

Dr n. farm. Sławomir Wilczyński

Katedra i Zakład Podstawowych Nauk Biomedycznych, Wydział Farmaceutyczny z OML w Sosnowcu Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach

Kierownik Katedry: prof. dr hab. n. med. Barbara Błońska-Fajfrowska

# Medyczny laser CO<sub>2</sub>

## – jaki aparat jest optymalny dla lekarza medycyny estetycznej/dermatologa?

**Wśród 10 pacjentów po 30 r.ż. odwiedzających (gabinet) dermatologa (medycyny estetycznej) u 9 znajdują się wskazania do zastosowania lasera CO<sub>2</sub>. Ukazuje to nie tylko wysoki potencjał terapeutyczny, ale również ogromną wszechstronność tego popularnego lasera.**

O jakości lasera CO<sub>2</sub> pracującego metodą punktowej, ablacyjnej fototermolizy (w skrócie nazywanej „frakcyjną”) – decydują dwa podstawowe czynniki:

- jakość wiązki lasera,
- jakość zastosowanego skanera.

Do innych czynników determinujących jakość lasera należą:

- możliwość zastosowania w szerokim wachlarzu wskazań (uniwersalność),
- parametry kliniczne – m.in. głębokość i średnica krateru ablacji,
- duża energia impulsu laserowego i szeroki zakres jej regulacji,
- niezawodność oraz koszty eksploatacji – zużywalność samego lasera, jak i innych elementów eksploatacyjnych (np. końcówek zabiegowych),
- rekomendacje i certyfikaty,
- kompaktowe wymiary i ciężar,
- cena aparatu.

### Jakość wiązki laserowej

Wiązka laserowa powinna być idealnie skolimowana, dzięki czemu będzie można uzyskać ognisko na tkance o minimalnej średnicy. Efektem tego jest powstawanie w skórze bardzo wąskich kraterów ablacji o dużej głębokości. Może być ich wówczas bardzo wiele na każdym cm<sup>2</sup> pola zabiegowego, ale i tak między nimi pozostanie szeroka siatka nienaruszonej skóry. Wywoła to masywny stan zapalny – proporcjonalny do wielkiej powierzchni wytworzonych kraterów, który wygeneruje ogromny wyrzut cytokin i czynników wzrostu prowadzący do szybkiej regeneracji skóry. Jednocześnie wywołane uszkodzenia są na tyle małe, że proces gojenia jest bardzo szybki (trwa nie więcej niż 24-48 godzin), co minimalizuje szansę zakażenia i powstania powikłań.

Najlepsze urządzenia obecne na rynku pozwalają utworzyć w skórze krateru ablacji o średnicy 120 mikrometrów i głębokości



**Ryc. 1.**  
*Histopatologiczny obraz kraterów utworzonych przez laser eCO<sub>2</sub> i inne frakcyjne lasery CO<sub>2</sub>. Zwraca uwagę kolosalna różnica kształtu, przekładająca się na zasadniczą różnicę czasu gojenia.*

do 3 mm. Co ważne, istnieją również takie urządzenia, które mają wbudowany miernik mocy wiązki laserowej. Dzięki temu w każdej chwili można przeprowadzić kalibrację energii impulsów laserowych, a tym samym zwiększyć bezpieczeństwo zabiegów.

### **Jakość skanera laserowego**

Skaner – system dwóch lusterek sterowanych elektronicznie, które obracając się błyskawicznie, kierują wiązkę laserową w odpowiednie punkty na skórze. W „popularnych” rozwiązaniach skanery są autonomicznymi, adaptowanymi z innych urządzeń podzespołami, pracującymi niezależnie od lasera. Impulsy lasera odbijają się od lusterek będących w stałym ruchu, czego skutkiem jest rozmycie plamek na skórze – stają się one mniejszymi lub większymi kreskami, co zasadniczo zwiększa średnicę kraterów ablacji i zmniejsza ich głębokość.

Najkorzystniejszym rozwiązaniem jest synchronizacja skanera z laserem, dzięki czemu wygenerowane impulsy trafiają w lustro, które po kolejnym drgnięciu są już nieruchome, niezależnie od wybranej (zmiennej) częstotliwości pracy lasera. Ten sposób pracy zapewnia uzyskanie najwęższych kraterów. Co więcej – umożliwia „wstrzelenie” kolejnych dwóch, trzech, a nawet pięciu impulsów laserowych dokładnie w to samo miej-

sce na tkance w celu pogłębienia krateru ablacyjnego.

