



Ultrazvuková terapie

Doc.RNDr. Roman Kubínek, CSc.

Předmět: Lékařská přístrojová technika



Fyziologické účinky výkonového ultrazvuku

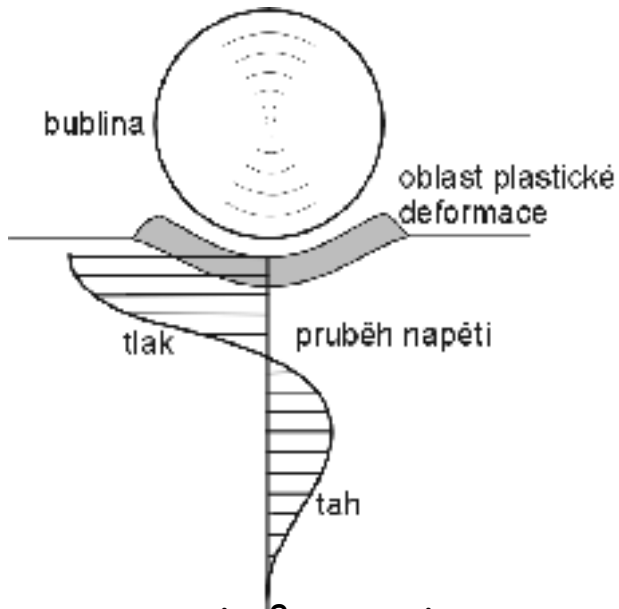
Ultrazvukové interakce: pohlcená uzv energie vyvolá v biologických systémech změny - využití v uzv. terapii a chirurgii

Dělení biologických účinků z hlediska mechanismu působení uzv:

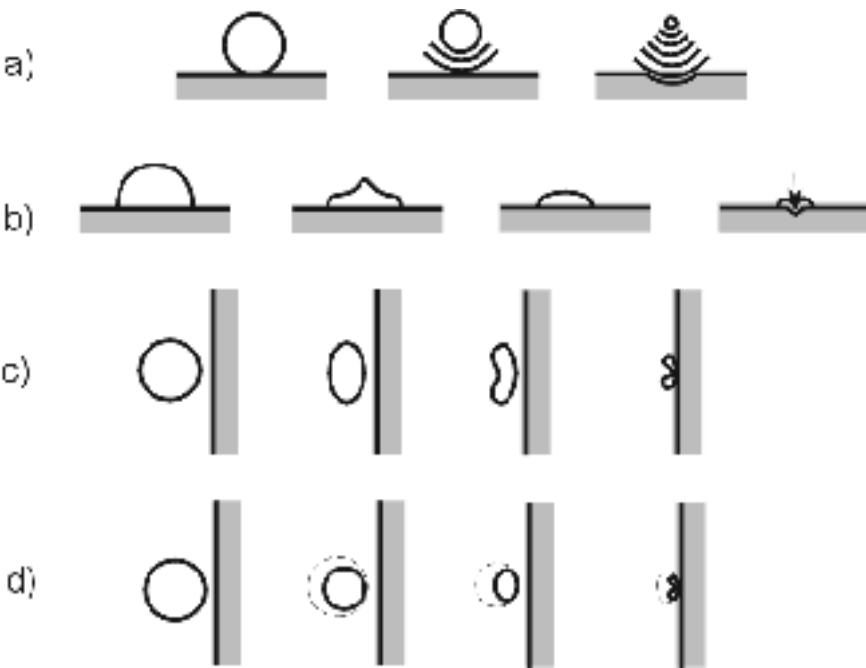
4. Kavitační účinky
5. Tepelné účinky
6. Mechanické, chemické apod.



