

(33)

Trabekuloplastyka laserowa w trybie mikropulsów laserem 577 nm – pilotażowe badanie prospektywne

Micropulse 577 nm laser trabeculoplasty – a prospective pilot study

Tomasz Chudoba¹, Joanna Sempłowska-Szewczyk¹, Ewa Filipiak¹, Grażyna Malukiewicz², Agnieszka Shein¹

¹ Oddział Okulistyki Centralnego Szpitala Klinicznego Ministerstwa Spraw Wewnętrznych w Warszawie
Kierownik: dr n. med. Joanna Sempłowska-Szewczyk

² Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Grażyna Malukiewicz

Abstrakt:

Cel: ocena skuteczności trabekuloplastyki laserowej w trybie mikropulsów laserem 577 nm.

Materiał i metody: prospektywne badanie z planowaną liczbą 30 chorych na jaskrę otwartego kąta. U badanych, w jednym oku, wykonano w dolnej połowie kąta przesączania trabekuloplastykę laserową z zastosowaniem lasera 577 nm w trybie mikropulsów. U pacjentów dokonano pomiarów ciśnienia wewnątrzgałkowego w obojętym oczach dwiema niezależnymi metodami, tonometrem Pascala oraz tonometrem iCare – przed zabiegiem, 3 h, 24 h, 2 tygodnie i 1 miesiąc od zabiegu. Wyniki pomiarów ciśnienia w oku poddanym zabiegowi porównywano z wynikami pomiarów uzyskanymi w drugim oku. Skuteczność metody oceniano na podstawie założenia, że ciśnienie wewnątrzgałkowe po zabiegu obniży się: miesiąc od zabiegu o ≥ 3 mmHg lub o $\geq 20\%$ względem wartości wyjściowych albo o $\geq 20\%$ względem wartości w oku niepoddanym zabiegowi.

Wyniki: badanie przeprowadzono z udziałem 11 pacjentów. U chorych z badanej grupy w pomiarach wykonanych tonometrem Pascala średnio uzyskano obniżenie ciśnienia wewnątrzgałkowego o 1,7 mmHg (7,5%). W oczach niepoddanych zabiegowi uzyskano obniżenie ciśnienia wewnątrzgałkowego średnio o 1,8 mmHg (8,1%). Analizując wartości uzyskane w pomiarach wykonanych tonometrem iCare, zaobserwowano takie same proporcje. Zabieg nie wpłynął na istotne obniżenie ciśnienia wewnątrzgałkowego w oczach, w których go przeprowadzono, w porównaniu z wartościami ciśnienia uzyskanymi w pomiarach oczu niepoddanych zabiegowi. Po zabiegu nie wystąpiły żadne działania niepożądane. Nie można było dokonać prawidłowej analizy statystycznej wyników, ponieważ grupa badanych była zbyt mała, ponadto od kontynuacji badania odstąpiono ze względów etycznych – u 11 badanych zabieg nie był skuteczny.

Wnioski: u wszystkich chorych z badanej grupy zabieg był nieskuteczny, chociaż bezpieczny. Konieczne są dalsze badania w celu modyfikacji parametrów lasera i poprawy skuteczności metody z jednoczesnym zachowaniem wysokiego profilu bezpieczeństwa potwierdzonego w przedstawionym badaniu.

Słowa kluczowe:

trabekuloplastyka laserowa, mikropulsy, MLT, jaskra.

Abstract:

Purpose: To evaluate the efficacy of micropulse 577 nm laser trabeculoplasty.

Material and methods: Prospective clinical trial designed for 30 patients diagnosed with open angle glaucoma. The micropulse 577 nm laser trabeculoplasty was performed in one eye of each patient in the lower half of trabecular meshwork. The intraocular pressure was measured using two independent methods – Pascal tonometer and iCare tonometer – at baseline (before surgery), at 3 h, 24 h, 2 weeks and 1 month following the procedure. Pressure measurement results were compared between the treated and untreated eyes. Treatment was considered successful if the intraocular pressure dropped by ≥ 3 mmHg or $\geq 20\%$ as compared to the baseline values or $\geq 20\%$ as compared to the fellow eye.

Results: The study was conducted on 11 patients. In the treated group, Pascal tonometry showed the mean decrease of the intraocular pressure by 1.7 mmHg (7.5%). The same value for the untreated eyes was 1.8 mmHg (8.1%). The results obtained using iCare tonometer showed the same proportions. The treatment did not lower intraocular pressure as compared to the untreated fellow eyes. There were no adverse effects. Even though it was impossible to perform the proper statistical analysis due to the small number of treated patients the study was eventually interrupted for ethical reasons, because of the failure to decrease the intraocular pressure in the treated group of 11 patients.