Należy zwrócić uwagę, że rozkład utworzonych kraterów może być regularny (kolejne rzędy) lub stochastyczny (przypadkowy) z zachowaniem maksymalnej odległości między kolejnymi „uderzeniami” impulsów laserowych, co zasadniczo obniża temperaturę pola zabiegowego. Ponieważ następny impuls pada w miejsce maksymalnie odległe od poprzedniego krateru, skóra ma czas na odprowadzenie ciepła i obniżenie temperatury. Taki schemat działania skanera nazywa się „sterowanym chaosem”.

Dobrym skanerem można także przeprowadzić także klasyczną dermabrazję – jednorodne pełne pokrycie skóry nakładającymi się impulsami laserowymi w celu jednorodnego odparowania naskórka lub skóry, co zwiększa pole możliwych zastosowań takiego lasera.

### **Możliwość stosowania lasera w jak najszerszym wachlarzu wskazań (uniwersalność)**

O uniwersalności medycznego lasera CO<sub>2</sub> w dużej mierze decydują parametry wiązki laserowej oraz jakość skanera. Bardzo ciekawym rozwiązaniem jest możliwość regulacji czasu trwania impulsów przy zachowaniu ich stałej energii. Impulsy krótkie mają

silne działanie ablacyjne, z małą komponentą termiczną, gdyż nie ma czasu na dyfuzję ciepła do otaczających tkanek. Powstałe kratery są głębokie i wąskie, z cienką strefą przegrzaną. Takie działanie jest doskonałe do usuwania np. blizn. Impulsy dłuższe (o tej samej energii) wytwarzają płytsze kratery, z szeroką strefą przegrzaną. Udział komponenty termicznej jest znacznie większy, o co chodzi np. przy fotoodmładzaniu skóry.

### Parametry kliniczne – m.in. głębokość i średnica kanału ablacji

Impuls laserowy wybija w skórze krater. Im jest on węższy i głębszy, tym silniejsza regeneracja skóry. Niestety, w większości przypadków zwiększenie głębokości ablacji pociąga za sobą zwiększenie średnicy krateru, co powoduje wydłużenie czasu gojenia. Tym samym idealny laser powinien umożliwić uzyskanie jak najgłębszego i jak najwęższego krateru ablacji.

Ponadto w niektórych przypadkach klinicznych wykorzystuje się na jednym polu zabiegowym zarówno głębokie, jak i płytkie kratery ablacji. Zaawansowany technicznie sprzęt laserowy powinien mieć możliwość takiego „kanapkowego” oddziaływania na tkankę. Co najważniejsze takie złożenie zabiegów wcale nie wydłuża czasu gojenia, a daje znakomity efekt kosmetyczny.

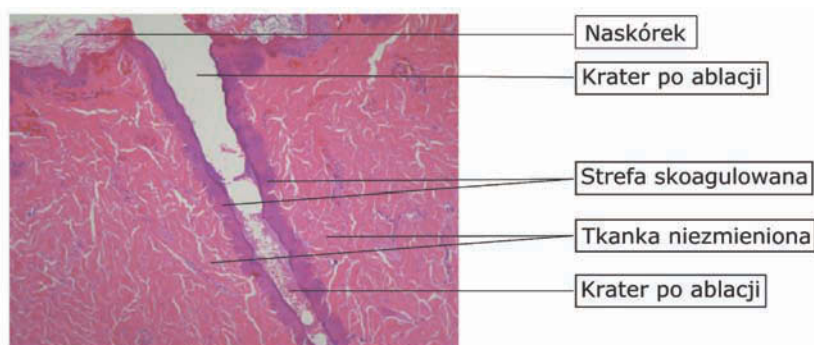
### Odpowiednio wysoka energia impulsu

Odpowiednio wysoka energia impulsu – najlepiej powyżej 200 mJ przekłada się na możliwość powstawania kraterów o dużej głębokości – nawet 3 mm, jak również na możliwość osiągnięcia dużej gęstości punktów ablacji – nawet do 400 punktów na cm<sup>2</sup>.

