

MATERIAŁY POMOCNICZE DO WYKŁADU Z PODSTAW ZASTOSOWAŃ ULTRADŹWIĘKÓW W MEDYCYNIE

(wyłącznie do celów dydaktycznych – zakaz rozpowszechniania)

**9. Zastosowania czynne ultradźwięków w medycynie:
Nóż chirurgiczny. Hipertermia. HIFU. Litotrypsja.
Zastosowania w stomatologii i inne.**

S2. Ultradźwiękowy nóż chirurgiczny: podstawy

Chirurgiczne noże ultradźwiękowe (cavitation ultrasonic surgical aspirators - CUSA)

Procesy fizyczne w tkankach podczas operacji nożem ultradźwiękowym:

- fragmentacja,
- kawitacja.

Podstawowe zastosowania:

- do cięcia i dezintegracji tkanek mięsnych silnie ukrwionych,
- do usuwania guzów nowotworowych.

Parametry:

- częstotliwość: 20 – 40 kHz;
- amplituda drgań: około 10 – 100 μm (proporcjonalna do natężenia prądu);
- pobór mocy: 100 W;
- stabilizacja amplitudy: efekt cięcia niezmienny przy płytszym i głębszym zatopieniu noża oraz zwiększenie żywotności tytanowych końcówek tnących;

S3. Ultradźwiękowy nóż chirurgiczny: zalety i wady

Zalety stosowania noża ultradźwiękowego:

- minimalne krwawienie;
- mały nacisk na ciętą tkankę;
- łatwość odsłaniania i zachowania grubszych naczyń krwionośnych i nerwów w obszarze cięcia;
- usuwanie guzów nowotworowych w okolicach mózgu bez uszkodzenia sieci nerwów i większych naczyń krwionośnych;
- znacząca eliminacja szwów i podwiązek naczyń krwionośnych;
- zmniejsza zakres termicznych oddziaływań w operowanej tkance;
- jest alternatywą dla cięcia laserem i diatermii elektrycznej: likwiduje niebezpieczeństwo porażenia prądem, zmniejsza ilość dymu podczas operacji i ilość uwalnianych substancji (potencjalnie toksycznych);

Wady stosowania noża ultradźwiękowego:

S4. Ultradźwiękowy nóż chirurgiczny: budowa

śruba ściskająca, masa obciążająca, płytki piezoceramiczne, masa promieniująca + transformator amplitudy drgań, tytanowa końcówka tnąca

S5. Ultradźwiękowy nóż chirurgiczny: tkanka miękka

Macro instrument 94-101 (chirurgia wątroby)

Długość [mm]	40
Średnica zewn. końcówki [mm]	3.3
Średnica wewn. końcówki [mm]	2.2
Nawadnianie	Zewn.
Zasysanie	Środek
Waga [g]	182
Częstotliwość [kHz]	25

S6-7. Ultradźwiękowy nóż chirurgiczny: neurochirurgia

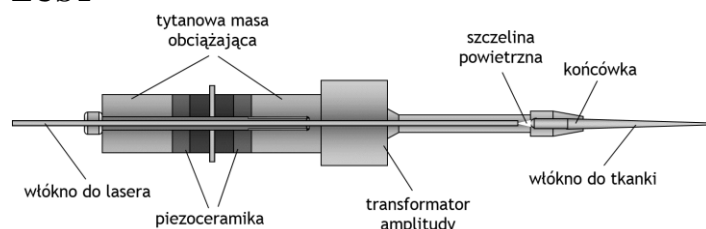
Micro instrument 92-020 (neurochirurgia)

Długość [mm]	35
Średnica zewn. końcówki [mm]	2.0
Średnica wewn. końcówki [mm]	1.4
Nawadnianie	Zewn.
Zasysanie	Środek
Waga [g]	81
Częstotliwość [kHz]	35

S8. Ultradźwiękowy nóż chirurgiczny: kości

S9. Ultradźwiękowo-laserowy nóż chirurgiczny

LUST



Parametry: częstotliwość pracy: 24 kHz, amplituda drgań końcówki: 140 μm , laser neodymowy: Nd-YAG, $\lambda = 1064 \text{ nm}$, włókno optyczne: krzemionka – krzemionka - akryl o długości 133.5 cm i średnicach 600/680/1000 μm .

