

BroadBand Light (BBL) w dermatologii estetycznej: mechanizm działania, technologia, wskazania kliniczne, bezpieczeństwo

BroadBand Light (BBL) in aesthetic dermatology: mechanism, technology, clinical indications, safety

Bartosz Pawlikowski

Streszczenie

BroadBand Light (BBL) to wysokowydajna implementacja technologii intensywnie pulsującego światła (IPL), której działanie opiera się na zasadzie selektywnej fototermolizy: doborze długości fali, czasu impulsu i fluencji do właściwości chromoforów skóry (melanina, oksy-, deoksyhemoglobina). Nowsze generacje BBL (HERO/HEROic) zapewniają stabilną architekturę impulsu, wysoką moc szczytową oraz pracę z dużą plamką (typowo 15 × 45 mm) i repetycją do 20 Hz przy agresywnym chłodzeniu kontaktowym (szafir, TEC, 0–30°C). W fotoodmładzaniu wykazano m.in. „odmłodzenie” wzoru ekspresji genów w skórze po BBL (badanie translacyjne) oraz poprawę parametrów jakości skóry (m.in. elastyczność). Skuteczność dotyczy również zmian naczyniowych/rumienia i poikilodermii oraz plam soczewicowatych. W trądziku opublikowano 3-etapowy protokół redukujący aktywne zmiany i rumień pozapalny. Rośnie też baza danych dla MGD/DED (zaburzeń gruczołów Meiboma). Profil działań niepożądanych jest zbliżony do klasycznego IPL (rumień/obrzęk, strupki, przemijające zaburzenia pigmentacji; rzadko oparzenia). Prawidłowa kwalifikacja, fotoprotekcja i chłodzenie kontaktowe ograniczają ryzyko niepowodzenia terapii oraz wystąpienia działań niepożądanych. BBL pozostaje narzędziem o szerokiej użyteczności dermatologicznej i estetycznej, z przewagą parametrów technicznych nad typowym IPL (szybkość, jednorodność pokrycia, automatyzacja).

Słowa kluczowe: BroadBand Light, intensywnie pulsujące światło (IPL), selektywna fototermoliza, fotoodmładzanie, zmiany naczyniowe, plamy soczewicowate, trądzik pospolity, dysfunkcja gruczołów Meiboma, zespół suchego oka, 1927 nm (tul), HERO, HEROic.

Summary

BroadBand Light (BBL) is a high-performance implementation of intense pulsed light (IPL) technology, which works on the principle of selective photothermolysis – matching the wavelength, pulse duration, and fluence to the properties of skin chromophores (melanin, oxy-, deoxyhemoglobin). Newer generations of BBL (HERO/HEROic) provide stable pulse architecture, high peak power, and operation with a large spot size (typically 15 × 45 mm) and a repetition rate of up to 20 Hz, with aggressive contact cooling (sapphire, TEC, 0–30°C).

In photorejuvenation, BBL has been shown to “rejuvenate” the gene expression pattern in the skin (translational study) and improve skin quality parameters (including elasticity). The effectiveness also applies to vascular changes/erythema and poikiloderma, as well as lentigines. In acne, a 3-step protocol has been published that reduces active lesions and post-inflammatory erythema. The database for MGD/DED (Meibomian gland dysfunction) is also growing. The profile of side effects is similar to that of classic IPL (erythema/swelling, scabs, transient pigmentation disorders; rarely burns). Proper qualification, photoprotection, and contact cooling reduce the risk of treatment failure and adverse effects.

BBL remains a tool with broad dermatological and aesthetic utility, with technical parameters superior to typical IPL (speed, uniformity of coverage, automation).

Keywords: BroadBand Light (BBL), Intense Pulsed Light (IPL), selective photothermolysis, photorejuvenation, vascular lesions, solar lentigines, acne vulgaris, meibomian gland dysfunction, dry eye disease, thulium 1927 nm, HERO, HEROic.

