

IWONA GRZESIAK-GASEK^{1, A-C}, URSZULA KACZMAREK^{1, A, C-F}, MAREK POPOWCZAK^{2, B}

Stężenie wybranych składników śliny u koszykarzy przed rutynowym treningiem i po nim

The Levels of Selected Saliva Components in Basketball Players Before and After Routine Training

¹ Katedra i Zakład Stomatologii Zachowawczej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, Wrocław, Polska

² Katedra Zespołowych Gier Sportowych, Zespół Koszykówki i Piłki Siatkowej, Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, Wrocław, Polska

A – koncepcja i projekt badania, B – gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – analiza i interpretacja danych, D – napisanie artykułu, E – krytyczne zrecenzowanie artykułu, F – zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Streszczenie

Wprowadzenie. Aktywność fizyczna powoduje metaboliczne zmiany w organizmie, które wpływają na stężenie niektórych składników biochemicznych krwi i śliny.

Cel pracy. Porównanie wybranych składników śliny u osób uprawiających koszykówkę przed rutynowym treningiem i po nim oraz odniesienie ich do osób niewykonywujących systematycznie ćwiczeń fizycznych.

Materiał i metody. Zbadano 30 osób w wieku 21–26 lat trenujących systematycznie koszykówkę. Przed treningiem i po nim pobierano niestymulowaną ślinę mieszaną. Grupę kontrolną (n = 10) stanowiły osoby nieuprawiające żadnego sportu. U wszystkich badanych oznaczano w ślinie pH, pojemność buforową, białko całkowite, α-amylazę, peroksydazę, mieloperoksydazę, kortyzol, kwas sialowy, całkowitą pojemność antyoksydacyjną, wapń i magnez oraz szybkość wydzielania.

Wyniki. Przed treningiem i po nim stwierdzono istotne zwiększenie stężenia białka całkowitego ($1,02 \pm 0,47$ g/l vs $1,33 \pm 0,77$ g/l, $p < 0,05$), poziomu i wypływu kortyzolu ($1,94 \pm 1,87$ µg/ml vs $3,15 \pm 2,85$ µg/ml oraz $6,62 \pm 6,47$ µg/min vs $6,00 \pm 23,01$ µg/min, $p < 0,05$). Stwierdzono również podwyższenie średnich stężeń i wypływów α-amylazy (odpowiednio o 28,5 i 70,0%), mieloperoksydazy (21,8 i 31,2%), TAS (30,2 i 67,5%), wolnego kwasu sialowego (10,0 i 36,8%), wapnia (33,9 i 87,5%) i magnezu (38,6 i 92,0%). Zanotowano ponadto niewielkie podwyższenie poziomu pojemności buforowej (13,1%) i pH (1,4%) oraz obniżenie stężenia peroksydazy (9,3%) i zwiększeń jej wypływu (5,1%).

Wnioski. Trening osób uprawiających koszykówkę powodował pewne zmiany w stężeniach badanych parametrów biochemicznych śliny, jednakże po treningu stwierdzono istotne zwiększenie tylko stężenia białka całkowitego i kortyzolu (*Dent. Med. Probl.* 2015, 52, 2, 197–204).

Słowa kluczowe: trening, koszykówka, składniki śliny.

Abstract

Background. Physical activity evokes metabolic changes in the body that influence the levels of some biochemical components of blood and saliva.

Objectives. The aim of this study was to compare selected salivary components in basketball players before and after a routine training in relation to people who don't get regular physical exercises.

Material and Methods. The study included 30 subjects aged 21–26 years, regularly training basketball. Unstimulated mixed saliva samples were collected before and after the training session. The control group (n = 10) consisted of subjects not involved in regular sport activity. Salivary pH, buffer capacity, total protein, α-amylase, peroxidase, myeloperoxidase, cortisol, sialic acid, total antioxidant status, calcium and magnesium as well as salivary flow rate were assessed in all subjects of the study.

Results. A significant increase of salivary total protein concentration (1.02 ± 0.47 g/L vs 1.33 ± 0.77 g/L, $p < 0.05$) and cortisol levels and outputs (1.94 ± 1.87 µg/mL vs 3.15 ± 2.85 µg/mL and 6.62 ± 6.47 µg/min vs 6.00 ± 23.01 µg/min,

$p < 0.05$) were observed before and after the training session. Also, the study showed an increase in the average levels and outputs of α -amylase (28.5% and 70.0%, respectively), myeloperoxidase (21.8 % and 31.2%), TAS (30.2% and 67.5%), free sialic acid (10.0% and 36.8%), calcium (33.9% and 87.5%) and magnesium (38.6% and 92.0%). Moreover, a minor increase in the buffer capacity (13.1%) and pH (1.4%) levels accompanied by decreased level (9.3%) and increased output (5.1%) of peroxidase was identified.

Conclusions. Basketball training evoked some changes in the levels of the investigated biochemical parameters in the saliva. After the training; however, only the concentrations of total protein and cortisol were found to be increased (*Dent. Med. Probl.* 2015, 52, 2, 197–204).

Key words: training, basketball, salivary components.

