

Wpływ sześciomiesięcznej systematycznej aktywności fizycznej na mikrokrążenie skórne osób palących papierosy mierzone za pomocą laserowej przepływowometrii dopplerowskiej

Effects of regular six-months physical activity on cutaneous microcirculation in smoking individuals measured by laser Doppler flowmetry

Renata Szygula¹, Jan Szczegielniak², Tomasz Dybek³

¹ Katedra Aktywnych Form Turystyki i Rekreacji, Wydział Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii, Politechnika Opolska, ul. Prószkowska 76 45-758 Opole, tel. +48 (0) 77 400 04 50, e-mail: r.szygula@po.opole.pl

² Katedra Fizjoterapii Klinicznej, Wydział Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii, Politechnika Opolska, ul. Prószkowska 76, 45-758 Opole, tel. +48 (0) 77 400 04 50

³ Katedra Biochemii i Fizjologii, Wydział Wychowania Fizycznego i Fizjoterapii, Politechnika Opolska, ul. Prószkowska 76, 45-758 Opole, tel. +48 (0) 77 400 04 50

Streszczenie

Wstęp. Znany jest szkodliwy wpływ palenia papierosów na układ krążenia, jednak zaburzenia naczyniowe u czynnych i biernych palaczy wydają się w pewnym stopniu odwracalne. Dlatego też celem pracy jest zbadanie wpływu 6-miesięcznego systematycznego wysiłku fizycznego na mikrokrążenie skórne nałogowych palaczy mierzone za pomocą laserowej przepływowometrii dopplerowskiej.

Materiał i metody. W badaniu wzięło udział 34 zdrowych ochotników, mężczyzn, 18 osób niepalących, 16 osób palących przynajmniej 4 lata co najmniej 20 papierosów dziennie. Żaden badany nie uprawiał wcześniej systematycznie aktywności fizycznej. Badani uczestniczyli w 6-miesięcznym treningu tlenowym na cykloergometrze rowerowym. Trening odbywał się trzy razy w tygodniu po 45 min. Badani pedałowali z obciążeniem 50-70% VO_{2max} z częstotliwością obrotów 60/min. Każdy trening aerobowy uzupełniono treningiem anaerobowym. Pomiar mikrokrążenia skórno wykonano za pomocą laserowego przepływomierza dopplerowskiego Perifluks 4001 firmy Perimed (Szwecja). Oceniano przepływ spoczynkowy, reakcję hyperemiczną, hypertermiczną i ortostatyczną mikrokrążenia skórno. Analizowano częstotliwość sygnałów otrzymywanych drogą laserowej przepływowometrii dopplerowskiej w przedziale od 0,01 HZ do 2 Hz podczas przepływu podstawowego.

Wyniki. Stwierdzono różnice w badanych parametrach pomiędzy grupą kontrolną a palącymi (grupa kontrolna: przepływ podstawowy – $12,93 \pm 6,34$ PU; zero biologiczne – $2,81 \pm 0,37$ PU; reakcja hyperemiczna – $171,42 \pm 101,86$ PU; reakcja hypertermiczna – $229,07 \pm 129,4$ PU; reakcja ortostatyczna – 54%; pułap tlenowy – $36,54 \pm 6,32$ ml·kg·min⁻¹). Odpowiednio w grupie palących: przepływ podstawowy – $10,39 \pm 2,66$ PU; zero biologiczne – $2,63 \pm 0,87$ PU; reakcja hyperemiczna – $149,33 \pm 48,48$ PU; reakcja hypertermiczna – $193,85 \pm 49,4$ PU; reakcja ortostatyczna – 48,3%; pułap tlenowy – $32,42 \pm 4,6$ ml·kg·min⁻¹). Po 6 mie-

siącach systematycznej aktywności fizycznej palących badane parametry kształtowały się na poziomie: przepływ podstawowy – $13,64 \pm 3,86$ PU; zero biologiczne – $2,76 \pm 0,54$ PU; reakcja hyperemiczna – $155,26 \pm 38,98$ PU; reakcja hypertermiczna – $200,1 \pm 34,45$ PU; reakcja ortostatyczna – 52,7%; pułap tlenowy – $38,75 \pm 10,87$ ml·kg·min⁻¹. Analiza częstotliwości sygnału dopplerowskiego wykazała istotnie zwiększoną aktywność śródbłonna oraz istotnie mniejsze oscylacje współczulne w grupie niepalących oraz poprawę tych parametrów po treningu.