S10-11. Ultradźwiękowy nóż chirurgiczny: cechy

- Głębokość koagulacji skalpela w funkcji czasu przebiega liniowo, tzn że w tym samym czasie głębokość ta przyrasta o tę samą wartość (0.5 mm na sekundę).
- Po 10 sekundach aktywacji nóż osiąga głębokość koagulacji 5 mm podczas gdy w klasycznej elektrokoagulacji ten sam efekt można osiągnąć po 4 sekundach. Sprawia to, że operując takim nożem można uzyskać większą precyzję cięcia od elektrokoagulacji.
- Nożem ultradźwiękowym można operować w pobliżu klipsów i zszywek oraz operować chorych z wszczepionym rozrusznikiem, ponieważ nie ma tu przepływu prądu przez ciało operowanego.
- przy fragmentacji chorej tkanki struktury włókniste pozostają nienaruszone (naczynia krwionośne, włókna nerwowe itp.);
- jaśniejsze pole widzenia w trakcie operacji, brak przypadkowych zranień, skrócony czas operacji;
- naczynia o średnicy powyżej 1 mm pozostają nienaruszone, zmniejszenie krwotoków;
- szybkie, dokładne i łatwe usuwanie patologicznych tkanek, szybsze gojenie ran;
- możliwości wyboru kształtu końcówek w zależności od chirurgicznych potrzeb, specjalne końcówki dla mikrochirurgii;
- nóż ultradźwiękowy bezpiecznie usuwa tkanki guza, których resekcja sposobem tradycyjnym jest zabiegiem niebezpiecznym dla sąsiednich tkanek

S13. Hipertermia ultradźwiękowa

Zastosowanie: niszczenie guzów a zwłaszcza nowotworów złośliwych.

S14-15. HIFU

HIFU (*High Intensity Focused Ultrasound*) - nowoczesna **nieinwazyjna chirurgiczna metoda** wykorzystująca **zogniskowaną wiązkę ultradźwiękową** do całkowitego **zniszczenia** i ablacji guza poprzez **działanie termiczne** w zadanym obszarze.

Temperatura tkanki zależy od warunków ekspozycji: natężenia fali ultradźwiękowej, częstotliwości fali, kształtu, rozmiarów i typu przetwornika, czasu nadźwiękawiania, właściwości absorpcyjnych i geometrycznych tkanki poddanej nadźwiękawianiu, odbicia i refrakcji fali ultradźwiękowej.

Zastosowanie:

S17. Litotrypsja ultradźwiękowa: kamienie ustrojowe

Rozbijanie kamieni ustrojowych

Kamień nerkowy:

$c = 2600 - 3800 \text{ m/s}$

$Z_a = 4.68 - 11.4 \text{ MRayl } (10^6 \text{ Pa}\cdot\text{s/m})$

Kamień żółciowy:

$c = 1897 \text{ m/s}$

$Z_a = 1.56 \text{ MRayl } (10^6 \text{ Pa}\cdot\text{s/m})$

$\alpha_{2.5\text{MHz}} = 10.2 \text{ dB/cm}$

$E = 2.62 \text{ g/(cm}\cdot\text{s)}$

S18-19. Litotrypsja ultradźwiękowa: fizyczne podstawy dezintegracji

- wytwarzanie wysokich ciśnień (do 100 MPa) na kamieniu nerkowym – kruszenie
- fala uderzeniowa
- duża amplituda
- krótki czas trwania

Właściwości fal uderzeniowych:

- przenikają bezpośrednio przez tkankę;
- mogą być ogniskowane za pomocą reflektorów lub soczewek akustycznych na małych powierzchniach;
- powodują krótkie mechaniczne naprężenia w kruchych materiałach (dla których przekroczona zostaje granica wytrzymałości);
- nie powodują uszkodzeń w tkankach miękkich.

Kruszenie spowodowane jest kilkoma zjawiskami (pojawiającymi się pojedynczo lub równocześnie):

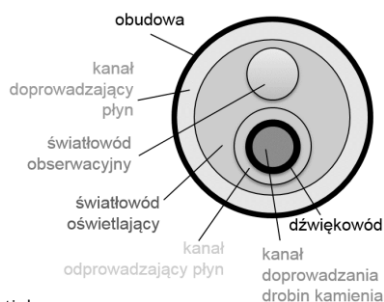
- amplituda ciśnienia fali może przewyższać opór ciśnieniowy kamienia (jest on wtedy niszczone od czoła);
- fala rozciągająca – pojawia się na tylnej stronie kamienia wskutek odbicia i prowadzi kruszenia kamienia (wskutek małej wytrzymałości na rozciąganie);
- udział zjawisk kawitacyjnych (ujemna składowa impulsu kamienia → pęcherzyki w szczelinach → erozja (10 MPa);
- skok temperatury (z pochłaniania energii akustycznej) nie ma znaczącego wpływu $\Delta t_{max} = 1.8 \text{ }^\circ\text{C}$.

S20. Litotrypsja ultradźwiękowa: rodzaje

- ureterorenoskopia URS (*UreterorEnoScopy*),
- nefrolitotrypsja przezskórna PCNL (*PerCutaneous NephroLithotripsy*),
- litotrypsja falami uderzeniowymi generowanymi pozaustrojowo ESWL (*Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy*).

S21-22. Litotrypsja ultradźwiękowa URS (ureterorenoskopia)

Leczenie URS polega na usuwaniu kamieni z moczowodu pod kontrolą wzroku, za pomocą ureterorenoskopu.