Ślina jest unikalnym płynem biologicznym organizmu, który nie tylko tworzy naturalne środowisko jamy ustnej, ale także może stanowić diagnostyczne i prognostyczne medium dla niektórych chorób jamy ustnej i schorzeń systemowych. Zawiera szerokie spektrum białek, peptydów, kwasów nukleinowych, elektrolitów i hormonów syntetyzowanych w komórkach, gruczołach ślinowych lub pochodzących z surowicy krwi albo z elementów morfotycznych. Spełnia wiele ważnych i różnorodnych funkcji ochronnych oraz związanych z przyjmowaniem pokarmu i mową. Działanie lubrykujące wynika z tworzenia filmu zawierającego mucynę, białka bogate w prolinę i wodę, który pokrywa twarde i miękkie tkanki jamy ustnej i wpływa istotnie na mowę, połykanie i żucie. Działanie buforujące, rozcieńczające i neutralizujące zapewnia możliwość regulacji pH w środowisku jamy ustnej. Stały przepływ śliny powoduje usunięcie resztek pokarmowych i drobnoustrojów z jamy ustnej. Dzięki obecności mucyn, elektrolitów i wody ślina chroni i utrzymuje integralność błony śluzowej górnego odcinka przewodu pokarmowego. Natomiast występowanie wrodzonych (system ślinowej peroksydazy, system mieloperoksydazy, lizozym, laktoferryne, aglutyniny, mucyny, cystatyny, białka bogate w prolinę, białka bogate w histydyne, fibronektyna, β -2-mikroglobulina, glikoproteiny) i nabytych (immunoglobuliny A, M, G) czynników antybakteryjnych zapobiega adhezji i wzrostowi bakterii. Zdolność remineralizacji twardych tkanek zęba wynika z zawartości w ślinie jonów wapnia, fosforanowych i fluorkowych oraz stateryny i białek anionowych bogatych w prolinę. Funkcję trawienną spełniają natomiast: α -amylaza rozkładająca węglowodany i lipaza inicjująca rozkład tłuszczów [1–3].

Zaletą śliny jako medium diagnostycznego, w przeciwieństwie do krwi, jest łatwy i nieinwazyjny sposób pobierania próbek. Nie jest jednak pozbawiona pewnych wad wynikających m.in. z dziennego rytmu zmian stężeń niektórych składników, wpływu sposobu pobierania próbki (stymulacja, brak stymulacji) oraz małego stężenia składników pochodzących z krwi (ok. tysiącrotnie niższego niż we krwi). Pewne czyn-

niki fizjologiczne lub patologiczne mogą ponadto oddziaływać na ilość i jakość wytwarzanej śliny, np. żucie, leki, czynniki psychologiczne, aktywność fizyczna. Sekrecja i skład śliny podlega regulacji nerwowej, głównie przez autonomiczny system nerwowy; gruczoły surowicze są kontrolowane przez sympatyczny, surowiczo-śluzowe zarówno przez sympatyczny, jak i parasympatyczny, a śluzowe tylko przez parasympatyczny układ nerwowy. Nerwowa lub farmakologiczna stymulacja α - lub β -adrenergiczna modyfikuje ilość, lepkość oraz zawartość białka i jonów w ślinie, powodując powstanie dużej ilości wodnistej i mało lepkiej lub małej ilości gęstej, lepkiej i pianistej śliny [2–4].

Aktywność fizyczna indukuje biochemiczne zmiany w organizmie, które modyfikują niektóre parametry we krwi i ślinie, a zatem może wpływać na poziom niektórych składników śliny zarówno organicznych (białkowych i niebiałkowych), jak i nieorganicznych. Najczęściej badanymi białkami śliny w tym aspekcie są enzym α -amylaza i immunoglobulina A. Syntetyzowana przez limfocyty B w obwodowej części nabłonka wydzielniczego IgA jest transportowana przez błonę komórkową do komórek gruczołów ślinowych i wydzielana do śliny. Stanowi pierwszą linię obrony wobec inwazji patogenów przez zapobieganie przyczepianiu się mikroorganizmów do powierzchni błon śluzowych. Uznawana jest za marker funkcji obronnej, głównie w wydzielinach śluzowych. Przedłużony wysiłek fizyczny związany z uprawianiem różnego rodzaju sportu zmniejsza stężenie i szybkość wydzielania IgA [5–10]. Obniżenie sekrecji IgA może powodować upośledzenie odpowiedzi immunologicznej i konsekwentnie powodować wzrost kolonizacji patogenów i infekcji, co sprzyja występowaniu częstszych zakażeń górnych dróg oddechowych u sportowców [11]. Oceniano również nieimmunologiczne czynniki antybakteryjne śliny, takie jak laktoferryne [5, 11–14], lizozym [6, 12], peroksydaza [13] oraz ślinowa IL-21 [15], wykazując najczęściej zmniejszenie ich stężenia po aktywności fizycznej.

Ślinowa α -amylaza jest dominującym enzymem śliny i stanowi ok. 20% ilości białka całkowitego śliny [2]. Odpowiedzialna jest nie tylko za

degradację skrobi i glikogenu do maltozy, ale także hamowanie adherencji i wzrostu bakterii na powierzchniach nabłonka. Jest syntetyzowana głównie w ślinowych gruczołach przyusznych, a jej uwalnianie jest warunkowane aktywacją autonomicznego systemu nerwowego przez α - i β -adrenergiczne mediatory. Stosuje się ją jako indikator stresu fizycznego i psychicznego, gdyż jej stężenie wzrasta w stresowych sytuacjach. W wielu badaniach zaobserwowano zwiększenie α -amylazy w ślinie po wysiłku związanym z ćwiczeniami fizycznymi, treningami i po rozgrywkach sportowych [6, 7, 12, 14, 16, 17].

