic rats. *Medicamentul Veterinar* 2016, 10(1): 55-65.
27. He J, Lin J, Li J, et al. Dual effects of *Ginkgo biloba* leaf extract on human red blood cells. *Basic Clin Pharmacol Toxicol* 2009, 104(2): 138-144.
28. Moran DS, Shitzer A, Pandolf KB. A physiological strain index to evaluate heat stress. *Am J Physiol* 1998, 275(1 pt 2): R129-R134.
29. Pokora I, Żebrowska A. Application of a physiological strain index in evaluating responses to exercise stress – A comparison between endurance and high intensity intermittent trained athletes. *J Hum Kinet* 2016, 50: 103-114.
30. Dill DB, Costill DL. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *J Appl Physiol* 1974, 37(2): 247-248.
31. Kościelny J, Jung F, Kiesewetter H, Haass A (eds). *Hemodilution. New aspects in the management of circulatory blood flow*. Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1992.
32. Yang RC, Mack GW, Wolfe RR, Nadel ER. Albumin synthesis after intense intermittent exercise in human subjects. *J Appl Physiol* (1985) 1998, 84(2): 584-592.
33. Abdel Baieth H. Evaluation of *Ginkgo biloba* extract on hematological changes affected with hazards of electromagnetic field exposure. *Int J Biomed Sci* 2009, 5(3): 229-236.
34. Szyguła Z. Erythrocytic system under the influence of physical exercise and training. *Sports Med* 1990, 10(3): 181-197.