Kavitace



Destruktivní působení kavitace



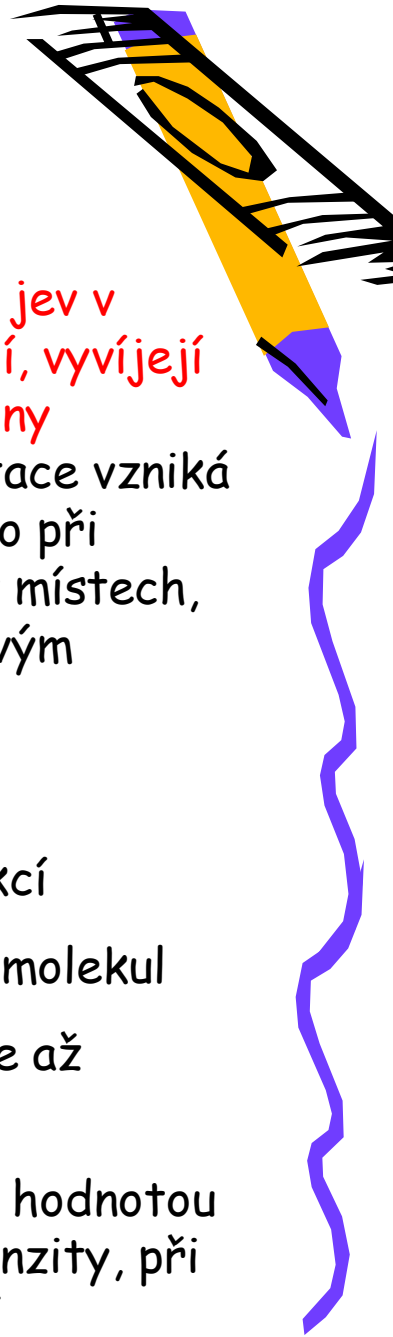
Kavitací se rozumí fyzikální jev v kapalině, při kterém vznikají, vyvíjejí se a zanikají kavitáční bubliny (průměr řádově v μm). Kavitace vzniká v proudících kapalinách nebo při pohlcení uzv vln v kapalině v místech, kde dochází k náhlým tlakovým změnám.

Kavitace působí na

- Urychlení chemických reakcí
- Změny vlastností biomakromolekul

Kavitací může dojít k poruše až zániku buněk (chirurgie)

Kavitační práh je definován hodnotou akustického tlaku nebo intenzity, při kterých dochází ke kavitaci



Tepelné účinky ultrazvuku



Zvýšení lokální teploty ve tkáni - důsledek absorpce uzv energie.

Ke vzniku teplotního rozdílu dochází na rozhraní různých akustických impedancí tkání (využití analgetického účinku uzv. ve fyzioterapii)

Absorpce uzv ve tkáních je závislá na:

4. frekvenci,
5. kinetické viskozitě a
6. termoregulačním mechanismu kůže (zajišťuje převod tepla do ostatních tkání těla)