Wnioski.

1. Wartości przepływu podstawowego oraz prowokowanych reakcji przekrwienych są wyższe w grupie osób niepalących w stosunku do osób palących, co może świadczyć o ujemnych skutkach działania dymu tytoniowego na skórne łożysko naczyniowe.

2. 6-miesięczny systematyczny trening tlenowo-beztlenowy palaczy przyniósł poprawę wartości charakteryzujących funkcjonowanie mikrokrążenia skórno.

Słowa kluczowe: laserowa przepływowometria dopplerowska, mikrokrążenie skórno, systematyczna aktywność fizyczna, palacze papierosów

Abstract

Introduction. The harmful effects of active or passive smoking on the circulatory system are widely known, however, vascular disorders seem to be partially reversible. Therefore, the aim of the study was the examination of the influence of six-month systematic physical exercises on the skin microcirculation of heavy smokers, measured by means of laser Doppler flowmetry.

Material and methods. 34 healthy volunteers men, 18 nonsmokers, 16 smokers from at least 4-years, with at least 20 cigarettes a day, took part in the test. All individuals did not performed any physical activities prior the test. The 6-month oxygen training

on a bike ergometer was administered, three times a week and lasted 45 min. The subjects were performing with a load of 50-70% VO_{2max} at a 60/min revolution frequency. Each aerobic training was compensated with some anaerobic exercises. The skin microcirculation was measured with the laser Doppler flowmeter Perifluks 4001, Perimed (Sweden). The rest flow was studied, as well as skin microcirculation hyperemic reactions, hyperthermal and orthostatic ones. The frequencies of the Doppler signals received were analyzed in the 0,01 to 2 Hz span during the basic flow.

Results. Some differences in the tested parameters between the control group and the smokers were found (control group: rest flow – $12,93 \pm 6,34$ PU; biological zero – $2,81 \pm 0,37$ PU; hyperemic reaction – $171,42 \pm 101,86$ PU; hyperthermic reaction – $229,07 \pm 129,4$ PU; orthostatic reaction – 54%; maximal minute oxygen uptake – $36,54 \pm 6,32$ ml·kg·min⁻¹. Respectively in the group of smokers: rest flow – $10,39 \pm 2,66$ PU; biological zero – $2,63 \pm 0,87$ PU; hyperemic reaction – $149,33 \pm 48,48$ PU; hyperthermic reaction – $193,85 \pm 49,4$ PU; orthostatic reaction – 48,3%; maximal minute oxygen uptake – $32,42 \pm 4,6$ ml·kg·min⁻¹). After 6 months of systematic physical activity of the smokers, the tested parameters were on the level of: rest flow – $13,64 \pm 3,86$ PU; biological zero – $2,76 \pm 0,54$ PU; hyperemic reaction – $155,26 \pm 38,98$ PU; hyperthermic reaction – $200,1 \pm 34,45$ PU; orthostatic reaction – 52,7%; maximal minute oxygen uptake – $38,75 \pm 10,87$ ml·kg·min⁻¹. The analysis of the Doppler signal frequency revealed a significant increase of endothelium activity and a significant decrease of sympathetic oscillations within the non-smokers group and an improvement of these parameters after the training phase.

Conclusions.

1. Basic flow values and hyperaemia provoked reactions are higher in the non-smokers group in relation to the smokers group, what may indicate negative effects of tobacco smoking on the skin vascular bed.
2. 6-month systematic aerobic-anaerobic training of the smokers improved the values of the skin microcirculation functioning.

Keywords: Laser Doppler flowmetry, skin microcirculation, regular physical exercises, nicotine smokers