Conclusions: The treatment appeared to be safe but ineffective in the treated group. Further research is needed to modify laser parameters for the improved efficacy and the maintained good safety profile of the procedure.

Key words:

laser trabeculoplasty, micropulse, MLT, glaucoma.

Wstęp

Trabekuloplastyka laserowa jest powszechnie stosowaną metodą leczenia jaskry pierwotnej otwartego kąta oraz jaskry barwnikowej i jaskry wtórnej do zespołu pseudoeksfaliacji. Może być sto-

sowana jako inwazyjna terapia pierwszego rzutu. Trabekuloplastyka laserowa stosowana jest od 1979 roku (1). Na przestrzeni ostatnich 30 lat w celu wykonywania trabekuloplastyki stosowano lasery o różnych długościach fal oraz różnych trybach emisji promieniowa-

nia fal. W miarę pojawiania się nowych metod laseroterapii oraz nowych badań klinicznych coraz większą uwagę zwraca się na zabiegi oszczędzające tkankę siateczki beleczkowania. Od 3 lat dostępny jest laser 577 nm z opcją mikropulsów. Producent lasera – firma „Iridex” – zaleca jego użycie m.in. do zabiegów trabekuloplastyki (Micro-Pulse Laser Trabeculoplasty – MLT). W przypadku zabiegów MLT teoretycznie skuteczniejszy niż dotychczas stosowany laser o długości fali 810 nm może być laser o długości fali 577 nm. W każdym przypadku zabiegów trabekuloplastyki (Argon Laser Trabeculoplasty – ALT, Selective Laser Trabeculoplasty – SLT oraz MLT) docelowym chromatoforem absorbującym energię lasera jest melanina (2, 3). Promieniowanie lasera o długości fali 577 nm jest trzykrotnie efektywniej absorbowane przez melaninę niż promieniowanie lasera o długości fali 810 nm (4). Dzięki tej ważnej właściwości wykorzystując laser 577 nm do zabiegu MLT, można teoretycznie ograniczyć ilość energii podczas niego zastosowanej, uzyskując ten sam efekt terapeutyczny, a dzięki mniejszej penetracji fali 577 nm – ograniczyć bezpośredni wpływ lasera na głębsze struktury kąta przesączania. Zabieg MLT z użyciem lasera żółtego o długości fali 577 nm wg producenta nie powoduje zauważalnej koagulacji tkanki ani odczynu zapalnego. Niestety, brakuje badań oceniających skuteczność zabiegu.

Cel

Celem badania jest ocena skuteczności lasera o długości fali 577 nm wykorzystanego do zabiegu MLT z zastosowaniem parametrów używanych dotychczas do pracy lasera 810 nm (5, 6), ale z prawie trzykrotną redukcją jego mocy (moc – 800 mW, czas – 200 ms, średnica ogniska – 300 μ m, cykl pracy – 15%).

Materiał i metody

Pilotażowe badanie prospektywne, w którym liczebność grupy badanej zaplanowano na 30 pacjentów, a kwalifikację na okres od września 2012 do grudnia 2013. Na przeprowadzenie badania uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Collegium Medi-