BroadBand Light (BBL) to zaawansowana odmiana fototerapii impulsem światła o szerokim paśmie, rozwijana od 2004 r. jako ewolucja klasycznej technologii IPL (Intense Pulsed Light). W artykule przedstawiono zasadę jej działania w kontekście selektywnej fototermolizy, a także główne elementy konstrukcyjne systemów BBL (w tym generacja HERO/HEROic), wskazania kliniczne, skuteczność i bezpieczeństwo. Omówiono też różnice między BBL a konwencjonalnym IPL oraz historyczne tło obu technologii.

Tło historyczne i miejsce BBL w rodzinie IPL

Technologia IPL została opracowana na początku lat 90., a pierwsze urządzenia medyczne trafiły do praktyki klinicznej już w połowie dekady. Wczesne prace kliniczne wykazały jej skuteczność m.in. w leczeniu zmian naczyniowych i przebarwień, a w 2000 r. ukazała się przełomowa praca Bittera opisująca fotoodmładzanie skóry twarzy oparte na serii zabiegów IPL [6].

BBL (BroadBand Light) pojawił się komercyjnie w 2004 r. jako własna implementacja IPL o rozszerzonych możliwościach kontroli impulsu, chłodzenia i filtracji widma. Od 2020 r. urządzenia BBL w wersji HERO (High Energy Rapid Output), a od 2024 r. HEROic (z inteligentną kontrolą i systemem pozycjonowania) stanowią kolejne etapy rozwoju tej linii.

Zasada działania: selektywna fototermoliza i implikacje dla BBL

Mechanizm kliniczny BBL – jak całej fototerapii impulsowej – opiera się na zasadzie selektywnej fototermolizy: krótkie impulsy promieniowania, dobrane do czasów relaksacji termicznej i widma absorpcji chromoforów (melaniny, oksy- i deoksyhemoglobiny) pozwalają wywołać wybiórcze uszkodzenia w strukturach docelowych przy oszczędzeniu tkanek otaczających. O selektywności i bezpieczeństwie decyduje odpowiedni dobór długości fali, szerokości impulsu i fluencji.

W praktyce BBL wykorzystuje wymienne Smart Filters (*cut-off/narrow-band*), co pozwala zawęzić użyte pasma (np. 420, 515, 560, 590, 640, 695, 800 nm) na platformie obejmującej ~420–1400 nm. Dzięki temu można celować w melaninę (zmiany barwnikowe, epilacja), oksy-, deoksyhemoglobinę (teleangiektazje, rumień), a przy dłuższych pasmach – m.in. w struktury skóry właściwej.

Właściwości technologiczne BBL (w tym HERO/HEROic)

Nowsze generacje BBL (HERO/HEROic) zapewniają stałą architekturę impulsu i stabilność energii, skrócone minimalne czasy impulsów, zwiększoną moc szczytową i wysokie częstotliwości repetycji (do ~20 Hz) przy jednoczesnym agresywnym chłodzeniu kryształu (kryształy szafirowe z chłodzeniem termoelektrycznym regulowanym 0–30°C). W praktyce przekłada się to na równomierne depozycje energii, redukcję „paskowania” i możliwość pracy w ruchu (*in-motion*). Duży *foot-print* i ergonomia oraz typowa plamka 15 × 45 mm przy repetycji do 20 Hz umożliwiają bardzo szybkie procedury na większych powierzchniach ciała. To kluczowy atut w porównaniu z wieloma klasycznymi systemami IPL o mniejszych plamkach lub niższej repetycji.

Nowe funkcje automatyzacji (HEROic)

System SPS™ (Skin Positioning System) śledzi ruch głowy w 6 stopniach swobody, a Intelligent Control i Autodynamic Pulsing™ automatyzują pozycjonowanie i gęstość impulsów, co minimalizuje luki i nakładanie oraz ujednolica fluencję na określonej przez operatora powierzchni.

Wskazania kliniczne i profil efektywności

Tradycja fotoodmładzania i leczenia dyschromii impulsem światła sięga końca lat 90., a terapie seriami zabiegów poprawiają barwę i teksturę skóry oraz płytsze defekty foto-starzenia. W przypadku BBL dostępne są dane wskazujące na poprawę cech klinicznych starzenia oraz – w badaniach na poziomie molekularnym – na „odmłodzenie” wzoru ekspresji genów w skórze z zaawansowanymi cechami fotostarzenia [8]. Należy podkreślić, że jest to wynik biologiczny z badania translacyjnego; implikacje kliniczne interpretujemy w świetle dalszych obserwacji.