Wstęp

Znany jest szkodliwy wpływ palenia papierosów na układ krążenia. Wskutek niekompletnego spalania tytoniu powstaje około 4 tysięcy toksycznych substancji, z których szczególnie nikotyna i tlenek węgla niekorzystnie wpływają na układ naczyniowy. Zmiany te manifestują się nie tylko w dużych naczyniach, ale dotyczą również mikrokrążenia: kapilar i włosniczek. Nikotyna i jej metabolity (kotynina) promują proces oksydacji cholesterolu LDL, co skutkuje uszkodzeniem komórek śródbłonna naczyniowego. Efektem dysfunkcji śródbłonna jest wzrost stężenia substancji wazoakonstrykcyjnych (angiotensyna II, endotelina I) oraz zmniejszenie wydzielania silnych wazodylatorów –prostacykliny i tlenku azotu (NO), a także inaktywacja już uwolnionego NO [1]. Alkaloidy nikotyny wywołują progresję stanu prozakrzepowego w naczyniach poprzez podwyższenie stężenia fibrynogenu i czynnika von Willebranda. Upośledzają także proces fibrylizacji wskutek spadku aktywności tkankowego aktywatora plazminogenu (t-PA) i wzrostu aktywności jego inhibitora PAi-1 [2, 3].

Zaburzenia naczyniowe u czynnych i biernych palaczy wydają się w pewnym stopniu odwracalne [4, 5], dlatego też celem pracy jest

zbadanie wpływu 6-miesięcznego, systematycznego wysiłku fizycznego na mikrokrążenie skórne nałogowych palaczy, mierzone laserową przepływowością dopplerowską.

Material i metody

W badaniu wzięło udział 34 zdrowych ochotników, mężczyzn, 18 osób niepalących, 16 osób palących przynajmniej 4 lata co najmniej 20 papierosów dziennie. Żaden badany nie uprawiał wcześniej systematycznie aktywności fizycznej. Wszyscy mieli prawidłowe ciśnienie krwi (niższe lub równe 120/80 mmHg), wskaźnik BMI poniżej 25 kg/m². Badani uczestniczyli w 6-miesięcznym treningu tlenowym na cykloergometrze rowerowym. Trening odbywał się trzy razy w tygodniu po 45 min. Badani pedałowali z obciążeniem 50-70% VO_{2max} , z częstotliwością obrotów 60/min. Każdy trening aerobowy uzupełniono treningiem anaerobowym, trwającym około 45 min, gdzie każdy badany wykonywał ćwiczenia z oporem równym 60% jednokrotnego dźwignięcia po 10 powtórzeń w serii, trzy serie – dla każdej z większych grup mięśniowych. Morfologiczną i fizjologiczną charakterystykę badanych przedstawia tabela 1.

Badanie mikrokrążenia skórno

Badanie przeprowadzono w pozycji leżącej na plecach, w stałej temperaturze pomieszczenia $21^{\circ}C \pm 1,2^{\circ}C$, przy wilgotności powietrza 40-60%, po około 20-minutowym okresie adaptacyjnym. Pomiaru mikrokrążenia skórno dokonano laserowym przepływomierzem dopplerowskim Perifluks 4001 firmy Perimed (Szwecja). Optoda została umieszczona na skórze grzbietu ręki dominującej, pomiędzy I a II kością śródreżca, z użyciem obustronnie przyklepionego krążka. Wartości przepływu mierzone w umownej skali jednostek perfuzji (PU – *Perfusion Unit*), proporcjonalnej do energii sygnału dopplerowskiego. Oceniano przepływ spoczynkowy, reakcję hyperemiczną (RHmax), hypertermiczną (THmax) i ortostatyczną (OR) mikrokrążenia skórno.

Przebieg badania

1. Procedurę rozpoczynano u pacjenta po około 20 minutach stabilizacji przepływu w pozycji leżącej.
2. Pomiar ciśnienia tętniczego RR (mm Hg).
3. Pomiar tętna – HR (w czasie 1 minuty).
4. Rejestracja przepływu podstawowego (*rest flow* – RF) w pozycji leżącej, na kończynie górnej dominującej, czas badania 2 min.
5. Rejestracja przepływu w reakcji na zaciśnięcie na ramieniu mankietu ciśnieniomierza napełnionego powietrzem, do ciśnienia wyższego o 50 mm Hg od ciśnienia skurczowego, zmierzonego wcześniej na tętnicy ramiennej – tzw. zero biologiczne (*biological zero* – BZ), czas badania 4 min.
6. Rejestracja reakcji przekrwiennej w odpowiedzi na rozluźnienie mankietu (*reactive hyperemia* – RH), czas badania 2 min.
7. Stabilizacja przepływu do poziomu przepływu podstawowego.
8. Podwyższenie temperatury optody za pomocą modułu grzewczego wbudowanego w sondę do $44^{\circ}C$, czas – 1 min.
9. Rejestracja przepływu w reakcji na temperaturę (*thermal hyperemia* – TH), czas badania 2 min.
10. Stabilizacja przepływu do poziomu przepływu podstawowego.
11. Zmiana pozycji z leżącej na siedzącej.
12. Rejestracja przepływu po 2 min od zmiany pozycji, czas badania 2 min.

