

# Selektywna trabekuloplastyka laserowa (SLT) w leczeniu jaskry i nadciśnienia ocznego

*Selective laser trabeculoplasty in treatment of glaucomatous and ocular hypertensive patients*

Małgorzata Krajewska<sup>1</sup>, Jaromir Wasyluk<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Centrum Okulistyczne OPTIMUM, Warszawa

<sup>2</sup> Klinika Okulistyki WIML, Warszawa

Kierownik Kliniki: prof. dr hab. n. med. Marek Prost



## NAJWAŻNIEJSZE

SLT to bezpieczna i nieinwazyjna metoda laseroterapii jaskry otwartego kąta. Może ona być uzupełnieniem lub alternatywą dla leczenia zachowawczego kroplami, zwłaszcza u młodych pacjentów. EGS dopuszcza laseroterapię jako leczenie I rzutu w jaskrze.

## HIGHLIGHTS

SLT is safe and effective method of open angle glaucoma treatment which may be complementary or alternative to the topical therapy, especially in younger patients. It is accepted by EGS as first line glaucoma treatment.

## STRESZCZENIE

Selektywna trabekuloplastyka laserowa (SLT, *selective laser trabeculoplasty*) jest bezpieczną, nieinwazyjną i efektywną metodą obniżenia ciśnienia śródgałkowego w różnych postaciach jaskry z otwartym kątem przesączania i w nadciśnieniu ocznym. Zabieg wykonywany jest w warunkach ambulatoryjnych i może być wielokrotnie powtarzany, gdyż nie wywołuje trwałych zmian morfologicznych ani istotnych klinicznie skutków ubocznych i powikłań. Skuteczność zabiegu jest różna u różnych pacjentów. Może zależeć od takich czynników osobniczych, jak: pigmentacja kąta przesączania czy stosowanie leków miejscowych.

**Słowa kluczowe:** jaskra otwartego kąta, nadciśnienie oczne, selektywna trabekuloplastyka laserowa, ciśnienie śródgałkowe

## ABSTRACT

Selective laser trabeculoplasty (SLT) is relatively safe, non-invasive and effective procedure which may be carried out in outpatient clinic to lower the intraocular pressure. It is indicated in patients with different types of open angle glaucoma and ocular hypertension. It may be repeated several times over the same area of iridocorneal angle since causing no coagulation effects and there are no any persistent morphological changes of the trabecular meshwork observed. Effectiveness of this procedure varies in different patients and may be dependent on several factors, including iridocorneal angle pigmentation, baseline pressure, concomitant topical therapy and other individual conditions.

**Key words:** open angle glaucoma, ocular hypertension, selective laser trabeculoplasty, intraocular pressure

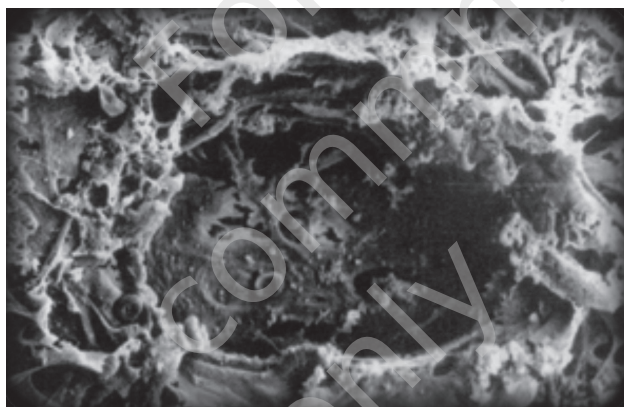
## WSTĘP

Zabiegi laserowe wykorzystuje się w leczeniu różnych postaci jaskry od lat 70. ubiegłego wieku. Procedura opracowana dla jaskry otwartego kąta miała w założeniu prowadzić do obniżenia ciśnienia śródgałkowego przez poprawę odpływu cieczy wodnistej dzięki poszerzeniu przestrzeni między beleczkami trabekulum. Zabieg ten nazwano trabekuloplastyką.