Aktywność fizyczna, testy wysiłkowe, uprawianie różnych dyscyplin sportu wpływają również na równowagę prooksydacyjno-antyoksydacyjną, powodując powstanie stresu oksydacyjnego w wyniku wzrostu oksydantów. Zwiększone zużycie tlenu podczas wysiłku fizycznego przyczynia się do wzrostu wydzielania reaktywnych form tlenu. Podjęto zatem badania nad odpowiedziami na stres oksydacyjny podczas ćwiczeń fizycznych, oznaczając w ślinie całkowitą poziomą aktywności enzymów i innych związków antyoksydacyjnych, m.in. dysmutazę nadtlenkową, katalazę, peroksydazę glutationu, całkowity status antyoksydacyjny – TAS oraz poziomy produktów peroksydacji reagujących z kwasem tiobarbiturowym – TBARS i kwasu moczowego, a ponadto wolnego kwasu sialowego, który może odgrywać rolę w usuwaniu nadtlenu wodoru [18–21].

Stwierdzono także pewne zróżnicowanie w koncentracji kationów i anionów śliny występujące po ćwiczeniach fizycznych [22–25].

Obecne w ślinie steroidy (kortyzol i testosteron) są przydatne do monitorowania odpowiedzi hormonalnej na ćwiczenia fizyczne, gdyż zwiększa się stężenie ich wolnych form [6, 7, 11, 15, 25–27]. Balans między katabolicznym kortyzolem i anabolicznym testosteronem jest ponadto istotny dla fizycznej wytrzymałości podczas treningów sportowych.

Celem pracy jest porównanie wybranych składników śliny u dorosłych uprawiających koszykówkę przed rutynowym treningiem i po nim oraz odniesienie ich do osób niewykonywujących systematycznie ćwiczeń fizycznych.

Materiał i metody

Badaniem objęto 30 studentów Akademii Wychowania Fizycznego w wieku 19–26 lat, średnia wieku: 20 lat i 6 miesięcy, uczestniczących systematycznie przez 7,5 godzin tygodniowo w treningach koszykówki. Czas trwania pojedynczego treningu wyniósł 90 min i odbywał się wieczorem

między godziną 19.00 a 22.00. Przed treningiem i bezpośrednio po nim pobierano niestymulowaną ślinę mieszaną. Grupę kontrolną stanowiło 10 studentów stomatologii w wieku 22–24, średnia wieku: 23 lata, którzy nie uprawiali żadnego sportu i u których pobierano ślinę o godz. 21.00.

W ślinie oznaczano pH (potencjometrycznie), pojemność buforową (metodą miareczkową potencjometrycznie), białko całkowite (za pomocą odczynnika Folina and Ciocalteau metodą Lowry'ego et al.) [29], α -amylazę (metodę kolorymetryczną Carawaya), peroksydazę – SPO (metodą z zastosowaniem Nbs-SCN wg [29]), mieloperoksydazę – MPO (metodą z użyciem NbsCl wg [28]), kwas sialowy całkowity – TSA, związany glikozydowo – GSA i wolny (FSA) (metodą wg [30]), kortyzol (zestaw R & D System, metodą Elisa), całkowity potencjał antyoksydacyjny – TAS (testem oceny całkowitego poziomu przeciwutleniaczy – Randox), wapń (metodą opartą na powstawaniu niebieskiego chromogenu z użyciem o-krezolftaleiny, zestaw Alpha Diagnostic), magnez (metodą opartą na tworzeniu kompleksu magnezu z barwnikiem, zestaw Alpha Diagnostic). Obliczono również szybkość wydzielania śliny w ml/min – V. Poziomy rozpatrywanych składników śliny wyrażono w jednostkach stężeniowych oraz jako wpływ, tj. koncentracja w ciągu 1 min i enzymów jako aktywność właściwa, tj. odniesiona do 1 mg białka śliny.

Wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą testu Manna-Whitneya, za istotny przyjmując poziom $p < 0,05$.

Wyniki

Uzyskane wyniki badanych parametrów śliny wyrażone w jednostkach stężeniowych, stężeniowo-objętościowych (wypływ) i enzymów w odniesieniu do zawartości białka (aktywność właściwa) zestawiono w tab. 1 i 2. Przed treningiem i po nim stwierdzono istotne zwiększenie stężenia białka całkowitego ($1,02 \pm 0,47\text{g/l}$ vs $33 \pm 0,77\text{g/l}$, $p < 0,05$) oraz poziomu i wpływu kortyzolu ($1,94 \pm 1,87\text{ }\mu\text{g/ml}$ vs $3,15 \pm 2,85\text{ }\mu\text{g/ml}$ i $6,62 \pm 6,47\text{ }\mu\text{g/ml}$ vs $6,00 \pm 23,01\text{ }\mu\text{g/ml}$, $p < 0,05$). Wykazano również podwyższenie średnich stężeń i wpływów α -amylazy (odpowiednio o 28,5 i 70,0%), mieloperoksydazy (21,8 i 31,2%), TAS (30,2 i 67,5%), wolnego kwasu sialowego (10,0 i 36,8%), wapnia (33,9 i 87,5%) i magnezu (38,6 i 92,0%). Zanotowano ponadto niewielkie podwyższenie poziomu pojemności buforowej (13,1%) i pH (1,4%) oraz zmniejszenie stężenia peroksydazy (9,3%) i wzrost wpływu (5,1%). W grupie kontrolnej średnia szybkość wydzielania śliny

Tabela 1. Poziomy badanych parametrów śliny**Table 1.** The levels of the studied salivary parameters