cum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Kryteriami włączenia do badania były: jaskra pierwotna otwartego kąta przesączania obojga oczu, jaskra barwnikowa lub jaskra wtórna do zespołu pseudoeksfoliacji, zła kontrola jaskry za pomocą kropli przeciwjaskrowych, kiedy ciśnienie wewnątrzgałkowe (CW) przekraczało 21 mmHg stale bądź okresowo, lub zła tolerancja leczenia miejscowego kroplami. Wszyscy pacjenci, którzy wzięli udział w badaniu, podpisali świadomą zgodę na zabieg. Kryteriami wyłączenia były: wiek poniżej 18. roku życia, jaskra z zamkniętym kątem przesączania, stan po jakimkolwiek laserowym zabiegu przeciwjaskrowym lub po chirurgicznym leczeniu jaskry. U wszystkich badanych CW mierzono dwiema niezależnymi metodami – najpierw tonometrem iCare, następnie tonometrem Pascala. Pomiary były wykonywane w obojgu oczach przed zabiegiem oraz 3 godz., 24 godz., 2 tygodnie i miesiąc od zabiegu. Podczas badania oceniano kąt przesączania wg klasyfikacji Spaetha, pigmentację kąta wg Scheiego oraz badano dno oka. Podczas każdej wizyty w trakcie badania odcinek przedni oceniano w lampie szczelinowej. U każdego pacjenta w jednym oku wykonywano zabieg trabekuloplastyki laserowej z zastosowaniem lasera o długości fali 577 nm, z użyciem soczewki kontaktowej „Ocular Latina SLT Gonio Laser”. Parametry podczas zabiegu wynosiły: 800 mW, 200 ms, 300 μ m, cykl pracy – 15%. Skuteczność zabiegu była oceniana względem wartości wyjściowych w oku operowanym oraz względem CW w drugim oku, w którym nie wykonano zabiegu. Jako kryterium skuteczności zabiegu ustalono obniżenie CW miesiąc od zabiegu \geq 3 mmHg lub o 20% w stosunku do wartości wyjściowych. Wszystkim pacjentom zalecono kontynuację stosowania dotychczas przyjmowanych leków przeciwjaskrowych. W razie wystąpienia odczynu zapalnego w komorze przedniej 3 godz. od zabiegu zaplanowano włączenie miejscowego leczenia przeciwzapalnego – diklofenaku 4 razy dziennie (tab. I).

L.p./ No	Płeć/ Sex	Wiek/ Age	Liczba leków miejscowych/ Number of topical medications		Opis kąta przesączania wg Spaetha/ The Spaeth Gonioscopic Grading System		Pigmentacja kąta wg Scheiego/ Scheie classification of pigmentation		Oko poddane zabiegowi/ Treated eye
			OP / RE	OL / LE	OP / RE	OL / LE	OP / RE	OL / LE	
1	M	25	3	3	D45Q	D45Q	IV	IV	OP / RE
2	M	39	1	1	D40R	D40R	I	I	OP / RE
3	K / F	56	2	2	C30R	C30R	II	II	OP / RE
4	K / F	57	2	2	D30R	D30R	II	II	OL / LE
5	M	39	2	2	C30R	C30R	I	I	OP / RE
6	M	77	3	3	D30R	D30R	II	II	OL / LE
7	M	32	0	0	D40Q	D40Q	II	II	OP / RE
8	K / F	66	1	2	C30R	C30R	II	II	OL / LE
9	M	67	2	2	C30S	C30S	I	I	OL / LE
10	K / F	72	3	3	C35R	C35R	III	III	OL / LE
11	K / F	80	3	3	C35R	C35R	III	III	OP / RE

Tab. I. Grupa badanych pacjentów.

Tab. I. Treated group of patients.

Wyniki

Ostatecznie do badania włączono 11 osób. Analiza pomiarów tonometrem Pascala dowiodła, że miesiąc od zabiegu spadek CW wynoszący ≥ 3 mmHg lub $\geq 20\%$ uzyskano u 3 pacjentów (w trojgu oczach). U pozostałych 8 pacjentów wartości CW w oczach poddanych zabiegowi nie różniły się istotnie w porównaniu z wartościami wyjściowymi. U 3 pacjentów CW obniżyło się zarówno w oku poddanym zabiegowi MLT, jak i w oku towarzyszącym, którego nie poddano żadnemu zabiegowi. Tylko u jednego z pacjentów (pacjent nr 6) uzyskano większy spadek CW w oku poddanym zabiegowi niż w oku towarzyszącym – spadek większy o 3 mmHg (spadek większy o 11% w porównaniu ze spadkiem w oku towarzyszącym). Analiza wyników uzyskanych u badanych z całej grupy dowodzi, że średnia wartość CW przed zabiegiem wynosiła 21,8 mmHg, po zabiegu zaś 20,1 mmHg. Średnio wartość CW obniżyła się o 1,7 mmHg (7,6%). Wyniki tych pomiarów zestawiono z wynikami pomiarów CW w oczach towarzyszących – średnie CW przed zabiegiem wynosiło 19,9 mmHg, po zabiegu zaś 18,0 mmHg, czyli w oczach niepoddanych zabiegowi zaobserwowano obniżenie średnio o 1,8 mmHg (8,1%). Analizując pomiary CW wykonywane tonometrem iCare zaobserwowano takie same proporcje – średnio CW w oczach poddanych zabiegowi obniżyło się o 1,4 mmHg (7,2%), w oczach niepoddanych zabiegowi o 1,7 mmHg (7,4%). Ponieważ powyżej przytoczone wyniki dowiodły, że nie uzyskano dostatecznego efektu hipotensyjnego zabiegu laserowego, ze względów etycznych odstąpiono od dalszej kwalifikacji pacjentów (tab. II i III) (ryc. 1).