W roku 1979 Wise i Witter po raz pierwszy zastosowali laser argonowy do wykonania trabekuloplastyki laserowej (ALT, *argon laser trabeculoplasty*). Zabieg ten polega na punktowej koagulacji beleczkowania, skutkującej powstaniem w nim mikroblizn i w efekcie poszerzeniem przestrzeni między beleczkami, dzięki czemu następuje poprawa odpływu cieczy wodnistej drogą konwencjonalną [1]. Działaniem ubocznym tego zabiegu jest nieodwracalne uszkodzenie struktur włókien kolagenowych i przestrzeni międzybeleckowych [2].

### RYCINA 1

Koagulacja utkania beleckowego po ALT (obraz z mikroskopu elektronowego).



W roku 1996 Mark Latina po raz pierwszy zastosował modyfikację tej procedury, wykorzystując II harmoniczną lasera Q-switch Nd:YAG do wykonania tzw. selektywnej trabekuloplastyki laserowej (SLT, *selective laser trabeculoplasty*). W 2001 r. zabieg ten został zarejestrowany jako metoda terapeutyczna w jaskrze przez Amerykańską Agencję ds. Żywności i Leków (FDA) w Stanach Zjednoczonych. Zabieg SLT jest obecnie nadal wykonywany przede wszystkim za pomocą II harmonicznego lasera Q-switch Nd:YAG z wykorzystaniem długości fali 532 nm.

## HIPOTETYCZNY MECHANIZM OBNIŻENIA CIŚNIENIA WENĄTRZGAŁKOWEGO PRZEZ SLT

Delikatne i selektywne oddziaływanie wiązki laserowej o energii równej 1% energii wykorzystywanej w zabiegu

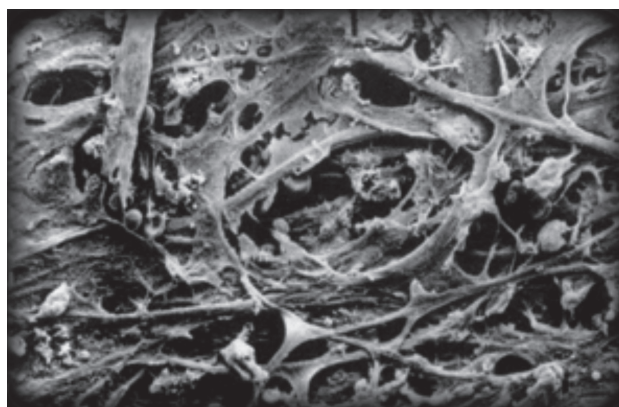
ALT na melaninę melanosomów beleczkowania powoduje uwolnienie cytokin i interleukin. Uwolnienie cytokin prowadzi do aktywacji monocytów i makrofagów (komórek żernych), które usuwają uszkodzone komórki barwnikowe z przestrzeni międzybeleckowych. Skutkuje to zmniejszeniem oporu i poprawą odpływu cieczy wodnistej drogą konwencjonalną. Interleukiny mogą natomiast odgrywać rolę czynnika wzrostu dla komórek nabłonka trabekulum, indukując powstawanie zdrowej tkanki beleczkowania. W badaniach morfologicznych tkanek po zabiegu SLT nie stwierdza się cech uszkodzenia włókien kolagenowych ani utkania beleckowego [3–6].