Parametry śliny Salivary parameters	Grupa badana n = 30 Study group n = 30		Grupa kontrolna n = 10 Control group n = 10	
	przed treningiem before training	po treningu after training	różnica przed-po % difference before-after %	x ± SD
	x ± SD	x ± SD		
V ml/min Salivary flow rate mL/min	0,39 ± 0,19 ^a	0,36 ± 0,27 ^b	-7,7%	0,69 ± 0,26 ^{ab}
pH	7,31 ± 0,30	7,41 ± 0,26	-1,4%	7,34 ± 0,25
Pojemność buforowa mmol/l Buffer capacity mmol/L	5,40 ± 2,86	6,11 ± 2,40	+13,1%	5,75 ± 2,90
Białko całkowite g/l Total protein g/L	1,02 ± 0,47 ^{cd}	1,33 ± 0,77 ^{cd}	+30,4%	0,77 ± 0,24 ^d
α-amylaza IU/L α-amylase IU/L	130,04 ± 121,81	167,16 ± 134,38	+28,5%	77,95 ± 37,93
SPO mIU/ml	1,18 ± 0,88	1,07 ± 0,68	-9,3%	1,19 ± 0,66
MPO mIU/ml	0,87 ± 0,62	1,06 ± 0,87	+21,8%	0,91 ± 0,52
Kortyzol µg/ml Cortisol µg/mL	1,94 ± 1,87 ^e	3,15 ± 2,85 ^e	+62,4%	2,68 ± 3,27
TSA mg/L	7,35 ± 3,71	8,27 ± 4,06	+12,5%	6,19 ± 5,26
GSA mg/L	3,71 ± 2,44	4,19 ± 2,64	+12,9%	4,31 ± 4,86
FSA mg/L	3,70 ± 2,62 ^{fg}	4,07 ± 2,68 ^g	+10,0%	1,98 ± 1,61 ^f
TAS mmol/L	0,43 ± 0,26	0,56 ± 0,30	+30,2%	0,60 ± 0,24
Wapń mg/l Calcium mg/L	3,51 ± 2,02	4,70 ± 3,19	+33,9%	3,59 ± 1,93
Magnez mg/l Magnesium mg/L	0,44 ± 0,23 ^h	0,61 ± 0,39	+38,6%	0,65 ± 0,28 ^h

Istotność różnic między c-c, e-e, f-f, h-h na poziomie $p < 0,05$, g-g na poziomie $p < 0,01$, a-a, b-b, d-d na poziomie $p < 0,001$.

Significant difference between c-c, e-e, f-f, at level $p < 0.05$, g-g at level $p < 0.01$, a-a, b-b, d-d at level $p < 0.001$.

była istotnie większa ($p < 0,05$) niż u badanych przed treningiem i po nim, a stężenie i wypływ wolnego kwasu siałowego znacząco niższe (odpowiednio przed treningiem na poziomie $p < 0,05$ i $p < 0,001$ po treningu na poziomie $p < 0,001$ i $p < 0,0001$). U osób nieuprawiających sportu koncentracja białka całkowitego w ślinie była znacząco wyższa niż u osób po treningu, a wypływ niższy zarówno przed treningiem, jak i po nim. Istotnie mniejsze w grupie kontrolnej były również poziomy wypływu α-amylazy, wolnego kwasu siałowego, wapnia i magnezu w porównaniu do badanych przed treningiem i po nim oraz stężenia peroksydazy i mieloperoxydazy po treningu.

Omówienie

Koszykówka jest dyscypliną sportu drużynowego, w którym występujące ruchy mają w większości charakter acykliczny, gdyż są uzależnio-

ne od sytuacji powstających na boisku. Tempo gry jest szybkie i zmienne, obciążające cały organizm. Należy zatem do grupy sportu wymagającej dużego wysiłku wytrzymałościowego, tj. powodującego zmiany w czynności układu krążenia i oddechowego oraz w procesach metabolicznych. Treningi są ukierunkowane na zwiększenie szybkości, sprawności, możliwości tlenowych i beztlenowych oraz specyficznych umiejętności zawodnika. Intensywne treningi i zawody wpływają na spowodowane stresem funkcje immunologiczne u zawodników [31]. Jednakże ograniczona liczba badań została poświęcona ocenie wpływu treningu i zawodów na stan fizjologiczny koszykarzy oraz zależności między parametrami immunologicznymi i stresem [8].

Gruczoły ślinowe są unerwione przez nerwy układu para- oraz sympatycznego i wzrost aktywności sympatycznej hamuje wydzielanie śliny. Wpływ aktywności fizycznej na sekrecję śliny i stężenie składników śliny nie jest jednak jedno-

Tabela 2. Wpływ badanych parametrów śliny**Table 2.** Output of the studied parameters

Parametry śliny Salivary parameters	Grupa badana n = 30 Studied group n = 30		Grupa kontrolna n = 10 Control group n = 10	
	przed treningiem before training	po treningu after training	różnica przed-po % difference before-after %	x ± SD
	x ± SD	x ± SD		
Białko całkowite mg/min Total protein mg/min	4,05 ± 4,34 ^a	7,65 ± 11,58 ^b	+88,9 %	1,37 ± 0,85 ^{ab}
α-amylaza IU/min α-amylase IU/min	445,85 ± 431,71 ^c	762,13 ± 889,07 ^d	+79,0%	132,14 ± 99,72 ^{cd}
SPO mIU/min	5,08 ± 6,80	5,34 ± 7,38 ^e	+5,1%	2,04 ± 1,70 ^e
MPO mIU/min	3,52 ± 4,14	4,62 ± 5,50 ^f	+31,2%	1,69 ± 1,52 ^f
Kortyzol µg/min Cortisol µg/min	6,62 ± 6,47 ^g	16,00 ± 23,01 ^{gh}	+141,7%	4,98 ± 7,19 ^h
TSA mg/min	1,63 ± 30,42 ⁱ	40,71 ± 43,01 ^j	+2397,5%	10,87 ± 12,10 ^{ij}
GSA mg/min	14,97 ± 16,37	20,23 ± 22,60 ^k	+35,1%	7,73 ± 10,77 ^k
FSA mg/min	14,87 ± 17,51 ^l	20,35 ± 23,86 ^m	+36,8%	3,25 ± 3,74 ^{lm}
TAS mmol/min	1,66 ± 1,84	2,78 ± 3,27	+67,5%	1,00 ± 0,54
Wapń mg/min Calcium mg/min	11,92 ± 9,55 ⁿ	22,35 ± 22,91 ^o	+87,5%	5,40 ± 3,21 ^{no}
Magnez mg/min Magnesium mg/min	1,63 ± 1,59	3,13 ± 4,08 ^p	+92,0	1,05 ± 0,54 ^p