Analizowano również częstotliwość sygnałów dopplerowskich w przedziale od 0,01 Hz do 2 Hz podczas przepływu podstawowego.

Tabela 1 Morfologiczna i fizjologiczna charakterystyka badanych

Grupa	Wiek [lata]	Wzrost [cm]	Waga [kg]	BMI [kg/m ²]	VO _{2max} [ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹]	HR [cykle·min ⁻¹]
Pałacy	23,67±1,56	175,31±4,85	72,56±6,26	23,69	32,42±4,6	72,29±5,36
Niepałacy	21,19±1,91	176,44±4,85	73,43±7,87	23,71	36,54±6,32	70,02±4,96

W tym przedziale wyodrębniono pięć grup: I – pasmo częstotliwości w przedziale 0,01-0,02 Hz; II – pasmo częstotliwości w zakresie 0,021-0,05 Hz; III – pasmo częstotliwości od 0,051-0,145 Hz; IV – pasmo częstotliwości w przedziale 0,15-0,5 Hz; V – pasmo częstotliwości w przedziale 0,51-2 Hz. W każdym przedziale inny czynnik decyduje o oscylacji przepływu krwi. I – przedstawia oscylacje naczyniowe zależne od aktywności metabolicznej śródbłonna (RS); II – przedstawia wpływ układu współczulnego na przepływ skórny (RN); III – obrazuje oscylacje wynikające z podstawowego napięcia skurczowego arterioli, powstającego na skutek wyładowań poszczególnych miocytów tworzących okrężną warstwę mięśniówki naczyń, reakcja ta nazywana jest często miogenną i jest niezależna od układu współczulnego; IV – częstotliwość oddechu; V – częstotliwość serca [6, 7]. Wybrano stałą czasową 0,03 s, a każdy sygnał przepływu krwi był rejestrowany przy częstotliwości 32 Hz. Oprócz częstotliwości analizowano również moc sygnału w każdym przedziale.

Pomiar maksymalnego poboru tlenu (VO_{2max}) wykonano metodą bezpośrednią, za pomocą ergospirometru firmy Jaeger. Test mocy tlenowej miał charakter progresywny i był wykonany na cykloergometrze rowerowym przy prędkości pedałowania 60 obrotów na minutę. Rozpoczął się od obciążenia 50 W, a następnie zwiększano obciążenie co 3 min, o kolejne 50 W, aż do odmowy kontynuowania wysiłku. Test przerywano również w sytuacji, gdy wzrostowi obciążenia nie towarzyszył wzrost VO₂.

Pomiary wybranych parametrów mikrokrążenia skórniego oraz pomiar maksymalnego poboru tlenu w grupie pałacych przeprowadzono dwukrotnie: przed przystąpieniem oraz po ukończeniu 6-miesięcznego treningu. Wartości badanych parametrów podano jako średnie ± odchylenie standardowe (SD). Analizę statystyczną przeprowadzono z użyciem testu Tukeya, przyjmując za istotne wartości p<0,05.

Wyniki

Poziom parametrów fizjologicznych uzyskanych podczas testu mocy tlenowej pozwolił ocenić wydolność tlenową badanych. VO_{2max} w grupie osób niepałacych było większe niż u pałacych i wynosiło 36,54±6,32 ml·kg⁻¹·min⁻¹. U pałacych kształtowało się na poziomie 32,42±4,6 ml·kg⁻¹·min⁻¹ i wzrosło po 6-miesięcznym treningu do wartości 38,75±10,87 ml·kg⁻¹·min⁻¹.

Stwierdzono niewielkie różnice w przepływie podstawowym, rejestrowanym po 20-minutowym okresie adaptacyjnym: u niepałacych – 12,93±6,34 PU, u pałacych przed podjęciem wysiłku – 10,39±2,66 PU i po okresie systematycznej aktywności fizycznej – 13,64±3,86 PU.