## SKUTECZNOŚĆ SLT

Badanie skuteczności selektywnej trabekuloplastyki laserowej w leczeniu pacjentów z różnymi rodzajami jaskry było przedmiotem wielu prac naukowych i tematem ponad 100 publikacji w recenzowanych czasopismach okulistycznych. Według licznych autorów badań średnie obniżenie ciśnienia wewnątrzgałkowego wynosi od 3 do 11 mmHg [5, 7–11]. Jest to duży rozrzut, powodowany różnymi czynnikami, wynikającymi przede wszystkim z zakresu samej metodologii badań. W trakcie zabiegów stosowana jest różna moc impaktów, beleczkowanie poddawane jest laseroterapii na różnej części obwodu (od 90° do 360°), rozmaite jest natężenie pigmentacji w kącie rogówkowo-tęczówkowym. Wreszcie różny jest okres obserwacji – od miesiąca do kilku lat. Badane są różne rodzaje jaskry, zarówno pierwotna, jak i wtórna. Zabiegowi poddawani są pacjenci fakijni i pseudofakijni, z leczeniem miejscowym lub bez niego, z wywiadem wcześniejszej chirurgii lub laseroterapii jaskry lub bez niego itd. Tak więc występuje tu wiele zmiennych, zaciemniających obraz prawdziwej efektywności hipotensyjnej SLT.

### RYCINA 2

Stan beleczkowania po zabiegu SLT (obraz z mikroskopu elektronowego).



Co do jednego większość autorów jest zgodna – zabieg jest równie skuteczny jak tradycyjna trabekuloplastyka argonowa (ALT) (a często nawet bardziej), mająca udokumentowaną przez lata pozycję w terapii jaskry, jednak wywołująca termiczne uszkodzenie struktury beczkowania i szereg innych możliwych niekorzystnych skutków ubocznych.

## TECHNIKA ZABIEGU SLT

Selektywna trabekuloplastyka laserowa jest zabiegiem wykonywanym w warunkach ambulatoryjnych. Pacjent siada przy lampie szczelinowej zintegrowanej z systemem laserującym. Powierzchnię gałki ocznej znieczula się miejscowo kroplami, a następnie na rogówce umieszcza się specjalną soczewkę umożliwiającą precyzyjne skierowanie wiązki światła laserowego na beczkowanie (w naszym ośrodku wykorzystuje się przeznaczoną do SLT soczewkę typu Latina, zaprojektowaną przez twórcę tej procedury). Zabieg trwa kilka minut i jest bezbolesny.

Procedurę wykonuje się zwykle na obszarze od 180 do 360 stopni, stosując ok. 100 impulsów. Pojedynczy impuls trwa ok. 3 ns, a jego energię dobiera się indywidualnie – od 0,4 do 1,4 mJ. W swoich badaniach Song i wsp. zaobserwowali słabszy i krótszy efekt hipotensyjny po SLT wykonanym na połowie obwodu kąta (180°) [12], dlatego obecnie rekomenduje się przeprowadzanie zabiegu na całym obwodzie kąta przesączania. Należy także starannie dobierać moc impulsu laserowego, tak aby był widoczny tzw. efekt bąbelków. Zastosowanie zbyt dużej energii może wywoływać u pacjenta reakcję bólową, a w jaskrze barwnikowej i jaskrze związanej z PEX może spowodować wzrost ciśnienia śródgałkowego po zabiegu [6].

Wasyluk i wsp. zwracają uwagę na dodatnią korelację między ilością barwnika w kącie przesączania a stopniem obniżenia ciśnienia śródgałkowego. Obniżenie ciśnienia u pacjentów z dużą ilością barwnika było największe i sięgało 30% [13].

Reakcja hipotensyjna po zabiegu SLT może być natychmiastowa (1–2 h). Znacznie częściej efekt obserwuje się po 4–6 tygodniach, a nawet 2–3 miesiącach. Pierwszą kontrolę ciśnienia śródgałkowego zaleca się po 4–6 tygodniach od wykonania zabiegu [14].

## ZASTOSOWANIE ZABIEGU SLT

Zabieg SLT może być wykonany u pacjentów z:

- jaskrą pierwotną otwartego kąta
- nadciśnieniem ocznym
- jaskrą z normalnym ciśnieniem
- jaskrą młodzieńczą
- jaskrą w oku bezsoczewkowym
- jaskrą barwnikową
- jaskrą w zespole pseudoeksfoliacji

- oraz u kobiet w ciąży i w okresie karmienia chorujących na jaskrę [7, 15–17].