Istotność różnic między a-a, c-c, e-e, f-f, g-g, k-k, n-n, p-p na poziomie $p < 0,05$, między d-d, h-h, i-i, o-o na poziomie $p < 0,01$, między j-j, l-l na poziomie $p < 0,001$, między b-b, m-m na poziomie $p < 0,0001$.

Significant differences between a-a, c-c, e-e, f-f, g-g, k-k, n-n, p-p at level $p < 0.05$, at level d-d, h-h, i-i, o-o at level $p < 0.01$, j-j, l-l at level $p < 0.001$, b-b, m-m at level $p < 0.0001$.

znacznie wyjaśniony. Z badań wynika brak zmian w wydzielaniu śliny podczas krótkiego wysiłku na poziomie submaksymalnym [12, 13, 17], a spadek w odpowiedzi na progresywny test na cykloergometrze i przedłużony wysiłek [6, 9, 24]. Ljungberg et al. [14] zaobserwowali niewielkie zmniejszenie wydzielania śliny niestymulowanej po biegu maratońskim i istotne w ślinie stymulowanej. Podobnie Allgrove et al. [17] nie zanotowali znamiennej zmiany w wydzielaniu śliny niestymulowanej w następstwie ćwiczenia na cykloergometrze trwającym 2,5 godz., ale istotny spadek sekrecji śliny stymulowanej po 130 min trwania ćwiczenia. Sugerowano, że ograniczenie sekrecji śliny obserwowane po długim wysiłku fizycznym jest spowodowane głównie dehydratacją organizmu. Ocena sekrecji śliny spoczynkowej po treningu pływackim spowodowała nieznaczne zmniejszenie wydzielania śliny [21]. W badaniu własnym nie wykazano również obniżenia wydzielania śliny niestymulowanej po treningu trwającym 90 min, ale u osób nietreningujących sekrecja śliny była istotnie wyższa.

Dane własne, podobnie jak wyniki Ljungberga et al. [14] uzyskane po biegu maratońskim, wykazały istotny wzrost białka całkowitego w ślinie po

wysiłku fizycznym oraz brak znamiennej różnicy w jego wpływie. Również zgodnie z danymi tych autorów [14] oraz innych [21] po treningu pływackim w wynikach własnych nie zanotowano zmiany w poziomie pH śliny po wysiłku i tylko nieznaczną zmianę pojemności buforowej.

Wiele badań wskazuje na zwiększenie ślinowej α-amylazy w odpowiedzi na wysiłek fizyczny, który powoduje aktywację współczulnego systemu nerwowego [6, 11, 12, 16, 17, 32, 33]. Znamienne wzrosty koncentracji α-amylazy obserwowano zarówno po intensywnym ćwiczeniu krótko lub długo trwającym [17]. Podwyższoną koncentrację amylazy ślinowej stwierdzono u młodych atletów bezpośrednio po zawodach taekwondo [11]. Stężenia amylazy w ślinie po progresywnym teście bieżni były ponadto silniej skorelowane z progiem anaerobowym, podtrzymując stosowanie ślinowej amylazy jako uzasadnionego indykatora progressu anaerobowego [33]. Zgodnie z tym De Oliveira et al. [34] stwierdzili znaczne zwiększenie poziomów amylazy po progresywnej jeździe na rowerze oraz silną zależność między ślinową amylazą a mleczanem we krwi. Zaobserwowano ponadto wzrost stężenia α-amylazy proporcjonalny do in-

tensywności treningu [31] oraz niższe wyjściowe koncentracje enzymu u wytrenowanych rowerzystów [12]. W badaniach własnych stwierdzono jednakże tylko nieistotnie wyższe stężenie (o 28,5%) i wypływ (o 70,9%) po treningu. W odniesieniu do osób nieuprawiających regularnie sportu koncentracja i wypływ enzymu były ponadto mniejsze w porównaniu do poziomu wyjściowego u osób trenujących koszykówkę. Również we wcześniej przeprowadzonym badaniu u pływaków zanotowano tylko nieistotny wzrost stężenia i koncentracji amylazy po treningu [21]. Azarbayjani et al. [7] ocenili wpływ różnych ćwiczeń (cykloergometr, bieżnia, eliptyczny instrument) przy intensywności 70–85% maksymalnego pulsu przez 25 min wg protokołu Bruca i stwierdzili różnice między sesjami ćwiczenia i istotny spadek wystąpił po ćwiczeniu na eliptycznym instrumencie i bieżni przy maksymalnym pulsie 85%. Wnioskowali zatem, że bardziej intensywność ćwiczenia niż jego czas trwania oddziałuje na poziom α -amylazy w ślinie.

