

HIFU - intymne ultradźwięki

OGNISKOWANIE PROMIENI SŁONECZNYCH SZKŁEM POWIĘKSZAJĄCYM I PODPALANIE W TEN SPOSÓB KARTKI PAPIERU JEST EKSPERYMENTEM, KTÓRY W DZIECIŃSTWIE WYKONYWAŁO WIELU Z NAS. Ta prosta zasada fizyczna znajduje zastosowanie również dla innych fal. Tak powstała technologia HIFU (High Intensity Focused Ultrasound – zogniskowane ultradźwięki o wysokim natężeniu). W HIFU zamiast promieni słonecznych dochodzi do zogniskowania fali ultradźwiękowej.



Technologia HIFU, polega na przeniesieniu energii w formie fali ultradźwiękowej przez różne środowiska tkankowe, wywołując w miejscu będącym celem terapii dwa efekty: termiczny polegający na wzroście temperatury oraz mechaniczny tzw. kawitacji, czyli wytworzenia gazu i jego ruchu w obszarze fali, który generuje siły ściskająco-rozprężające. Siły te tworzą pęcherzyki gazu, które zaczynają oscylować i uszkadzają błony komórkowe. Dzięki skupianiu energii destrukcja tkanki ma miejsce tylko w planowanym określonym

rejonie, a tkanki poza tym obszarem są oszczędzane. Znaczenie destrukcyjne dla tkanki ma także tworzenie wolnych rodników i wymuszanie apoptozy.

Do niedawna większość badań i zastosowań klinicznych HIFU koncentrowała się głównie na działaniu ablacyjnym na tkankę fali dźwiękowej o charakterze ciągłym (FUS – Focused Ultrasound Surgery), chociaż zakres możliwych zastosowań jest znacznie większy: wpływ na hemostazę, trombolizę i wiele innych.

autor:
Piotr Kolczewski

LITERATURA

1. White WM, Mankin IR, Slyton MH, et al. Selective transcutaneous delivery of energy to porcine soft tissues using intense ultrasound. *Lasers Surg Med* 2008; 40: 67-75
2. White WM, Mankin IR, Barthe PG, et al. Selective creation thermal injury zones in the superficial musculoaponeurotic system using intense ultrasound therapy: a new target for noninvasive facial rejuvenation. *Arch Facial Plast Surg* 2007;9:22-9
3. US Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research, Ulthera K) 725505 approval letter 2009
4. Christina Skovbølling Haak, Monika Illies, Uwe Paasch, Merete Haedersdal
5. Histological Evaluation of vertical laser channels from ablative fractional resurfacing: ex vivo pig skin model. *Lasers Med Sci* 2011 26: 465-471



Z PUNKTU WIDZENIA FIZYKI

Dźwięk definiowany jest jako zakłócenie energii mechanicznej, które rozprzestrzenia się w ośrodku sprężystym w formie fal. Fala dźwiękowa przenosi energię ze źródła do innego obszaru. Ultradźwięki są falą o częstotliwości niesłyszalnej dla ucha ludzkiego, przyjmują się, że jest to powyżej 20 000 Hz. Natężenie dźwięku (SI – sonic intensity) informuje, ile energii przenosi fala akustyczna. Natężenie to średnia wartości strumienia energii akustycznej przepływającego w czasie jednej sekundy przez pole o powierzchni 1 m². Ultradźwięki o wysokim natężeniu (HIFU) odpowiadają natężeniu dźwięku o mocy od 3 do 5 W/cm².

Ten typ ultradźwięków przenosi ilość energii zdolną do wywołania denaturacji białek, a w konsekwencji martwicy tkanki. Dla kontrastu ultradźwięki o niskim natężeniu (0,125 – 3 W/cm²) wywołują w tkance efekt cieplny o nieablacyjnym charakterze i są stosowane w fizykoterapii, gdzie przyspieszają regenerację tkanki łącznej i mięśniowej po urazie.

MECHANIZM DZIAŁANIA W TKANKACH

Przetwornik urządzenia wytwarza ściśle zdefiniowaną, zogniskowaną falę energii dźwiękowej skierowaną w określony punkt w tkance. Zaabsorbowana energia wywołuje międzycząsteczkowe vibracje, a w następstwie podniesienie temperatury (60 – 63 stopnie Celcjusza) wystarczającej do denaturacji kolagenu. W wyniku tego dochodzi do powstania stref uszkodzenia termicznego w ściśle określonym obszarze tkanki (TIZ – Thermal Injury Zone albo TCP – Thermal Coagulation Point)

Co ciekawe, nieskupione „fragmenty” fali dźwiękowej wytwarzają wokół punktu końcowego temperaturę niewystarczającą do denaturacji kolagenu, a tym samym ograniczają strefę termicznego uszkodzenia do szerokości 1 – 1,5 mm³. Modele matematyczne oraz badania na fantomach i zwłokach zgodnie przyznają, że wraz ze wzrostem energii dochodzi do pogłębienia penetracji w danym środowisku, przy jedynie minimalnej emisji obwodowej. Aż 95 proc. energii fali dźwiękowej dostarczana jest do zaplanowanego punktu (focal point).