Zero biologiczne u zdrowych osobników oscyluje w granicach zera lub przyjmuje niewielkie wartości wynikające z przypadkowego ruchu krwinek. W badanej grupie pałacych przybierało wartości: okres przed treningiem – 2,63±0,87 PU, okres po treningu

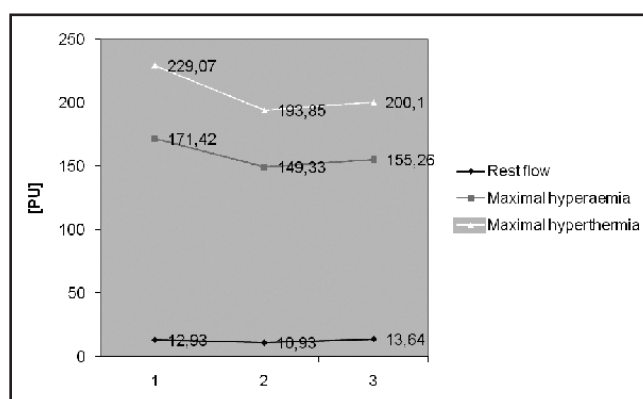
– 2,76±0,54 PU, natomiast u niepałacych kształtowało się na poziomie 2,81±0,37 PU.

Pookluzyjna reakcja przekrwienia jest odpowiedzią łożyska naczyniowego na otwarcie mankieta sfingomanometru po 4-minutowej okluzji. Niższe wartości tego wskaźnika charakteryzowały grupę pałacych przed podjęciem aktywności fizycznej (149,33±48,48 PU), natomiast po 6-miesięcznym treningu nastąpił wzrost wartości do 155,26±38,98 PU. W grupie niepałacych RHmax wynosiło 171,42±101,86 PU.

Łożysko naczyniowe silnie reaguje na bodziec termiczny. Podgrzanie sondy do 44 °C spowodowało istotne podniesienie wartości przepływów odpowiednio do 229,07±129,4 PU u niepałacych, do 193,85±49,4 PU – u pałacych przed treningiem oraz do 200,1±34,45 PU u pałacych po wysiłku. Wybrane parametry mikrokrążenia skórniego w badanych grupach przedstawia rys. 1.

Kolejnym bodźcem prowokującym zmiany mikrokrążenia skórniego jest zmiana pozycji z leżącej na stojącą (reakcja ortostatyczna). Mikrokrążenie reaguje wówczas obniżeniem przepływu. Większe obniżenie przepływu – o 52,7 % widoczne było w grupie pałacych w okresie po wysiłku, natomiast przed rozpoczęciem fazy aktywności fizycznej zmiana ta wynosiła 48,3%. W grupie niepałacych przepływ obniżył się o 54%.

Częstotliwość sygnałów otrzymywanych drogą laserowej przepływometrii dopplerowskiej w przedziale od 0,01 Hz do 2 Hz, podczas przepływu podstawowego przedstawiono w tabeli 2. Różnice istotne statystycznie odnotowano w wartościach siły sygnału w zakresie rytmu sercowego, neurogenego oraz śródbłonnkowego pomiędzy grupami niepałacych i pałacych przed wysiłkiem (RS: p=0,02; RN: p=0,01; RS: p=0,04) oraz pomiędzy pałacymi przed wysiłkiem i po 6-miesięcznym treningu (RS: p=0,01; RN: p=0,01; RS: p=0,00).



Rys. 1 Wybrane parametry mikrokrążenia skórniego w grupie osób niepałacych (1), pałacych przed (2) i po (3) 6-miesięcznym okresie regularnej aktywności fizycznej

Dyskusja

Zakłócenia w obrębie krążenia obwodowego, których przyczyną jest palenie papierosów, są znane. Prawdopodobnie wynikają one z uszkodzenia śródbłonka naczyniowego pod wpływem nikotyny i jej metabolitów, a także innych substancji toksycznych zawartych w dymie tytoniowym. Wypalenie tylko dwóch papierosów dziennie zwiększa dwukrotnie liczbę komórek śródbłonka o uszkodzonym jądrze, a zmiany patologiczne w obrębie wyściółki naczyniowej stwierdza się już u bardzo młodych palaczy [8-11].