Podczas aktywności fizycznej zwiększa się zużycie tlenu przez organizm i w następstwie tego wzrasta tworzenie się reaktywnych form tlenu powodujących stres oksydacyjny. Wytwarzanie różnych antyoksydantów i wzrost aktywności enzymów, takich jak peroksydaza jest naturalną odpowiedzią na produkcję wolnych rodników. W ślinie aktywność peroksydazowa wynika z obecności syntetyzowanej w gruczołach ślinowych peroksydazy i mieloperoksydazy pochodzącej głównie z neutrofilów, a w mniejszym stopniu z monocytów. Obydwa enzymy chronią jamę ustną przed toksycznym działaniem nadtlenu wodoru, zapobiegają akumulacji produktów toksycznych pochodzących z przemian nadtlenu wodoru i inaktywują związki o działaniu mutagenym. Ljungberg et al. [14] po długim wysiłku fizycznym wykazali w niestymulowanej ślinie mieszanej wzrost aktywności peroksydazy po biegu maratońskim i brak różnic w jej wypływie. Damirchi et al. [13] stwierdzili natomiast znaczne zwiększenie aktywności peroksydazowej w niestymulowanej ślinie mieszanej po krótkim biegu na bieżni z umiarkowaną intensywnością. W badaniu własnym zanotowano nieistotnie statystycznie zmiany w aktywności i wypływie peroksydazy i mieloperoksydazy w ślinie po treningu (odpowiednio spadek o 9,3%, wzrost o 21,8% oraz wzrosty: 5,1 i 31,2%). Poziomy aktywności obu enzymów w grupie kontrolnej były zbliżone do wartości wyjściowych u koszykarzy.

Wykazano, że kwas sialowy (kwas N-acetylnauraminowy), który również jest obecny w ślinie jako wolny i związany, może wykorzystywać toksyczny nadtlenek wodoru poprzez utlenianie się do dekarboksylowanego produktu (4-(acetylamino)-

2,4-dideoksy-D-glicero-D-galacto-kwas kaprylowy – ADOA) [35] Ljungberg et al. [14] wykazali istotny wzrost stężenia kwasu sialowego w stymulowanej ślinie mieszanej po biegu maratońskim, który obniżał się po upływie godziny do poziomu wyjściowego, ale jego wypływ nie ulegał istotnym zmianom. Cavas et al. [19] stwierdzili również istotne zwiększenie wolnego kwasu sialowego w ślinie po treningu dżudoków. Nieistotnie statystycznie podwyższenie wypływu wolnego kwasu sialowego (o 20,3%) i brak zmian w jego stężeniu zanotowano po treningu pływackim [21]. Dane własne wykazały niewielki wzrost (o 10,0%) stężenia i wypływu wolnego kwasu sialowego w ślinie (odpowiednio o 10,0 i 36,8%), przy czym jego poziom i wypływ były istotnie wyższe u koszykarzy niż u osób nieuprawiających regularnie żadnego sportu.

Ocena całkowitego poziomu przeciwutlenia-czy, tj. ocena statusu antyoksydacyjnego po wysiłku fizycznym, jest przydatna do prognozowania ochrony przed szkodliwymi wolnymi rodnikami powstającymi w następstwie aktywności fizycznej. Mendoza-Núñez et al. [18] ocenili całkowitą pojemność antyoksydacyjną (TAS) w ślinie osób starszych uprawiających tai-chi z chorobami przyzębia. Po 6 miesiącach uprawiania tej formy aktywności fizycznej wykazali istotny wzrost TAS i spadek markera zapalenia IL-1 β oraz zmniejszenie zapalenia przyzębia. Dane te wskazują, że tai-chi wywiera działanie zarówno antyoksydacyjne, jak i przeciwzapalne. Z kolei Diaz et al. [32] ocenili odpowiedź na stres oksydacyjny podczas krótkotrwałego ćwiczenia fizycznego u zdrowych młodych osób dorosłych. Po ćwiczeniu wykazali istotny wzrost TAS i dysmutazy nadtlenkowej, a brak istotnych zmian w biomarkerach reaktywnych form tlenu. Ocena poziomu i wypływu TAS po treningu pływackim ujawniła nieznane podwyższenie (odpowiednio o 4,9 i 47,4%). Również prezentowane w pracy dane wykazały w następstwie treningu koszykarzy nieistotne zwiększenie poziomu i wypływu TAS (odpowiednio o 30,2 i 67,5%).

Kortyzol (hormon glikokortykoidowy kory nadnerczy) odgrywa ważną rolę w fizjologicznej i behawioralnej odpowiedzi na wysiłek fizyczny lub na psychologiczny stres. Stymulacja jego uwalniania wiąże się z aktywacją osi podwzgórze–przysadka–nadnercze. Fizyczny stres powstający w następstwie ćwiczeń fizycznych lub treningu, niekiedy współwystępujący ze stresem psychicznym, powoduje zwiększenie sekrecji kortyzolu [6, 7, 11, 15, 25–27] i dlatego jest on nazywany hormonem stresowym. Jego stężenie w ślinie stanowi odzwierciedlenie koncentracji wolnego kortyzolu w surowicy krwi i dlatego jest uznawany za wskaźnik odpowiedzi adrenokortykoidalnej na wysiłek fi-

zyczny. Ponadto, przyjmuje się, że podwyższenie jego poziomu uczestniczy w indukowanej wysiłkiem fizycznym immunosupresji. W badaniu własnym, podobnie jak w przytoczonych powyżej badaniach, stwierdzono istotny wzrost stężenia (o 62,7%) i wypływu (o 141,7%) kortyzolu w spoczynkowej ślinie mieszanej po treningu. W odniesieniu do osób nieuprawiających sportu wyjściowa koncentracja kortyzolu przed treningiem była nieznacznie niższa, ale wpływ nieznacznie wyższy.