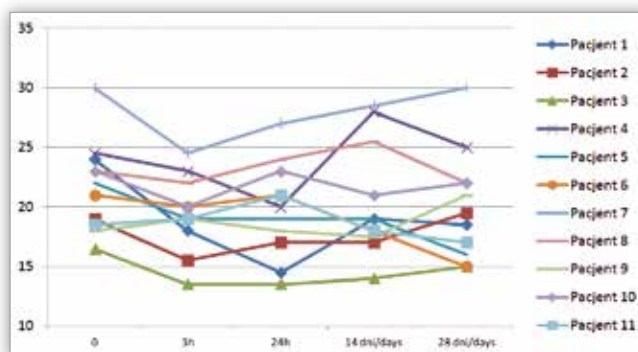
Po zabiegu nie obserwowano odczynu zapalnego, jakichkolwiek zmian w kącie przesączania ani innych działań niepo-

Pacjent/ Patient	CW przed zabiegiem/ IOP at base- line (mmHg)	CW po zabiegu/ Po- stoperative IOP (mmHg)	Obniżenie CW/ IOP decrease (mmHg)	Obniżenie CW/ IOP decrease (%)
1	24	18,5	5,5	22,92
2	19	19,5	-0,5	-2,63
3	16,5	15	1,5	9,09
4	24,5	25	-0,5	-2,04
5	22	16	6	27,27
6	21	15	6	28,57
7	30	30	0	0
8	23	22	1	4,35
9	18	21	-3	-16,67
10	23	22	1	4,35
11	18,5	17	1,5	8,11
Średnia/ Mean value	21,77	20,09		
		średnia/ mean value	1,68	7,57

Tab. II. Oczy poddane zabiegowi MLT. Pomiary tonometrem Pascala.
Tab. II. Eyes treated with MLT. Pascal tonometry.

Pacjent/ Patient	CW przed zabiegiem/ IOP at base- line (mmHg)	CW po zabiegu/ Po- stoperative IOP (mmHg)	Obniżenie CW/ IOP decrease (mmHg)	Obniżenie CW/ IOP decrease (%)
1	24	17	7	29,17
2	17,5	17	0,5	2,86
3	15,5	15	0,5	3,23
4	21	20	1	4,76
5	19	14	5	26,32
6	18	15	3	16,67
7	30	25	5	16,67
8	18	17	1	5,56
9	18	20	-2	-11,11
10	20	21,5	-1,5	-7,5
11	17,5	17	0,5	2,86
Średnia/ Mean value	19,9	18,0		
		średnia/ mean value	1,81	8,1

Tab. III. Oczy niepoddane zabiegowi. Pomiary tonometrem Pascala.
Tab. III. Fellow eyes (not treated). Pascal tonometry..



Ryc. 1. Pomiary ciśnienia wewnątrzgałkowego tonometrem Pascala w oczach poddanych zabiegowi MLT.

Fig. 1. Intraocular pressure measured using the Pascal dynamic contour tonometry in eyes treated with MLT.

żądanym. Pacjenci nie skarżyli się na żadne dolegliwości, poza widocznymi błyskami świetlnymi, ani w trakcie zabiegu, ani po nim. Zabiegi, którym poddano wszystkich badanych, wykonywane z powyżej przedstawionymi ustawieniami lasera, okazały się zupełnie bezpieczne, lecz nieskuteczne. Dokładna analiza statystyczna wyników nie była możliwa, ponieważ grupa badanych była zbyt mała.

Omówienie

Zabiegi trabekuloplastyki laserowej są wykonywane od 1979 roku (1). Na przestrzeni ostatnich 30 lat stosowano do nich lasery o różnych długościach fal oraz różnych trybach emisji promieniowania fal. Postęp w dziedzinie laseroterapii oraz zwiększająca się liczba nowych badań klinicznych sprawiają,

że coraz większą uwagę zwraca się na zabiegi oszczędzające tkankę siateczki beleczkowania. Jako pierwszy do trabekuloplastyki laserowej zastosowano laser argonowy (1). Zabieg ten pod nazwą ALT w badaniach klinicznych okazał się co najmniej równie skuteczny jak leczenie farmakologiczne preparatem 0,5-procentowego timololu w dwuletniej obserwacji (7). Zabieg polega na wykonaniu fotokoagulacji laserowych w kącie przesączania i powoduje nieodwracalne, widoczne zmiany w tkance beleczkowania. Obarczony jest ryzykiem przejściowego wzrostu CW oraz stanu zapalnego po zabiegu, a po pewnym czasie może wywołać powstanie obwodowych wzrostów przednich. Pacjent w czasie zabiegu może odczuwać ból (3).