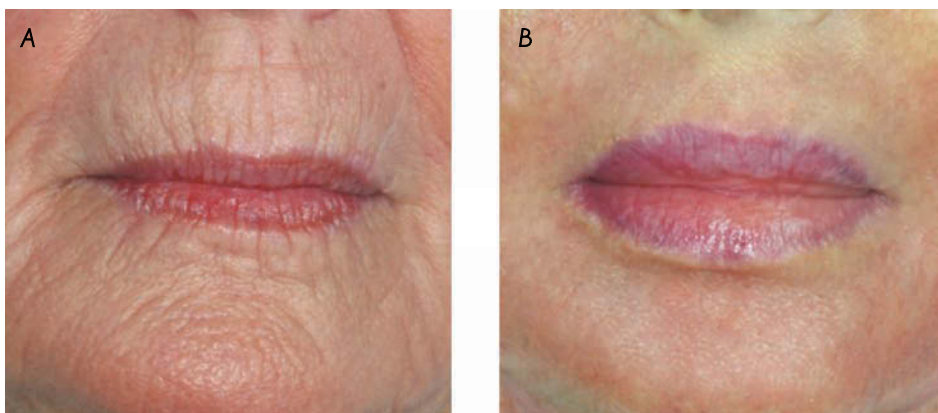
### Niezawodność i koszty eksploatacji – trwałość lasera oraz innych elementów eksploatacyjnych

Lasery CO<sub>2</sub> dzielimy na dwie podstawowe kategorie: taką, gdzie materiał czynny (gaz CO<sub>2</sub>) jest zamknięty w szklanej kapilarze, a akcja laserowa wzbudzana jest wyładowaniem prądu o bardzo wysokim napięciu oraz znacznie nowocześniejszą, gdzie dwutlenek węgla pozostaje w metalowym zbiorniku, a akcja laserowa wzbudzana jest polem radiowym (RF). To drugie rozwiązanie – gaz pobudzany polem radiowym – ma szereg zalet: jest bardziej niezawodne i trwalsze, laser jest chłodzony powietrzem, a nie wodą (brak możliwości pęknięcia szklanej rury czy zamrożenia wody w układzie chłodzenia). Co najważniejsze, znacznie lepsze są właściwości optyczne wiązki laserowej.

Innym czynnikiem warunkującym koszty eksploatacji jest wartość części zużywalnych.



Ryc. 2. Wąski i długi krater ablacji z minimalną strefą koagulacji.



**Ryc. 3.** Likwidacja zmarszczek i ujędrnienie skóry – efekt uzyskany po jednym zabiegu laserem eCO<sub>2</sub> prowadzonym metodą „kanapkową”, na dwóch warstwach skóry. A – przed zabiegiem, B – po zabiegu.

Producenci laserów medycznych pozazdrościli producentom drukarek komputerowych i coraz częściej wyposażają swoje aparaty w nakładki, końcówki lub karty magnetyczne, słowem – elementy zużywalne w trakcie zabiegów i płatne, które zapewniają stały dochód już po sprzedaży aparatu – proporcjonalny do intensywności jego eksploatacji. Efektem ubocznym jest oczywisty wzrost ceny zabiegu dla pacjentów. Optymalnym wyborem będzie laser, który nie ma żadnych elementów zużywalnych. Dzięki temu podstawowy koszt eksploatacji lasera to koszt czynszu zajętej powierzchni gabinetu, bo zużycie prądu (max. 600 W – 800 W) i tylko przez moment, gdy laser generuje serie impulsów, jest pomijalne z ekonomicznego punktu widzenia.

#### **Rekomendacje i certyfikaty**

Medyczne lasery CO<sub>2</sub> muszą spełniać szereg szczegółowych elektrycznych i konstrukcyjnych norm europejskich opracowanych specjalnie dla aparatów medycznych. Spełnienie tych norm jest potwierdzane indywidualnym certyfikatem (tzw. medyczne CE) wydawanym przez kilka wyznaczonych

laboratoriów w Europie. Jak dotąd Polska nie posiada laboratorium, które miałoby takie uprawnienia. Przed wprowadzeniem lasera medycznego na rynek Polski konieczne jest zarejestrowanie go w Urzędzie Rejestracji Wyrobów Medycznych RP, który sprawdza np. legalność dostarczonych dokumentów certyfikujących, ale i jakość instrukcji dla operatora lasera. Tym samym należy wybrać urządzenie, które ma taki certyfikat. Ponadto niektóre lasery posiadają dodatkowo certyfikat Amerykańskiej Agencji Żywności i Leków (ang. *Food and Drug Administration* – FDA), który dodatkowo uwiarygodnia jego skuteczność i bezpieczeństwo.