W kilku badaniach rozpatrywano związek stężeń wapnia i magnezu w ślinie po wysiłku fizycznym [21–25]. Schiott i Taniewski [22] u sportowców poddanych różnym ćwiczeniom testowym zaobserwowali podwyższenie koncentracji magnezu w spoczynkowej ślinie mieszanej. Podobnie wzrost stężenia magnezu w ślinie stwierdzili Ben-Aryeh et al. [25] po anerobowym teście Wingate, Kozłowski i Radwan-Oczko [24] po progresywnym

teście wysiłkowym na cykloergometrze. Jednakże tylko nieznaczne podwyższenie stężenia i wypływu magnezu w ślinie zaobserwowano u pływaków po treningu [21]. Z kolei Chicharro et al. [23] wykazali istotne zwiększenie magnezu w ślinie mieszanej spoczynkowej po ćwiczeniu na cykloergometrze i brak różnicy w koncentracji wapnia. Dane własne ujawniły nieistotny wzrost stężenia (o 38,6%) i wypływu (o 92,0%) magnezu oraz niewielkie podwyższenie stężenia (o 0 33,9%) i wypływu (87,5%) wapnia po treningu koszykarzy w odniesieniu do wyjściowych poziomów.

W podsumowaniu można stwierdzić, że trening osób uprawiających koszykówkę powodował pewne zmiany w poziomach badanych parametrów biochemicznych spoczynkowej śliny mieszanej, jednak po treningu statystycznie istotny wzrost dotyczył tylko stężenia białka całkowitego i kortyzolu.

Piśmiennictwo

- [1] TENOVUO J., GRAHN E., LEHTONEN O.P., HYYPPA T., KARHUVAARA L., VILJA P.: Antimicrobial factors in saliva: Ontogeny and relation to oral health. *J. Dent. Res.* 1987, 66, 475–479.
- [2] PFAFFE T., COPER-WHITE J., BEYERLEIN P., KOSTNER K., PUNYADEERA C.: Diagnostic potential of saliva: Current state and future application. *Clin. Chem.* 2011, 57, 675–687.
- [3] NUNES L.A.S., DE MACEDO D.V.: Saliva as a diagnostic fluid in sport medicine: potential and limitations. *J. Bras. Med. Lab.* 2013, 49, 247–255.
- [4] PAPACOSTA E., NASSIS G.: Saliva as a tool for monitoring steroids, peptide and immune markers in sport and exercise science. *J. Sci. Med. Sport* 2011, 14, 424–434.
- [5] HE C.S., TSAI M.L., KO M.H., CHANG C.K., FANG S.H.: Relationships among salivary immunoglobulin A, lactoferrin and cortisol in basketball players during a basketball season. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2010, 110, 989–995.
- [6] GILL S.K., TEIXEIRA A.M., ROSADO F., HANKEY J., WRIGHT A., MARCZAK S., MURRAY A., COSTA R.J.: The impact of a 24-h ultra-marathon on salivary antimicrobial protein responses. *Int. J. Sports Med.* 2014, 35, 966–971.
- [7] AZARBAYJANI M., NIKBAKHT H., RASAEI M.J.: The effect of preseason training on mucosal immunity in male basketball players. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 2011, 51, 701–707.
- [8] MOREIRA A., ARSATI F., CURY P.R., FRANCISCON C., SIMÕES A.C., DE OLIVEIRA P.R., DE ARAÚJO V.C.: The impact of a 17-day training period for an international championship on mucosal immune parameters in top-level basketball players and staff members. *Eur. J. Oral Sci.* 2008, 116, 431–437.
- [9] WALSH N.P., BISHOP N.C., BLACKWELL J., WIERZBICKI S.G., MONTAGUE J.C.: Salivary IgA response to prolonged exercise in a cold environment in trained cyclists. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2002, 34, 1632–1637.
- [10] MOREIRA A., BACURAU R.F., NAPIMOGA M.H., ARRUDA A.F., FREITAS C.G., DRAGO G., AOKI M.S.: Salivary IL-21 and IgA responses to a competitive match in elite basketball players. *Biol. Sport.* 2013, 30, 4, 243–247.
- [11] TSAI M.L., CHOU K.M., CHANG C.K., FANG S.H.: Changes of mucosal immunity and antioxidation activity in elite male Taiwanese taekwondo athletes associated with intensive training and rapid weight loss. *Br. J. Sports Med.* 2011, 45, 729–734.
- [12] KUNZ H., BISHOP N.C., SPIELMANN G., PISTILLO M., REED J., OGRAJSEK T., PARK Y., MEHTA S.K., PIERSON D.L., SIMPSON R.J.: Fitness level impacts salivary antimicrobial protein responses to a single bout of cycling exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2015 Jan 4. [Epub ahead of print].
- [13] DAMIRCHI A., KIANI M., JAFARIAN V., SARIRI R.: Response of salivary peroxidase to exercise intensity. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2010, 108, 1233–1237.
- [14] LJUNGBERG G., ERICSON T., EKBLOM B., BIRKHED D.: Saliva and marathon running. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 1997, 7, 214–219.
- [15] MOREIRA A., ARSATI F., CURY P.R., FRANCISCON C., SIMÕES A.C., DE OLIVEIRA P.R., DE ARAÚJO V.C.: The impact of a 17-day training period for an international championship on mucosal immune parameters in top-level basketball players and staff members. *Eur. J. Oral Sci.* 2008, 116, 431–437.
- [16] DE OLIVEIRA V.N., BESSA A., LAMOUNIER R.P., DE SANTANA M.G., DE MELLO M.T., ESPINDOLA F.S.: Changes in the salivary biomarkers induced by an effort test. *Int. J. Sports Med.* 2010, 31, 377–381.
- [17] ALLGROVE J.E., OLIVEIRA M., GLEESON M.: Stimulating whole saliva affects the response of antimicrobial proteins to exercise. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 2014, 24, 649–655.