Nowszą metodą trabekuloplastyki znaną od 1998 roku jest SLT wykorzystująca laser ND: YAG o zdwojonej częstotliwości typu „Q-switched” o długości fali 532 nm (2). Zabieg SLT w odróżnieniu od zabiegu ALT bardziej oszczędza tkankę, nie powoduje jej koagulacji, wykorzystuje efekt selektywnej fototermolizy (8). Podczas zabiegu SLT wykorzystuje się około 1% energii wykorzystywanej w zabiegu ALT (9, 10). Najczęściej opisywanym powikłaniem jest przejściowy, znaczny wzrost CW z towarzyszącym mu rozproszeniem barwnika w komorze przedniej. Jak dowodzą wyniki wielu badań, w obniżaniu ciśnienia wewnątrzgałkowego skuteczność zabiegu SLT dorównuje skuteczności zabiegu ALT (3).

Kolejną opisaną metodą trabekuloplastyki laserowej oszczędzającej tkankę jest zabieg MDLT (Micropulse Diode Laser Trabeculoplasty) (5, 6, 11). Metodę tę po raz pierwszy zastosowano w 2005 roku, wkrótce po wynalezieniu nowego trybu emisji promieniowania laserowego – mikropulsów (12). Podczas zabiegu MDLT promieniowanie lasera o długości fali 810 nm oddziałuje na tkanki w trybie mikropulsów trwających 0,3 milisekundy, a kolejne porcje energii rozdzielone są okresami 1,7 milisekundy, podczas których nie ma emisji promieniowania. Zapobiega to nadmiernemu nagraniu się siateczki beleczkowania, fotokoagulacji i destrukcji tkanki. Czas mikropulsu musi być odpowiednio krótki, a czas przerwy między mikropulsami odpowiednio długi. Mikropulsy i przerwy między nimi są stosowne do czasu termicznej relaksacji tkanki naświetlanej, aby następujące po sobie mikropulsy nie powodowały stopniowego nagrzewania się tkanki powyżej temperatury koagulującej białko. Od 3 lat dostępny jest laser z funkcją mikropulsów – laser żółty o długości fali 577 nm, a od niedawna również laser zielony o długości fali 532 nm z funkcją mikropulsów. Producent obu tych laserów, firma „Iridex” zaleca stosowanie ich do zabiegu MLT.

Dostępnych jest bardzo wiele publikacji przedstawiających ocenę skuteczności zabiegów ALT i SLT. Niestety, prac klinicznych na temat zabiegu MLT jest niewiele (5, 6, 11, 12). W piśmiennictwie światowym jedynie trzy doniesienia dotyczą lasera o długości fali 810 nm (5, 6, 11). W 2 badaniach klinicznych wykazano statystycznie znamienne działanie hipotensyjne tej metody, chociaż w jednym z nich skuteczność zabiegu MLT w porównaniu ze skutecznością zabiegu ALT okazała się mniejsza (5, 6). Niektórzy autorzy podważają skuteczność metody MLT (11). Z opublikowanych rezultatów badań wynika, że działania niepożądane zabiegu MLT są bardzo łagodne, występują bardzo rzadko lub nie obserwuje się ich wcale (5, 6, 11). We wszystkich pracach opisywano niewielkie grupy badanych. Brakuje prac, w których porównywano by zabieg MLT z leczeniem miejscowym.