## ZALETY ZABIEGU SLT

Zabieg jest uznany i propagowany przez Europejskie Towarzystwo Jaskrowe (EGS) od 2007 r., a od 2008 r. EGS wskazuje SLT jako jedną z możliwych terapii I rzutu w jaskrze otwartego kąta i nadciśnieniu ocznym [18]. Ze względu na krótki czas trwania i małą moc impulsu energia nie przenosi się na otaczające tkanki i nie powoduje ich koagulacji. Promień laserowy działa selektywnie na ściany komórek beczkowania zawierające melaninę, pozostawiając inne struktury nienaruszone.

Zabieg SLT jest skuteczny w różnych postaciach jaskry (JPOK, jaskra z zespołem; PEX, jaskra barwnikowa). Selektywna trabekuloplastyka laserowa może być skuteczną alternatywą dla leczenia farmakologicznego czy chirurgicznego u pacjentów z różnymi postaciami nadciśnienia ocznego (zespołem rozproszony barwnika, zespołem PEX, oftalmopatią Gravesa, stanami po iniekcjach wewnątrzgałkowych w leczeniu zwyrodnienia plamki żółtej [AMD]). Może być opcją terapeutyczną w przypadku jaskry początkowej (w tym także jaskry młodzieńczej), jak również jaskry bardzo zaawansowanej – przy zbyt dużym ryzyku zabiegu chirurgicznego. Procedura ta może być leczeniem z wyboru dla kobiet w ciąży i w okresie laktacji.

Zabieg SLT zastosowany jako terapia I rzutu utrzymuje swoją skuteczność hipotensyjną średnio przez 12–18 miesięcy [7, 16, 19], ale niektórzy autorzy wskazują na jego skuteczność nawet do 5 lat [20]. Ze względu na brak uszkodzeń w strukturach beczkowania zabieg SLT może być wielokrotnie powtarzany w tym samym rejonie kąta przesączania z podobnym skutkiem terapeutycznym [8].

Brak szczególnych przeciwwskazań do zabiegu SLT. Wyjątek stanowią małe dzieci, pacjenci z oczopląsem i osoby niewspółpracujące.

Zabieg SLT może być stosowany łącznie z leczeniem farmakologicznym czy chirurgicznym, wzmacnia bowiem efekt leczenia podstawowego. W przeciwieństwie do ALT, selektywna trabekuloplastyka nie wpływa niekorzystnie na powodzenie ewentualnej przyszłej trabekulektomii. Zastosowanie SLT może także skutkować redukcją ilości stosowanych kropli [21].

## EFEKTY UBOCZNE PO ZABIEGU SLT

Zabieg nie wywołuje istotnych klinicznie skutków ubocznych i powikłań (stanów zapalnych, krwawień). Niekiedy obserwuje się łagodną przejściową reakcję zapalną pod postacią zwiększenia indeksu komórek w komorze przedniej [5, 17]. Inne efekty uboczne zabiegu SLT występują bardzo rzadko. Wymienia się wśród nich:

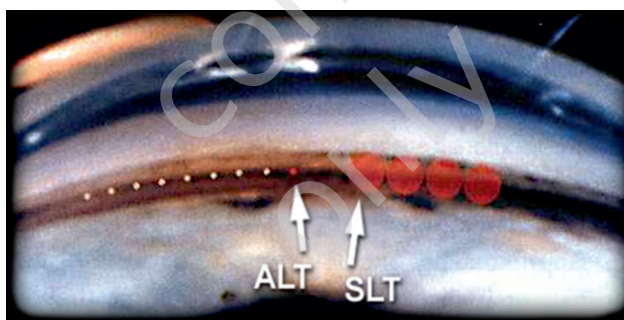
- możliwy początkowy wzrost ciśnienia śródgałkowego (obserwowany ok. 1 h po zabiegu, nieistotny statystycznie)
- niewielkie, przejściowe zaburzenia widzenia
- nieznaczny ból i dyskomfort.