- [18] MENDOZA-NÚÑEZ V.M., HERNÁNDEZ-MONJARAZ B., SANTIAGO-OSORIO E., BETANCOURT-RULE J.M., RUIZ-RAMOS M.: Tai Chi exercise increases SOD activity and total antioxidant status in saliva and is linked to an improvement of periodontal disease in the elderly. *Oxid. Med. Cell Longev.* 2014;2014:603853. doi: 10.1155/2014/603853. Epub 2014 Mar 26.
- [19] CAVAS L., ARPINAR P., YURDAKOC K.: Possible interactions between antioxidant enzymes and free sialic acids in saliva: a preliminary study on elite judoists. *Int. J. Sports Med.* 2005, 26, 832–835.
- [20] NUNES L.A., BREZIKOFER R., MACEDO D.V.: Reference intervals for saliva analytes collected by a standardized method in a physically active population. *Clin. Biochem.* 2011, 44, 1440–1444.
- [21] GRZESIAK I., KACZMAREK U.: Comparison of selected saliva components in swimmers before and after routine training – preliminary report. *Czas. Stomatol.* 2010, 63, 231–239 [in Polish].
- [22] SCHOTT L., TANIEWSKI M.: Effect of exercise on the concentration of cations in saliva. *Biol. Sport* 1995, 12, 35–41.
- [23] CHICHARRO J.L., SERRANO V., URENA R., GUTIERREZ A.M., CARVAJAL A., FERMANADEZ-HERNANDO P., LUCIA A.: Trace elements and electrolytes in human resting mixed saliva after exercise. *Br. J. Sports Med.* 1999, 33, 204–207.
- [24] KOZŁOWSKI Z., RADWAN-OCZKO M.: Influence of physical effort during the test progressive for concentration of magnesium in resting mixed saliva. *Dent. Med. Probl.* 2011, 48, 513–518 [in Polish].
- [25] BEN-ARYEH H., ROLL N., LAHAV M., DLIN R., HANNE-PAPARO N., SZARGEL R., SHEIN-ORR C., LAUFER D.: Effect of exercise on salivary composition and cortisol in serum and saliva in man. *J. Dent. Res.* 1989, 68, 1495–157.
- [26] ARRUDA A.F., AOKI M.S., FREITAS C.G., DRAGO G., OLIVEIRA R., CREWETHER B.T., MOREIRA A.: Influence of competition playing venue on the hormonal responses, state anxiety and perception of effort in elite basketball athletes. *Physiol. Behav.* 2014, 130, 1–5.
- [27] GATTI R., DE PALO E.F.: An update: salivary hormones and physical exercise. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 2011, 21, 157–169.
- [28] LOWRY O.H., ROSEBROUGH N.J., FARR A.L., RANDALL R.J.: Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 1951, 193, 265–75.
- [29] MANSSON-RAHEMTULLA B., BALDONE D.C., PRUITT K.M., RAHEMTULLA F.: Specific assays for peroxidases in human saliva. *Arch. Oral Biol.* 1986, 31, 661–668.
- [30] JOURDIAN G.W., DEAN L., ROSEMAN S.: The sialic acids. XI. A periodate-resorcinol method for the quantitative estimation of free sialic acids and their glycosides. *J. Biol. Chem.* 1971, 246, 430–435.
- [31] GLEESON M.: Immune function in sport and exercise. *J. Appl. Physiol.* 2007, 103, 693–699.
- [32] DIAZ K.M., FEAIRHELLER D.L., STURGEON K.M., WILLIAMSON S.T., BROWN M.D.: Oxidative stress response to short duration bout of submaximal aerobic exercise in healthy young adults. *Int. J. Exerc. Sci.* 2011, 4, 247–256.
- [33] CALVO F., CHICHARRO J.L., BANDRÉS F., LUCÍA A., PÉREZ M., ALVAREZ J., MOJARES L.L., VAQUERO A.F., LEGIDO J.C.: Anaerobic threshold determination with analysis of salivary amylase. *Can. J. Appl. Physiol.* 1997, 22, 553–561.
- [34] DE OLIVEIRA V.N., BESSA A., LAMOUNIER R.P., DE SANTANA M.G., DE MELLO M.T., ESPINDOLA F.S.: Changes in the salivary biomarkers induced by an effort test. *Int. J. Sports Med.* 2010, 31, 377–381.
- [35] IJIMA R., TAKAHASHI H., NAMME R., IKEGAMI S., YAMAZAKI M.: Novel biological function of sialic acid (N-acetylneuraminic acid) as a hydrogen peroxide scavenger. *FEBS Lett.* 2004, (1–3), 163–166.

Adres do korespondencji:

Iwona Grzesiak-Gasek
Katedra i Zakład Stomatologii Zachowawczej i Stomatologii Dziecięcej
Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu
ul. Krakowska 26
50-138 Wrocław
tel.: 71 784 03 62
e-mail: iwona.grzesiak@gtn.pl

Konflikt interesów: nie występuje

Praca wpłynęła do Redakcji: 31.01.2015 r.
Po recenzji: 7.02.2015 r.
Zaakceptowano do druku: 21.02.2015 r.

Received: 31.01.2015
Revised: 7.02.2015
Accepted: 21.02.2015