Wykazane w badaniach własnych wartości przepływu podstawowego oraz maksymalne wartości prowokowanych reakcji przekrwionych w grupie osób niepalących były wyższe niż w grupie palących. Świadczy to o osłabieniu reakcji mikrokrążenia skórno-palaczy, spowodowanego prawdopodobnie toksycznym wpływem nikotyny. Potwierdzają to liczne doniesienia [12-14], chociaż niektórzy autorzy nie wykazali wyższych przepływów podstawowych u niepalących [15]. Również znaczące obniżenie siły sygnału w zakresie rytmu śródbłonkowego oraz podwyższenie w zakresie rytmu sercowego i siły sygnału w rytmie neurogennym u palących świadczą o dysfunkcji śródbłonka naczyniowego, a także o pobudzeniu układu współczulnego.

Systematyczny wysiłek fizyczny powoduje czynnościową i strukturalną adaptację układu krążenia. Pozytywne zmiany są widoczne w skórnym łożysku naczyniowym i wyrażają się przede wszystkim zwiększeniem perfuzji. Badania własne wykazały wyższe przepływy spoczynkowe u palących po 6 miesiącach treningu. Podobne wyniki otrzymali Kingwell i wsp. po czterotygodniowych ćwiczeniach na rowerze [16] oraz Wang po 8 tygodniach ćwiczeń [17]. Johnson i współpracownicy uzasadniają ten fakt adaptacją wysiłkową w obrębie układu autonomicznego, nie jest jednak jasne, w jaki sposób trening miałby wpływać na nerwy wazokonstrykcyjne i wazodylatacyjne w skórnym łożysku naczyniowym [18]. Jednak większość autorów tłumaczy zwiększenie przepływów spoczynkowych poprawą funkcji śródbłonka naczyniowego następującą pod wpływem wysiłku fizycznego. W badaniach na zwierzętach stwierdzono poprawę wazodylatacji zależnej od śródbłonka już po 7 dniach ćwiczeń, a kontynuowanie wysiłku fizycznego powodowało dalszy progres [19]. Dornyei i wsp. stwierdził zwiększenie syntezy NO przez śródbłonek krążenia obwodowego u szczurów poddanych trzymiesięcznemu treningowi

biegowemu (bieg w kieracie) o stopniowo wzrastającym obciążeniu [20]. Autorzy uważają, że najkorzystniejsze są regularne ćwiczenia tlenowe o średniej intensywności, ponieważ zmniejszają wskaźniki stresu oksydacyjnego [21, 17], ale również trening oporowy może podnieść wydzielanie NO i zmniejszyć opór naczyniowy [22].

Informacji na temat pojemności i sprawności skórno-łożyska naczyniowego dostarczają reakcje prowokowane. Stymulatorem w takich reakcjach może być zmiana temperatury, okluzja czy zmiana pozycji badanego. W badaniach własnych widoczne są większe wartości maksymalne pookluzyjnej reakcji przekrwiennej, reakcji na ciepło i reakcji ortostatycznej, po 6-miesięcznym treningu. Liczne badania dowiodły, że systematyczna aktywność fizyczna zwiększa pojemność wazodylatacyjną łożyska naczyniowego, powodując wyższą odpowiedź hyperemiczną na okluzję oraz temperaturę [17, 19, 23].

Systematyczne ćwiczenia redukują aktywność współczulną [24], co znalazło potwierdzenie w badaniach własnych. Moc sygnału w zakresie częstotliwości neurogennej i oscylacje w zakresie częstotliwości sercowej – zależne od regulacji autonomicznej – zmniejszyły się istotnie po okresie aktywności fizycznej u palaczy, w stosunku do okresu sedenteryjnego trybu życia. Zauważono również istotnie wyższą moc sygnału w zakresie częstotliwości śródbłonkowej. Systematyczna aktywność fizyczna powoduje, że śródbłonek wydziela większą ilość czynników naczyniorozszerzających (tlenek azotu, prostacyklina), jak również odpowiada na te czynniki wazodylatacyjne dużo silniej i wyraźniej [25, 26].

Z przedstawionych badań własnych wynika, że 6-miesięczny trening tlenowo-beztlenowy przyniósł poprawę w zakresie funkcji łożyska naczyniowego u osób palących. W większości nie są to, co prawda, różnice istotne statystycznie, ale taki wynik mógł być spowodowany małą liczebnością badanej grupy. Wyraźny jest natomiast kierunek zmian, wskazujący na sprawniejsze funkcjonowanie śródbłonka naczyniowego palaczy po okresie systematycznych ćwiczeń fizycznych. Być może kardioprotekcyjne działanie wysiłku fizycznego mogłoby zmniejszyć niekorzystny wpływ palenia papierosów na krążenie obwodowe.