### PORÓWNANIE ZABIEGÓW ALT I SLT

Obydwa zabiegi nazywane są trabekuloplastyką, jednak mechanizmy ich działania zasadniczo się różnią [22, 23]. ALT koaguluje beleczkowanie i tą drogą poprawia odpływ cieczy wodnistej (oddziaływanie na poziomie tkankowym). Wiązka laserowa w ALT jest znacznie bardziej skupiona i wysokoenergetyczna, w przeciwieństwie do SLT, w przypadku którego impakt ma większą średnicę, ale bardzo małą energię (ryc. 3). Wiązka laserowa w SLT dostarcza tylko 1% energii generowanej podczas ALT. Dlatego SLT powoduje wzrost aktywności cytokin i komórek fagocytarnych, otwiera barierę śródłonkową w kanale Schlemma i usuwa drobiny barwnika z trabekulum bez uszkodzenia otaczających tkanek (oddziaływanie na poziomie komórkowym). Możliwość ochrony struktur beleczkowania oraz użycie niskiej energii lasera decyduje o przewadze zabiegu SLT nad ALT. Ponieważ zabieg SLT nie powoduje koagulacji w trabekulum, może być – w odróżnieniu od ALT – bezpiecznie powtarzany.

RYCINA 3

Schemat porównawczy dwóch zabiegów trabekuloplastyki:  
ALT i SLT.



Jeśli chodzi o doświadczenia własne, to w Centrum Okulistycznym OPTIMUM przez ostatnie 9 miesięcy wykonaliśmy ponad 150 procedur SLT (wykorzystując laser Selecta Duet firmy Lumenis [ryc. 4]).

Wstępne wyniki z 74 zabiegów przedstawiono poniżej:

- średnie obniżenie ciśnienia śródgałkowego w badanej grupie (badanej 4 tygodnie–3 miesiące po zabiegu): 2,94 mmHg (15,39%,  $p < 0,01$ )
- największa zanotowana redukcja ciśnienia: 11 mmHg (32%)
- odsetek *non-responders* (brak efektu hipotensyjnego): 14 oczu (18,9%).

RYCINA 4

System lasera Selecta Duet firmy Lumenis.



### PODSUMOWANIE

Na podstawie własnych doświadczeń, a także analizy dostępnej literatury i wyników uzyskiwanych przez innych autorów możemy stwierdzić, że zabieg SLT jest metodą:

- efektywną – działającą hipotensyjnie w mechanizmie podwyższenia wydajności i uaktywnienia naturalnych procesów transportowych regulujących ciśnienie śródgałkowe
- selektywną – impuls jest wybiórczo ogniskowany na komórkach barwnikowych w obrębie kąta przesączania
- precyzyjną – bardzo krótki czas trwania i niska energia impulsu laserowego chronią przed powstaniem efektu termicznego
- bezpieczną – nie występują efekty uboczne, miejscowe ani ogólnoustrojowe, nie powstają blizny
- powtarzalną – laseroterapię można wykonywać wielokrotnie bez ryzyka wystąpienia dolegliwości bólowych lub odległych w czasie skutków ubocznych.

#### ADRES DO KORESPONDENCJI

Małgorzata Krajewska

Centrum Okulistyczne OPTIMUM  
00-501 Warszawa, ul. Bracka 11/13  
e-mail: mkrajewska@autograf.pl