W ostatnich latach dogłębnie bada się mechanizm, w którym dochodzi do obniżenia CW po zabiegu trabekuloplastyki. Wszystkie trzy opisane krótko metody – ALT, SLT i MLT – różnią się między sobą rodzajem i trybem emisji promieniowania laserowego, a pomimo to wszystkie dają ten sam efekt hipotensyjny. Obecnie najbardziej rozpowszechniona i najlepiej udowodniona jest teoria biologiczna (13). Zgodnie z obecnym stanem wiedzy w wyniku trabekuloplastyki w siateczce beleczkowania dochodzi do indukowania ekspresji wielu cytokin modyfikujących jej przepuszczalność (14–18). Największy opór ciecz wodnista napotyka na poziomie tkanki okołokanalikowej oraz ściśle przylegających do siebie komórek śródbłonna kanału Schlemma. Dla każdego rodzaju lasera chromatoforem absorbującym promieniowanie w kącie przesączania jest melanina. W wyniku absorpcji energii lasera dochodzi do ekspresji mRNA wielu cytokin, a wtórnie do tego – również produkcji metaloproteinaz odpowiedzialnych za przebudowę tkanki okołokanalikowej. Pod wpływem wydzielanych cytokin i działania metaloproteinaz przepuszczalność siateczki beleczkowania poprawia się. Badany jest mechanizm, w którym laser wyzwała ekspresję cytokin efektorowych. Jedną z teorii funkcjonowania tego mechanizmu jest ta, wg której laser poprzez nagrzanie komórek do temperatury około 43–49°C indukuje ekspresję białek szoku cieplnego i uruchamia kaskadę innych szklaków biochemicznych skutkujących ekspresją kilkuset białek (15, 18). Zgodnie z tą teorią podczas zabiegu MLT wykorzystanie lasera o długości fali 577 nm może okazać się korzystniejsze niż wykorzystanie lasera o długości fali lasera 810 nm. Promieniowanie lasera o długości fali 577 nm jest ponad trzykrotnie bardziej absorbowane przez melaninę niż promieniowanie lasera o długości fali 810 nm (4). Podczas zabiegu MLT z użyciem lasera diodowego o długości fali 810 nm wykorzystuje się jego maksymalną dostępną moc (2000 mW). Dlatego, aby zwiększyć ilość dostarczanej energii, trzeba zwiększyć cykl pracy, nie jest to korzystne ze względu na prawdopodobieństwo zbyt długiego nagrzewania się tkanki, kiedy czas mikropulsu jest zbyt długi. W przypadku lasera o długości fali 577 nm teoretycznie można wykonywać zabieg laserem o proporcjonalnie mniejszej mocy (około 700–800 mW proporcjonalnie do stopnia absorpcji promieniowania przez melaninę), to w razie potrzeby dałoby możliwość ewentualnego zwiększenia mocy z zachowaniem niskiego cyklu pracy (maksymalna dostępna moc lasera firmy Iridex to 2000 mW). Promieniowanie lasera o długości fali 577 nm jest również znacznie bardziej zbliżone, jeżeli chodzi o długość fali, do promieniowania stosowanego podczas zabiegów ALT (488 nm+514 nm) i SLT (532 nm), czyli metod o bardziej udowodnionej skuteczności w stosunku do MDLT (810 nm). Badania prowadzone na oczach zmarłych, oceniające wpływ lasera o długości fali 577 nm na tkankę siateczki beleczkowania w zależności od mocy lasera, kiedy pozostałe parametry pozostają takie same jak podczas zabiegu MDLT (200 ms, średnica 300 μm, 15% DC), wykonywane pod mikroskopem elektronowym wykazały, że stosowanie mocy do 1000 mW nie powodowało żadnych termicznych uszkodzeń siateczki beleczkowania. Moce wyższe – 1500 mW i 2000 mW – powodowały koagulację tkanki podobną do obserwowanej podczas zabiegu ALT. Stopień koagulacji był zależny od zastosowanej mocy promieniowania (19).

Skonstruowaliśmy badanie mające ocenić skuteczność trabekuloplastyki laserowej z zastosowaniem lasera żółtego

o długości fali 577 nm. Na podstawie ww. danych ustaliliśmy parametry zastosowane podczas laseroterapii, oczekując co najmniej takiej samej skuteczności jak w przypadku zabiegu MLT z użyciem lasera o długości fali 810 nm, z zachowaniem bezpieczeństwa metody. Analiza naszych danych wykazała, że skuteczność zabiegu jest niewystraszająca i dlatego, ze względów etycznych, zrezygnowaliśmy z kontynuacji badania. Nasze wyniki są podobne do wyników pracy fińskich badaczy (11), którzy udowadniają brak skuteczności zabiegu MDLT oraz brak jakichkolwiek działań niepożądanych. Zaskakujący był zupełny brak jakiegokolwiek odczynu zapalnego w komorze przedniej po zabiegu, nawet w przypadku pacjentów, u których stopień pigmentacji kąta przesączania był wysoki.