Tabela 2 Częstotliwość sygnałów otrzymywanych drogą laserowej przepływometrii dopplerowskiej w przedziale od 0,01 Hz do 2 Hz, podczas przepływu podstawowego

Parametry	Niepalący		Palący przed treningiem		Palący po 6-miesięcznym treningu	
	Częstotliwość sygnału [cykle·min ⁻¹]	Siła sygnału	Częstotliwość sygnału [cykle·min ⁻¹]	Siła sygnału	Częstotliwość sygnału [cykle·min ⁻¹]	Siła sygnału
RS	70,02±4,96	0,317±0,21	72,29±5,36	0,225±0,26	68,2±4,88	0,54±0,21
RO	13,41±1,59	0,46±0,5	14,07±1,1	0,51±0,6	13,02±1,3	1,49±0,3
RM	5,85±0,34	1,15±0,84	5,98±0,43	1,88±1,87	6,06±0,48	1,53±0,98
RN	2,15±0,41	2,06±1,75	2,18±0,43	2,79±1,56	2,29±0,46	1,26±0,64
RŚ	0,9±0,0	2,06±1,75	0,9±0,0	1,46±0,71	0,9±0,0	2,61±0,73

Objaśnienia w tekście.

Wnioski

1. Wartości przepływu podstawowego oraz prowokowanych reakcji przekrwienych są wyższe w grupie osób niepalących niż u osób palących, co może świadczyć o ujemnych skutkach działania dymu tytoniowego na skórne łożysko naczyniowe.
2. 6-miesięczny systematyczny trening tlenowo-beztlenowy palaczy przyniósł poprawę funkcjonowania mikrokrążenia skórnego. ■