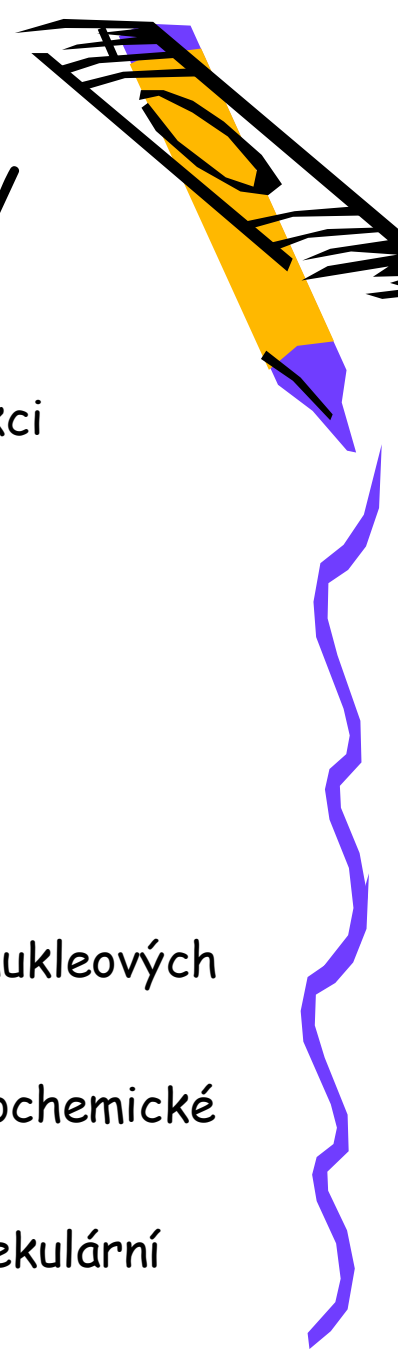


Mechanické a chemické účinky ultrazvuku

1. Primární mechanické účinky - „mikromasáž“ ovlivňuje funkci permeabilních membrán (zvýšení propustnosti)
2. Dochází k urychlení difúzních procesů mezi buňkami a tkáněmi, prokrvení tkáně a látkové výměny.
3. Při vyšších intenzitách (uzv.chirurgie) dojde k nevratným změnám-poškození buněk (erytrocyty -hemolýza)

Biochemické hledisko:

2. Dochází ke změně specifické aktivity enzymů, nukleových kyselin, protilátek, imunokomplexů.
3. Mění se vazby na prostředí, disociační a elektrochemické vlastnosti (stimulace a inhibice tkání)
4. Reakce oxidoredukční, polymerizační, intramolekulární přestavba



Rizika ultrazvukových aplikací

Základní kritérium posuzování rizika-velikost intenzity ultrazvuku

Podle WHO z r.1976:

Při diagnostických postupech ultrazvuku v rozsahu 1-20 MHz: práh 1 kW/m^2 (100 mW/cm^2) při expozičních časech 1-500 s.

Dávka by tak měla být nižší než 10^5 J/m^2 .

Aplikovaná intenzita nemá překročit 30 kW/m^2 při maximální expoziční době 15 minut.



Ultrazvuková chirurgie

V chirurgických aplikacích se využívá především kavitačních a tepelných jevů ultrazvuku

Užitá intenzita uzv: $I = 10 \text{ W/cm}^2$ v ohnisku až $I = 20 \text{ kW/cm}^2$

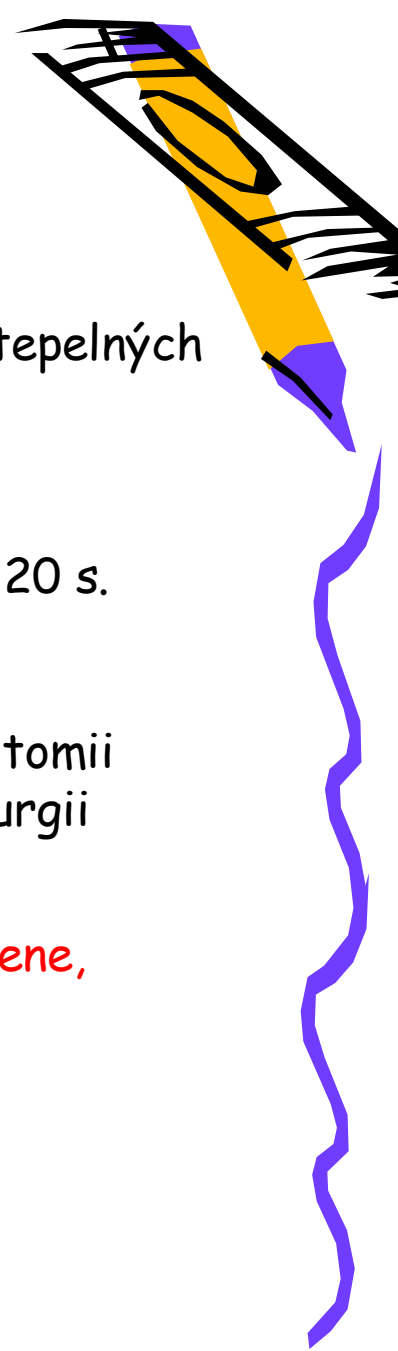
Doba aplikace se liší podle druhu chirurgického výkonu od 1 do 20 s.

Pracovní frekvence: 20-40 kHz a 1-7 MHz

Užití: v počátcích rozvoje uzv aplikací v neurochirurgii při lobotomii (dnes nahrazeno Leksellovým gama nožem), ve vestibulární chirurgii (rovněž nové postupy)

Těžiště zůstává při výkonech na oku, odstraňování zubního kamene, osteosyntéze, drcení ledvinových konkrementů.