#### **Kompaktowe wymiary i masa urządzenia**

Jak wspomniano powyżej, głównym elementem lasera jest zbiornik zawierający materiał czynny – w tym przypadku mieszaninę super czystych gazów He, N i CO<sub>2</sub>. Poza zbiornikiem (popularnie nazywanym „rurą laserową”) głównymi podzespołami lasera są: zasilacz z układem sterowania i układ chłodzenia, tor prowadzenia wiązki i aplikatory. Zasilacz sieciowy dostarcza moc nie-

zbędną do pobudzenia ośrodka czynnego i utrzymania potęg generacji ciągłej lub impulsowej wiązki laserowej. Układ sterowania umożliwia nastawy odpowiedniego trybu pracy i regulację mocy wiązki laserowej. Tor prowadzenia wiązki prowadzi wiązkę od lasera do pola zabiegowego i zakończony jest aplikatorem, którym prowadzi się zabieg. W przypadku medycznych laserów CO<sub>2</sub> tor prowadzenia wiązki jest najczęściej pantografem, systemem połączonych 5-7 przegubami. W przegubach zamontowane są lustra odbijające wiązkę. Światłowody kwarcowe nie prowadzą już tak dalekiej podczerwieni, dlatego nie są wykorzystywane w laserach CO<sub>2</sub>. Bardzo rzadko stosuje się światłowody rurkowe, które są giętkie, jednak mało trwałe. Najprostszy aplikator (rączka) zawiera jedną soczewkę ogniskującą wiązkę laserową na powierzchni tkanki i ang. *spacer* – nóżkę wyznaczającą odległość najlepszego zogniskowania. Soczewka ogniskująca wykonana jest zazwyczaj z selenku cynku – szkło nie transmituje tej długości fali (10 600 nm). Bardziej złożone aplikatory zawierają 2 lub więcej socze-



Ryc. 4. Panel sterujący lasera eCO<sub>2</sub>.

wek i umożliwiają płynną zmianę średnicy plamki. W najbardziej zaawansowanych laserach CO<sub>2</sub> ręczne aplikatory są zastępowane przez elektroniczne skanery – systemy komputerowo sterowanych lusterek i soczewek, które automatycznie realizują zadany bieg wiązki laserowej po skórze czy śluzówce. Wszystkie te elementy powodują, że laser CO<sub>2</sub> może być urządzeniem mało mobilnym. Oczywiście mobilność (masa, wymiary) nie jest głównym czynnikiem sugerującym użyteczność lasera, to pomimo to należy zwrócić uwagę na te parametry. Ma to szczególne znaczenie w przypadku przewożenia lasera pomiędzy gabinetami, jak również samego komfortu pracy.

### Koszty

„Frakcyjne” lasery CO<sub>2</sub> oferowane są obecnie praktycznie przez każdego producenta laserów medycznych. Specjalista wybierający laser CO<sub>2</sub> ma dzisiaj do wyboru kilkadziesiąt ofert laserów tego typu w niewiarygodnym, jak na sprzęt laserowy, zakresie cen od 30 do ponad 300 tys. złotych. Co uzasadnia taką rozpiętość cen? Są trzy podstawowe czynniki wpływające na cenę: jakość lasera, jakość skanera (jeżeli jest oferowany) i niestety – kraj producenta. Z przyczyn całkowicie poza technicznych lasery produkowane w Stanach, Izraelu, Niemczech czy Francji będą zawsze droższe od laserów z Chin, choć większość tych laserów zawiera do 80% komponentów wyprodukowanych w Chinach (!). Najlepsze firmy chińskie produkują doskonałe lasery medyczne i techniczne, ale... sprzedają je pod marką amerykańską, francuską czy włoską. Niemniej jednak należy wziąć pod uwagę, że laser jest złożonym aparatem optycznym i ma służyć do zabiegów na wrażliwych estetycznie obszarach ciała. Tym samym musi być najwyższej jakości, aby efekty były powtarzalne, a zabiegi bezpieczne, to niestety wiąże się z proporcjonalnymi do jakości kosztami zakupu.