Retrospektywne analizy wieloletnich serii BBL (2–4 sesje/rok przez 5–11 lat) sugerują utrzymujące się efekty „anti-aging” w ocenie fotograficznej/wiekowej, co wspiera hipotezę profilaktyki fotostarzenia przez regularne zabiegi podtrzymujące. Kontrolowane badanie *split-face* (25 pacjentów) – 5 zabiegów BBL w odstępach 2-tyg. – wykazało poprawę parametrów jakości skóry (m.in. liczby porów, elastyczności, TEWL) względem kontroli nieleczonej [10].

BBL cechuje wysoka skuteczność w leczeniu teleangiektazji, rumienia i poikilodermii, co potwierdzają zarówno wielośrodkowe serie, jak i współczesne przeglądy. W praktyce BBL korzysta z filtrów 515–560–590 nm i dużej mocy szczytowej, co sprzyja koagulacji drobnych naczyń przy krótszych impulsach. W codziennej praktyce BBL, szczególnie w protokołach łączonych, skutecznie redukuje plamy soczewicowate posłoneczne oraz zaburzenia barwnikowe (*lentigines*, piegi), o czym świadczą doniesienia kliniczne i raporty z badań łączących BBL z laserem tulowym 1927 nm [11]. Zastosowanie filtrów 420–560 nm (pasma niebiesko-żółte) pozwala działać na *C. acnes* i komponentę zapalną, dokładnie opisano protokoły 3-etapowe BBL z poprawą zmian aktywnych i rumienia pozapalnego [13].

BBL jako następcza IPL umożliwia epilację owłosienia (filtry 590/640/695 nm) dzięki selektywnemu pochłanianiu przez melaninę w mieszkach, duży spot i wysoka repetycja skracają czas zabiegów na duże pola, nie jest to jednak funkcja wykorzystywana w tej technologii jako wiodąca ze względu na wysoki koszt zabiegów.

Coraz szersze są dane nad zastosowaniem BBL-IPL w chorobach powiek. Zespół suchego oka związany m. in. z dysfunkcją gruczołów Meiboma oraz zakażenie nużeńcem (nużyca) to choroby leczone dotychczas jedynie zachowawczo z niewielkim odsetkiem długotrwałej poprawy, wg badań prospektywnych w przeglądach okulistycznych. Zastosowanie BBL-IPL pozwala na poprawę funkcji wydzielniczych gruczołów Meiboma z odbudową ich struktury [15]. W przypadku nużycy BBL-IPL pozwala trwale usunąć roztocze z rzęs, mieszków włosowych i gruczołów łojowych. Obie terapie przebiegają podobnie i obejmują 4 bezbolesne zabiegi w serii co 2 tyg.

Bezpieczeństwo i profil ryzyka

Spektrum działań niepożądanych BBL jest zbliżone do IPL: przemijający rumień/obrzęk, strupki naskórkowe, przejściowa hiperpigmentacja lub hipopigmentacja (zwłaszcza w ciemniejszych fototypach), bardzo rzadko oparzenia/pęcherze. Kluczowe znaczenie mają: odpowiednia kwalifikacja (m.in. wykluczenie świeżej opalenizny, ostrożność przy lekach fotouczulających, odstęp od izotretynoiny) oraz właściwe osłony oczu.

Użytkowanie z aktywnym chłodzeniem kontaktowym zmniejsza ryzyko uszkodzeń naskórka.

BBL vs klasyczny IPL – podobieństwa, różnice i przewaga praktyczna

Oba rozwiązania to źródła ksenonowe z filtracją pasmową, działające wg selektywnej fototermolizy, dlatego wskazania i cele kliniczne w dużej mierze się pokrywają. Wysoka moc szczytowa i krótkie impulsy poprawiają selektywność cieplną i efektywność koagulacji przy niższych fluencjach; to koncepcja znana z literatury IPL.