## Piśmiennictwo

1. Wise JB, Witer SL: Argon Laser Therapy for open-angle glaucoma; a pilot study. *Arch Ophthalmol* 1979; 73: 319-322.
2. Melamed S, Pei J, Epstein DL. Short-term effect of argon laser trabeculoplasty in monkeys. *Arch Ophthalmol* 1985; 103: 1546-1552.
3. Kramer TR, Noecker RJ. Comparison of the acute morphologic changes after selective laser trabeculoplasty and argon laser trabeculoplasty in human eye bank eyes. *Ophthalmology* 2001; 108(4): 773-779.
4. 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.
5. Latina MA, Sibayan SA, Shin DH, et al. Q-switched 532-nm Nd:YAG laser trabeculoplasty (Selective Laser Trabeculoplasty) a multicenter, pilot, clinical study. *Ophthalmology* 1998; 105: 2082-2090.
6. Jamroz-Witkowska A, Wasyluk J, Grabska-Liberek I. Laseroterapia w jaskrze wtórnej torebkowej i barwnikowej. *Okulistyka* 2008; 1 (Rok XI): 89-92.
7. Melamed S, Ben Simon GJ, Levkovitch-Verbin H. Selective laser trabeculoplasty as primary treatment for open-angle glaucoma: a prospective, nonrandomized pilot study. *Arch Ophthalmol* 2003; 121(7): 957-60.
8. Hong BK, Winer JC, Martone JF, et al. Repeat selective laser trabeculoplasty. *J Glaucoma* 2009; 18(3): 180-183.
9. Shazly TA, Latina MA, Dagianis JJ, et al. Effect of prior cataract surgery on the long-term outcome of selective laser trabeculoplasty. *Clin Ophthalmol* 2011; 5: 377-380.
10. Kouchehi B, Hashemi H. Selective laser trabeculoplasty in the treatment of open-angle glaucoma. *J Glaucoma* 2012; 21(1): 65-70.
11. Realini T. Selective laser trabeculoplasty for the management of open-angle glaucoma in St. Lucia. *JAMA Ophthalmol* 2013; 131(3): 321-327.
12. Song J, Lee PP, Epstein DL, et al. High Failure rate associated with 180 degree selective laser trabeculoplasty. *J Glaucoma* 2005; 14: 400-408.
13. Wasyluk JT, Piekarniak A, Grabska-Liberek I. The hypotensive effect of Selective Laser Trabeculoplasty depending on iridocorneal angle pigmentation in primary open angle glaucoma patients. *Arch Med Sci* 2014; 10(2): 306-308.
14. Lanzetta P, Menchini U, Virgili G. Immediate intraocular pressure response to selective laser trabeculoplasty. *British Journal of Ophthalmology* 1999; 83: 29-32.
15. Latina MA, Tumbocon JAJ. Selective laser trabeculoplasty: a new treatment option for open angle glaucoma. *Current Opinion Ophthalmology* 2002; 13: 94-96.
16. McIlraith I, Strasfeld M, Colev G, Hutnik CM. Selective laser trabeculoplasty as initial and adjunctive treatment for open glaucoma. *Journal Glaucoma* 2006; 15: 124-130.
17. Czechowicz-Janicka K. Selektywna trabekuloplastyka laserowa (SLT) w leczeniu jaskry z pierwotnie otwartym kątem – doświadczenia własne. *Okulistyka* 2008; 1(XI): 93-96.
18. Terminology and guidelines for glaucoma. European Glaucoma Society, 3rd edition, Editrice Dogma S.r.l. 2008 Savona Italy: -121.
19. Kim YJ, Moon CS. One-year follow-up of laser trabeculoplasty using q-switched frequency-doubled Nd:YAG laser of 523 nm wavelength. *Ophthalmic Surgery and Lasers* 2000; 31: 394-399.
20. Jindra LF, Gupta A, Miglino EM. Poster presented at the AAO Annual Meeting. November, 2007.
21. Francis BA, Ianchulev T, Schofield JK, et al. *Am J Ophthalmol* 2005; 140: 524-525.
22. Damji KF, Bovell AM, Hodge WC. Selective Laser trabeculoplasty: A Review and Comparison to Argon Laser Trabeculoplasty. *Ophthalmic Practice* 2003; 21(2): 54-58.
23. Damji KF, Shah KC, Rock WJ, et al. Selective Laser Trabeculoplasty v argon laser trabeculoplasty: a prospective randomised clinical trial. *British Journal of Ophthalmol* 1999; 83: 718-722.

Źródło wszystkich rycin to materiały firmy Lumenis Ltd., producenta lasera.