W badaniach na skórze świńskiej wykazano, że w punkcie końcowym strefa uszkodzenia ma kształt litery V, a wraz ze wzrostem energii przybiera kształt cygara, co więcej, nawet przy energii dochodzącej do 8 J, nie dochodzi do termicznego uszkodzenia powierzchniowych warstw skóry.

Każdy wystrzał wytwarza 25 mm liniowy obszar TIZ (strefy uszkodzenia termicznego), a ilość TIZ wynosi od 17 do 25 na linię w odstępach 1,1 do 1,5 mm w zależności od przetwornika. Równoległe liniowe obszary TIZ układają się co około 3 mm, tworząc podobny do kratki obszar strefy TIZ z leżącą w jej oczkach tkanką nie poddaną działaniu fali dźwiękowej. Ten model uszkodzenia jest podobny do modelu pracy laserów frakcyjnych. Podobnie jak lasery wywołuje w tkance nienaruszonej (oczkach kratki) pobudzenie fibroblastów, neokolagenogenezę oraz neolastogenezę. Końcowym efektem klinicznym jest zwiększenie napięcia skóry i jej pogrubienie. W porównaniu jednak do lasera, poziom neokolagenogenezy i neolastogenezy jest większy, a końcowy punkt ogniskowania fali ultradźwiękowej wynosi nawet do 4,5 mm. W przypadku lasera są to 2 mm.

W porównawczych badaniach histologicznych wycinków pobranych ze skóry policzka przed i po ekspozycji na HIFU wykazano zwiększenie o 23,7% ilości kolagenu, bardziej regularny układ włókien elastycznych (prostsze i bardziej równoległe) oraz pogrubienie skóry.

KLINICZNE ZASTOSOWANIA HIFU

Pierwsze doniesienia o zastosowaniu technologii frakcyjnej HIFU w medycynie estetycznej pojawiły się w 2008 roku (White i wsp.), a technologia ta w 2009 została zaaprobowana przez FDA w celu podnoszenia opadającego łuku brwiowego. Zachęciło to producentów do dalszego rozwoju technologii i jej aplikacji w innych obszarach ciała. Obecnie technologia frakcyjna HIFU stosowana jest do odmładzania twarzy, konturowania ciała i liftingu pochwy, chociaż procedury te nie mają oficjalnych medycznych rejestracji i stosowane są off the label.

Ekstrapolując wyniki badań i efektów klinicznych technologii HIFU z dermatologii i medycyny estetycznej do ginekologii plastycznej można spodziewać się efektów lepszych niż przy laserach, szczególnie, jeżeli porównamy głębokość penetracji (laser CO₂ do 2 mm, a technologia HIFU do 4,5 mm).

Wydaje się, że stoimy przed kolejnym etapem w ginekologii plastycznej. Konieczne są dalsze badania, szczególnie w zakresie ginekologii i szczegółowego działania HIFU w Zespole Luźnej Pochwy i wysiłkowym nietrzymaniu moczu. W dostępnej bazie danych Pubmedu brak opracowań dotyczących tych zagadnień. W Polsce jest kilka urządzeń tego typu. W ginekologii technologia ta jest nowością i stosowana jest off the label, podobnie zresztą jak lasery.

KAWITACJA

– zjawisko fizyczne polegające na gwałtownej przemianie fazowej z fazy ciekłej w fazę gazową pod wpływem zmniejszenia ciśnienia, wykorzystywane m.in. w myjkach ultradźwiękowych.



DR N. MED. PIOTR KOLCZEWSKI

Asystent Kliniki Ginekologii Operacyjnej i Onkologicznej Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego, wiceprezes Polskiego Towarzystwa Ginekologii Plastycznej, współpracownik firmy Medifem. W latach 2010-2013 był ordynatorem oddziału Ginekologii i Położnictwa 109. Szpitala Wojskowego w Szczecinie. Od ponad 20 lat zajmuje się leczeniem operacyjnym w zakresie szeroko pojętej ginekologii operacyjnej, głównie z zakresu chirurgii rekonstrukcyjnej dna miednicy, uroginekologii, ginekologii onkologicznej i ginekologii plastycznej. Jest członkiem międzynarodowych towarzystw naukowych tematycznie związanych z operacjami rekonstrukcyjnymi i plastycznymi w ginekologii i uroginekologii (International Urogynecological Association, International Continence Society).