Uważamy, że nieuzyskanie oczekiwanych wyników powinno skłaniać do modyfikacji dawki promieniowania stosowanej podczas zabiegu MLT. Przeliczona ilość energii dostarczanej podczas jednej ekspozycji laserowej do siateczki beleczkowania w przypadku zabiegu ALT wynosi około 40–70 mJ, w przypadku zabiegu SLT – 0,6–1,2 mJ, w przypadku zabiegu MDLT (810 nm) – 0,6 mJ podczas pojedynczego mikropulsu oraz 60 mJ podczas jednej serii mikropulsów. W przypadku zabiegu MLT z użyciem lasera żółtego o długości fali 577 nm, kiedy zastosuje się moc 800 mW, każdy mikropuls równa się 0,25 mJ, a pojedyncza seria mikropulsów równa się 25 mJ energii dostarczonej do siateczki beleczkowania.

Niektóre wątpliwości mogłyby rozwiązać dalsze doświadczenia laboratoryjne oceniające oddziaływanie różnych mocy lasera o długości fali 577 nm, kiedy mikropulsy zostaną zastosowane na żywe komórki ludzkich linii komórkowych siateczki beleczkowania. Należałoby odpowiedzieć na pytania: 1. – w jaki sposób zachowują się żywe linie komórkowe siateczki beleczkowania narażone na działanie promieniowania o mocy > 800 mW, kiedy cykl pracy wynosi 15%, 2. – czy zastosowanie wyższych mocy promieniowania będzie skutkowało koagulacją białka i śmiercią komórek, 3. – czy podczas zabiegu trabekuloplastyki zwiększanie mocy promieniowania i skracanie cyklu pracy (do 10% lub 5%) zwiększa ekspresję cytokin efektorowych.

Dostępnych jest wiele prac, w których autorzy laboratoryjnie oceniają, jak promieniowanie różnych laserów wpływa na komórki siateczki beleczkowania (2, 14–17), lecz brakuje badań dotyczących konkretnie oddziaływania lasera żółtego o długości fali 577 nm. Dostosowanie parametrów lasera o długości fali 577 nm do wykonywania zabiegów trabekuloplastyki zwiększyłoby jego wartość w praktyce klinicznej. Obecnie jego zalety i charakterystyczne cechy sprawiają, że jest stosowany w zabiegach na siatkówce, a funkcję mikropulsów wykorzystuje się w zabiegach na płamce. Uważamy, że z ekonomicznego punktu widzenia bardzo korzystne byłoby rozszerzenie zakresu jego funkcji, aby można było stosować go w zabiegach na przednim odcinku oka.

Wnioski

Trabekuloplastyka laserowa w trybie mikropulsów z użyciem lasera o długości fali 577 nm, z zastosowaniem mocy 800 mW, obejmująca połowę obwodu kąta przesączania jest zabiegiem o wątpliwej skuteczności – brak odpowiednio dużej grupy badanych uniemożliwia prawidłową analizę statystyczną uzyskanych przez nas danych. Zabieg wykonywany za pomocą tego lase-

ra, z użyciem ww. parametrów, jest zupełnie bezpieczny i nie daje działań niepożądanych. W trakcie opisywanego badania pilotażowego parametry zastosowane w laseroterapii ustalono z naciskiem na bezpieczeństwo terapii. Zwiększenie mocy lasera powyżej 800 mW może być konieczne w celu zwiększenia skuteczności zabiegu. Charakterystyczne cechy lasera o długości fali 577 nm z funkcją mikropulsów firmy „Iridex” umożliwiają zwiększenie jego mocy do 2000 mW, a zarazem zachowanie niskiego cyklu pracy ($\leq 15\%$). Wymagane są dalsze badania w celu optymalizacji leczenia i poprawy jego skuteczności z jednoczesnym zachowaniem wysokiego profilu bezpieczeństwa potwierdzonego w przedstawionym badaniu.

Piśmiennictwo:

1. Wise JB, Witter SL: *Argon laser therapy for open angle glaucoma. A pilot study.* Arch Ophthalmol. 1979; 97: 319–322.
2. Latina MA, Park C: *Selective Targeting of Trabecular Meshwork Cells: In Vitro Studies of Pulsed and CW Laser Interactions.* Exp Eye Res. 1995; 60: 359–372.
3. Stein JD, Challa P: *Mechanisms of action and efficacy of argon laser trabeculoplasty and selective laser trabeculoplasty.* Curr Opin Ophthalmol. 2007 Mar; 18(2): 140–145.
4. Mainster MA: *Wavelength selection in macular photocoagulation. Tissue optics, thermal effects, and laser systems.* Ophthalmology. 1986 Jul; 93(7): 952–958.
5. Fea AM, Bosone A, Rolle T, Brogliatti B, Grignolo FM: *Micropulse-diode laser trabeculoplasty (MDLT): A phase II clinical study with 12 months follow-up.* Clinical Ophthalmology. 2008; 2(2): 247–252.
6. Detry-Morel M, Muschart F, Pourjavan S: *Micropulse Diode Laser (810 nm) Versus Argon Laser Trabeculoplasty in The Treatment of Open-Angle Glaucoma: Comparative Short-Term Safety And Efficacy Profile.* Bull Soc Belge Ophthalmol. 2008; 308: 21–28.
7. The Glaucoma Laser Trial (GLT). 2: *Results of argon laser trabeculoplasty versus topical medicines. The Glaucoma Laser Trial Research Group.* Ophthalmology. 1990 Nov; 97(11): 1403–1413.
8. Anderson RR, Parish JA: *Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation.* Science 1983; 220: 524–527.
9. Juzych MS, Chopra V, Banitt MR, Hughes BA, Kim C, Goulas MT, et al.: *Comparison of Long-term Outcomes of Selective Laser Trabeculoplasty versus Argon Laser Trabeculoplasty in Open Angle Glaucoma.* Ophthalmology. 2004 Oct; 111(10): 1853–1859.
10. Kramer TR, Noecker RJ: *Comparison of the morphologic changes after selective laser trabeculoplasty and argon laser trabeculoplasty in human eye bank eyes.* Ophthalmology 2001; 108: 773–779.
11. Rantala E, Välimäki J: *Micropulse diode laser trabeculoplasty – 180-degree treatment.* Acta Ophthalmol. 2012 Aug; 90(5): 441–444. doi: 10.1111/j.1755-3768.2010.02026.x. Epub 2010 Nov 4.
12. Ingvaldstad DD, Krishna R, Willoughby L: *MicroPulse Diode Laser Trabeculoplasty versus Argon Laser Trabeculoplasty in the Treatment of Open Angle Glaucoma.* Invest Ophthalmol Vis Sci. 2005; 46: E-Abstract 123.

13. Alvarado JA, Alvarado RG, Yeh RF, Franse-Carman L, Marcelino GR, Brownstein MJ: *A new insight into the cellular regulation of aqueous outflow: how trabecular meshwork endothelial cells drive a mechanism that regulates the permeability of Schlemm's canal endothelial cells*. Br J Ophthalmol. 2005 Nov; 89(11): 1500–1505.
14. Bradley JM, Anderssohn AM, Colvis CM, Parshley DE, Zhu XH, Ruddat MS, et al.: *Mediation of laser trabeculoplasty-induced matrix metalloproteinase expression by IL-1beta and TNFalpha*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2000 Feb; 41(2): 422–430.
15. Kim B, Grzybowski DM, Mahmoud AM, Weber PA, Roberts C: *Heat Shock Protein Expression Following Micropulse and Continuous Wave Diode Laser Irradiation of Cultured Human Trabecular Meshwork Endothelial Cells*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2008; 49(5): ARVO E-Abstract 1632.
16. Grzybowski DM, Kim B, Roberts CJ, Weber PA: *Cytokine & MMP Production after Laser Irradiation in Responsive vs Non-Responsive Cultured Human TMEC*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2007; 48(5): ARVO E-Abstract 2068.
17. Izzotti A, Longobardi M, Cartiglia C, Rathschuler F, Saccà SC: *Trabecular meshwork gene expression after selective laser trabeculoplasty*. PLoS One. 2011; 6(7): e20110. doi: 10.1371/journal.pone.0020110. Epub 2011 Jul 1.
18. Sramek C, Mackanos M, Spittler R, Leung LS, Nomoto H, Contag CH, et al.: *Non-damaging retinal phototherapy: dynamic range of heat shock protein expression*. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2011 Mar 28; 52(3): 1780–1787. doi: 10.1167/iops.10–5917.
19. Wingard JB, Miller KV, Pokabla MJ, Strunk KM, Gray JL, Bentivegna R, Noecker RJ: *Comparison of morphologic changes after continuous and micropulse yellow laser trabeculoplasty by scanning electron microscopy*. American Society of Cataract and Refractive Surgery, San Diego, CA 2011, Poster.

Praca wpłynęła do Redakcji 07.03.2014 (890651)
Zakwalifikowano do druku 03.10.2014 r.

Adres do korespondencji (Reprint requests to):

lek. Tomasz Chudoba
Oddział Okulistyki CSK MSW w Warszawie
Wolosa 137
02-507 Warszawa
e-mail: tomaszchudoba@autograf.pl

Polskie Towarzystwo Okulistyczne

www.pto.com.pl