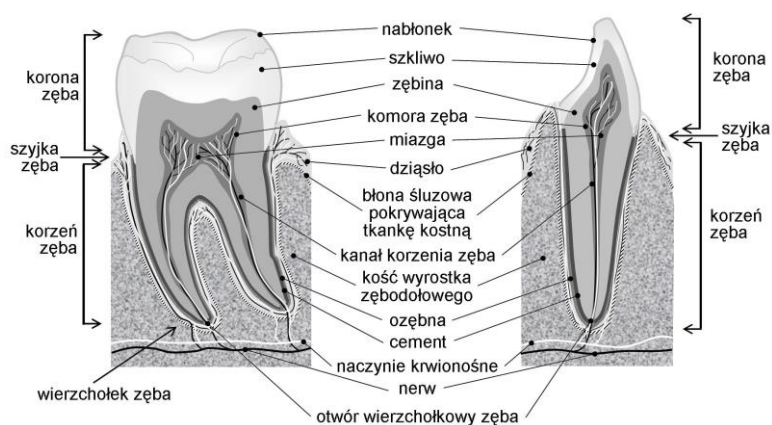
S23. Litotrypsja ultradźwiękowa PCNL (nefrolitotrypsja przezskórna)

PCNL - metoda endoskopowego leczenia kamicy nerek. Metodą PCNL można usunąć kamienie znajdujące się w układzie kielichowo-miedniczkowym nerki, połączeniu miedniczkowo-moczowodowym lub w górnym odcinku moczowodu.

S24-28. Litotrypsja ultradźwiękowa ESWL

ESWL – litotrypsja falami uderzeniowymi generowanymi pozaustrojowo

S29-30. Zastosowania czynne ultradźwięków w stomatologii: budowa zęba



Tkanka	ρ [kg/m ³]	c [m/s]	Z [kg/(m ² ·s)] · 10 ⁶	α [dB/mm]
szkliwo	2890 ÷ 3000	4500	13 ÷ 13.5	12
zębina	2050 ÷ 2350	4000	8.2 ÷ 9.4	8
cement	2020 ÷ 2040	3200	6.5	20
miazga	1000	1500	1.5	2

S31. Zastosowania czynne ultradźwięków w stomatologii: rodzaje

Profilaktyka: scaling, oczyszczanie powierzchni naddziąsłowych i poddziąsłowych, usuwanie silnie przytwierdzonego osadu i kamienia.

Periodontologia: usuwanie złogów poddziąsłowych, polerowanie korzeni, płukanie i oczyszczanie głębokich kieszonek.

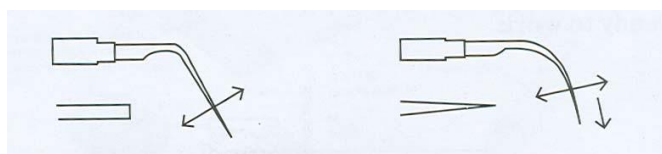
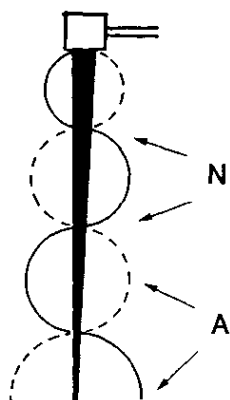
Stomatologia zachowawcza: opracowywanie ubytków na powierzchniach stycznych, kondensacja amalgamatu, zbijanie koron i mostów, termiczna kondensacja gutaperki, wykańczanie wypełnień poprzez utwardzanie krawędzi, osadzanie wypełnień.

Endodoncja: poszerzanie i dezynfekcja kanałów korzeniowych, wsteczne opracowanie kanałów podczas resekcji korzeni, kondensacja amalgamatu, zbijanie koron i mostów, termiczna kondensacja gutaperki.

Chirurgia stomatologiczna: wypełnianie trudnodostępnych kanałów trzonowców i przedtrzonowców, zabieg resekcji górnych siekaczy i kłów.

Protetyka: cementowanie koron i wkładów koronowo – korzeniowych, zdejmowanie koron i usuwanie wkładów koronowo – korzeniowych.

S32. Usuwanie kamienia nazębnego: skaling



S33. Usuwanie kamienia nazębnego, złogów poddziąsłowych, endodoncja, protetyka

S34-35. Wpływanie ultradźwiękami na procesy biologiczne

Regulowanie ekspresji genu - proces, w którym informacja genetyczna zawarta w genie zostaje odczytana i przepisana na jego produkty, które są białkami lub różnymi formami RNA.

Sonotransfekcja genów - proces wprowadzenia obcego DNA lub RNA do komórki.

Liza komórek – samozniszczenie poprzez uwalnianie enzymów z lizosomów.

Agregacja płytek krwi i niszczenie erytrocytów.

Ultradźwiękowe mutacje genów.

Pobudzanie wzrostu bakterii (małe natężenia) oraz ich **niszczenie i zmniejszenie jadowitości** (duże natężenia).