BBL HERO realizuje ją sprzętowo dzięki wydajnemu zasilaniu i chłodzeniu. Urządzenia nowej generacji w IPL (różne marki) dążą do impulsów *square-like*/OPT (Opti Pulse Technology – dzielone impulsy), ograniczając piki i spadki mocy. BBL łączy to z równomiernym śledzeniem prędkości głowicy (HEROic), co przekłada się na jednorodność pokrycia. BBL daje duże plamki (np. 15 × 45 mm) i repetycję do 20 Hz, co realnie skraca czas zabiegów na tułowiu i kończynach; to przewaga organizacyjna nad wieloma klasycznymi IPL.

Systemy SPS/IC/Autodynamic Pulsing w BBL HEROic automatyzują gęstość impulsów i ruch *in-motion*, ograniczając ryzyko „paskowania” i nakładania, co ułatwia delegowanie procedur bez spadku jakości, z dynamicznym i jednorodnym rozkładem energii skumulowanej na jednostce powierzchni. Szybka wymiana filtrów i tryby presetów (gotowe programy parametrów) standaryzują protokoły na jednej głowicy, co czyni technologię BBL bardziej przystępną i bezpieczną dla przeciętnego operatora oraz pozwala uzyskać powtarzalne efekty zabiegowe.

Choć powyższe cechy sprzyjają przewadze praktycznej BBL (szybkość, jednorodność, komfort), to bezpośrednich, wielośrodkowych badań RCT (randomizowane kontrolowane badania kliniczne), porównujących BBL z innymi, współczesnymi IPL, jest nadal niewiele, co należy jasno komunikować pacjentom.

Dane molekularne i kliniczne dotyczą konkretnie protokołów BBL i nie mogą być automatycznie ekstrapolowane na wszystkie systemy IPL.

Praktyka zabiegowa – kwalifikacja i protokoły

Właściwa kwalifikacja obejmuje standardowe punkty: wywiad (fototyp, ekspozycja UV, leki, dermatozy), badanie dermatoskopowe zmian barwnikowych (wykluczenie podejrzanych zmian

barwnikowych), dokumentacja fotograficzna/ analiza obrazu. W przypadku obszarów opalonych lub z aktywną infekcją należy odroczyć terapię BBL. Ochrona oczu, tak jak w przypadku IPL, jest obowiązkowa.

Parametry oraz dobór filtra następują po określeniu chromoforu docelowego (np. 515–560 nm dla *lentigines*, 560–590 nm dla naczyn, 420–560 nm dla trądziku, $\geq 590/640/695$ nm dla epilacji), krótsze impulsy dla struktur o krótszym TRT (czas relaksacji termicznej), chłodzenie 0–10°C przy wyższych fluencjach, gęstość energii korygowana wg reaktywności. W zabiegach na ciało przydatny jest tryb *in-motion* z wieloprzebiegowym „stackowaniem” niższych fluencji. Typowo wykonuje się 3–5 sesji co 3–4 tyg., następnie zabiegi podtrzymujące 2–4 razy na rok, o czym pacjenci powinni być jasno informowani.

Choć technologia BBL jest, ze względu na możliwość stosowania protokołów łączonych, skuteczniejsza od standardowego IPL, nie oznacza to istotnej redukcji sesji zabiegowych. Szczególnie w dyschromiach twarzy warto rozważyć łączenie BBL z nieablacyjnym 1927 nm laserem tulowym w 1 sesji dla uzyskania lepszego efektu terapeutycznego.

Postępowanie pozabiegowe klasycznie obejmuje fotoprotekcję przez 7–14 dni, delikatną pielęgnację, unikanie ciepła/sauny w pierwszych dobach oraz makijaż po ustąpieniu rumienia.

Podsumowanie

BBL jest wysokowydajną implementacją fototerapii impulsowej, która przy przestrzeganiu zasad selektywnej fototermolizy, pozwala efektywnie leczyć liczne wskazania dermatologiczne i estetyczne. W porównaniu z klasycznym IPL nowoczesne generacje BBL (HERO/HEROic) dają przewagę praktyczną: większą szybkość, jednorodność depozycji energii, automatyzację zabiegów i zaawansowane chłodzenie.

Jednocześnie warto zachować krytycyzm: potrzeba większej liczby bezpośrednich badań porównawczych klasy RCT. Dla klinicystów BBL pozostaje narzędziem o szerokiej użyteczności, realnie podnoszącym wydajność pracy i przewidywalność efektów u dobrze kwalifikowanych pacjentów.