Literatura

1. H.A. Lehr: *Microcirculatory dysfunction induced by cigarette smoking*, *Microcirculation*, vol. 7(6Pt1), 2000, s. 367-384.
2. K. Morita, T. Tsukamoto, M. Naya, K. Noriyasu, M. Inubushi, T. Shiga, G. Katoh, Z. Kuge: *Smoking cessation normalizes coronary endothelial vasomotor response assessed with 150-water and PET in healthy young smokers*, *J Nucl Med*, vol. 47(12), 2006, s. 1914-1920.
3. T. Meinertz, T. Heitzer: *Primary and secondary prevention of coronary heart disease: smoking*, *Z Kardiol*, vol. 91, suppl 2, 2002, s. 3-11.
4. J. Czernin, C. Waldmerr: *Cigarette smoking and coronary blood flow*, *Prog Cardiovasc Dis*, vol. 45(5), 2003, s. 395-404.
5. R. Puranik, D.S. Celemajer: *Smoking and endothelial function*, *Prog Cardiovasc Dis*, vol. 45(6), 2003, s. 443-458.
6. P. Kvandal, A. Stefanovska, M. Veber: *Regulation of human cutaneous circulation evaluated by laser Doppler flowmetry, iontophoresis, and spectral analysis: importance of nitric oxide and prostaglandines*, *Microvasc Res*, vol. 65(3), 2003, s. 160-171.
7. H.D. Kvernmo, A. Stefanovska, K.A. Kirkeboen: *Enhanced endothelial activity reflected in cutaneous blood flow oscillations of athletes*, *Eur J Appl Physiol*, vol. 90 (1-2), 2003, s. 16-22.
8. T.N. Meekin, R.F. Wilson, D.A. Scott, M. Ide, R.M. Palmer: *Laser Doppler flowmeter measurement of relative gingival and forehead skin blood flow in light and heavy smokers during and after smoking*, *J Clin Periodontol*, vol. 27(4), 2000, s. 236-242.
9. M. Midttun, P. Sejrnsen, W.P. Paaske: *Smokers have severely disturbed peripheral microcirculation*, *Int Angiol*, vol. 25(3), 2006, s. 293-296.
10. A. Di Carlo, F. Ippolito: *Early effects of cigarette smoking in hypertensive and normotensive subjects. An ambulatory blood pressure and thermographic study*, *Minerva Cardioangiol*, vol. 51(4), 2003, s. 387-393.
11. Y. Iwado, K. Yoshinaga, H. Furuyama, Y. Ito, K. Noriyasu, C. Katoh, Y. Kuge, E. Tsukamoto, N. Tamaki: *Decreased endothelium-dependent coronary vasomotion in healthy young smokers*, *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, vol. 29(8), 2002, s. 984-990.
12. R.G. Ijzerman, E.H. Serne, M.M. van Weissenbruch, R.T. de Jongh, C.D. Stehouwer: *Cigarette smoking is associated with an acute impairment of microvascular function in humans*, *Clin Sci Lond*, vol. 104(3), 2003, s. 247-252.
13. R. Szyguła: *Functional changes in the skin microcirculation in smoking and non-smoking sportsmen and sedentary controls measured by means of laser Doppler flowmetry*, *Medicina Sportiva*, vol. 10(1), 2006, s. 30-35.
14. L. Dalla Vecchia, C. Palombo, M. Ciardetti, A. Porta, O. Milani, M. Kozakova, D. Lucini, M. Pagani: *Contrasting effects of acute and chronic cigarette smoking on skin microcirculation in young healthy subjects*, *J Hypertens*, vol. 22(1), 2004, s. 129-135.
15. M. Rossi, A. Carpi, C. Di Maria, F. Galetta, G. Santoro: *Absent post-ischemic increase of blood flowmotion in the cutaneous microcirculation of healthy chronic cigarette smokers*, *Clin Hemorheol Microcirc*, vol. 36(2), 2007, s. 163-171.
16. B.A. Kingwell, B. Sherrard, G.L. Jennings, A.M. Dart: *Four weeks of cycle training increases basal production of nitric oxide from the forearm*, *Am J Physiol*, vol. 272 (3Pt2), 1997, s. 1070-1077.
17. J.S. Wang: *Effects of exercise training and detraining on cutaneous microvascular function in man: the regulatory role of endothelium – dependent dilation in skin vasculature*, *Eur J Appl Physiol*, vol. 93 (4), 2005, s. 429-434.
18. J.M. Johnson: *Physical training and the control of skin blood flow*, *Med Sci Sports Exerc*, vol. 30 (3), 1998, s. 382-386.
19. A. Maiorana, G. O'Driscoll, R. Taylor, D. Green: *Exercise and the nitric oxide vasodilator system*, *Sports Med*, vol. 33 (14), 2003, s. 1013-1035.
20. G. Dornyei, E. Monos, G. Kaley, A. Koller: *Regular exercise enhances blood pressure lowering effect of acetylcholine by increased contribution of nitric oxide*, *Acta Physiol Hung*, vol. 87 (2), 2000, s. 127-138.
21. C. Goto, Y. Higashi, M. Kimura: *Effect of different intensities of exercise on endothelium-dependent vasodilation in humans: role of endothelium-dependent nitric oxide and oxidative stress*, *Circulation*, vol. 108 (5), 2003, s. 530-535.
22. D.J. Green, J.H. Walsh, A. Maiorana: *Comparison of resistance and conduit vessel nitric oxide – mediated vascular function in vivo: effects of exercise training*, *J Appl Physiol*, vol. 97 (2), 2004, s. 749-755.
23. M.R. Rinder, R.J. Spina, A.A. Ehsani: *Enhanced endothelium – dependent vasodilation in older endurance – trained men*, *J Appl Physiol*, vol. 88 (2), 2000, s. 761-766.
24. J.B. Carter, E.W. Banister, A.P. Blaber: *Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate*, *Sports Med*, vol. 33 (1), 2003, s. 33-46.
25. S. Taddei, F. Galetta, A. Viridis, L. Ghiadoni, G. Salvetti, F. Franzoni: *Physical activity prevents age-related impairment in nitric oxide availability in elderly athletes*, *Circulation*, vol. 101(25), 2000, s. 2896-2901.
26. C. Vassalle, V. Lubrano, C. Domenici, A. L'abbate: *Influence of chronic aerobic exercise on microcirculatory flow and nitric oxide in humans*, *Int J Sports Med*, vol. 24(1), 2003, s. 30-35.

otrzymano / received: 09.03.2009 r.
zaakceptowano / accepted: 05.06.2009 r.