Kontakt do autora:

bartosz.pawlikowski1976@gmail.com

Piśmiennictwo

- Anderson R.R., Parrish J.A., *Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation*, Science 1983(4596), s. 524–527. PubMed
- Gade A. i wsp., *Intense Pulsed Light (IPL) therapy*, StatPearls Publishing 2024.
- Almukhtar R., *Intense pulsed light: the early years*, Dermatol. Rev. 2020; <https://doi.org/10.1002/der2.51>.
- Husain Z., Alster T.S., *The role of lasers and intense pulsed light technology in dermatology*, Clin. Cosmet. Investig. Dermatol. 2016(9), s. 29–40.
- Goldberg D.J., *Current trends in intense pulsed light*, JCAD 2012(6), s. 45–53.
- Bitter P.H. Jr, *Noninvasive rejuvenation of photodamaged skin using serial full-face IPL*, Dermatol. Surg. 2000(9), s. 835–842.
- Sadick N.S. i wsp., *Photorejuvenation with IPL: multi-center study*, J. Drugs Dermatol. 2004(1), s. 41–49.
- Chang A.L.S., *Rejuvenation of gene expression pattern of aged human skin by BBL*, J. Invest. Dermatol. 2013(2), s. 394–402.
- Bitter P.H. Jr, Pozner J., *Retrospective evaluation of long-term anti-aging effects of BBL*, Cutis 2013(2), s. 34–40.
- Yu W. i wsp., *Split-face RCT of BBL for skin quality parameters*, J. Dermatolog. Treat. 2021(7), s. 766–770.
- Hennessey E., *A novel combination of BroadBand Light (BBL® HERO™) and nonablative fractionated 1,927nm (MOXITM) laser for addressing solar lentigines*, J. Clin. Aesthet. Dermatol. 2024(9–10, suppl. 1), s. 36–39.
- In S. i wsp., *Broadband light for non-ablative skin tightening (static vs in-motion)*, J. Cosmet. Laser Ther. 2019(3), s. 132–137.
- Bitter P.H. Jr, *Acne treatment with 3-step BBL protocol*, J. Drugs Dermatol. 2016(11), s. 1382–1388.
- Ito Y., Sung B.C., *Modified 3-step broadband light treatment for inflammatory acne vulgaris and post-acne erythema in Asian patients 3-STEP BBL*, Med. Lasers 2017(2), s. 102–106.
- Murtaza F. i wsp., *Safety and efficacy of BroadBand intense pulsed light therapy for dry eye disease with meibomian gland dysfunction*, Clin. Ophthalmol., doi: 10.2147/OPHT.5331289.
- Broad Band Light for the treatment and prevention of senile purpura*, ClinicalTrials.gov 2021, NCT03690375
- BBL HERO and BBL Family of Brands, Sciton 2021; <https://sciton.com/wp-content/uploads/2022/04/BBL-Family-Product-BR-2600-029-03-Rev-K.pdf>.
- BBL HEROic – intelligent control & SPS*, Sciton 2024; <https://sciton.com/bbl-heroic/>.
- Ross E.V., Kreindel M., *Peak power effect on skin rejuvenation using IPL: Lumecca IPL evaluation*, Adv. Aging Res. 2016(3), s. 78–82.
- Song X. i wsp., *Therapeutic efficacy of optimal pulse technology in the treatment of chalazions*, Front. Med. 2023(10); <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1286159>.
- Fischer D.L. i wsp., *Intense pulse light for the treatment of pigmented and vascular disorders and lesions: a review*, Dermatol. Rev. 2021(2), s. 69–81.
- Lipp B. i wsp., *Intense Pulsed Light: a methodical approach to understanding clinical endpoints*, J. Drugs Dermatol. 2020(2), s. 203–207.

Pozycje 17 i 18 to materiały producenta wykorzystane w zakresie parametrów technicznych i funkcji urządzenia. Dane skuteczności klinicznej oparto w pierwszej kolejności na publikacjach recenzowanych (8–15, 21, 22) oraz klasycznej literaturze poświęconej IPL (1, 5–7, 19, 20).