Novou oblastí je uzv hypertermie.



Uzv chirurgie oka

Řezná schopnost chirurgických nástrojů se zvýší vybuzením břitů uzv. Kmitočty (rovné okraje rány, minimální traumatizace okolní tkáně, srůstání s minimálním zjizvením)

Operační výkony:

- fragmentace (rozmělnění, roztržení) a aspirace (odsátí) oční čočky před následnou implantací umělé čočky - tzv. **lensektomie**
- odstranění povrchových vrstev rohovky a výkony při extrakci katarakty (šedý zákal)
- řezy při plastických operacích očních víček a skléry (bělima-vnější obal oka)

Parametry: pracovní frekvence 40 kHz, intenzita 12 W/cm², doba aplikace 2-20 s.

Nástroje: duté jehly nebo břity zabudované do čela uzv. Vlnovodu

Dříve i bodování odchlípené sítnice (dnes laser) 3-7 MHz, I= 250 W/cm²



Odstraňování zubního kamene

Princip: uzv kmity nástroje po němž stéká voda (v ní dochází ke kavitaci)

Pracovní frekvence: 24-42 kHz.

$I = \text{více než } 10 \text{ W/cm}^2$,

Uzv vlnovod i vlastní nástroj je z titanu.

Buzení uzv měničů vyžaduje napětí 400-500 V





Uzv osteosyntéza

K operačnímu spojení úlomků kosti (vřetení, holenní)

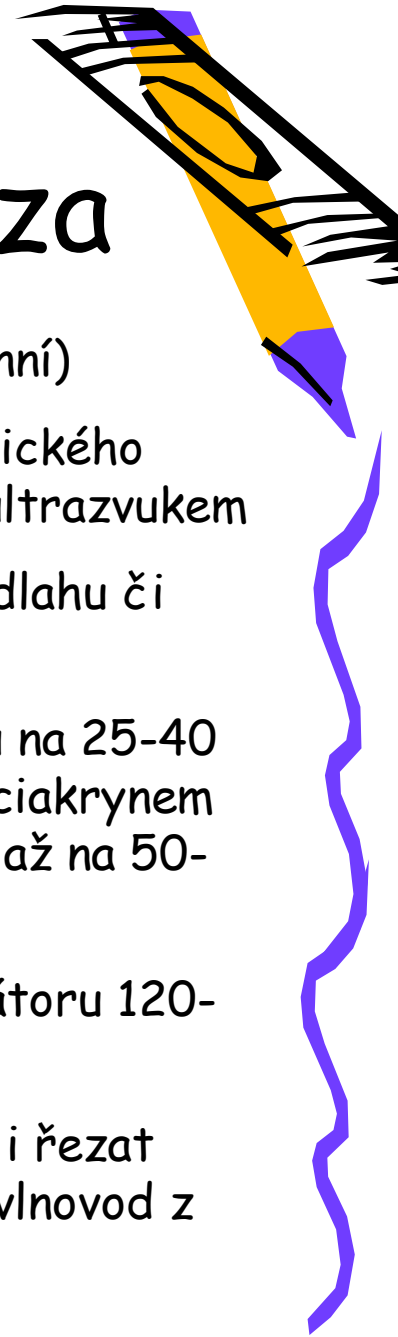
Princip: zrychlené vytvrzování speciálního syntetického pojidla - lepidla ciakrynu (etyl-alfaciakrynalát) ultrazvukem

Tekutý syntetický monomer se nanese na kostní dlahu či drť, vytvaruje se a vytvrdí.

Ultrazvuk zkrátí polymerizační proces ze 20 dnů na 25-40 sekund. Působením uzv. kostní kolagen reaguje s ciakrynem a fyzikálně-chemickými procesy se zvýší teplota až na 50-70 °C.

Pracovní frekvence: od 20-50 kHz. Výkon generátoru 120-250 W.

Ultrazvukový skalpel - kosti je možné při výkonu i řezat (nástroj tvaru pilky, amplituda kmitů 40-60 μm, vlnovod z titanu. Tlak na nástroj 5N



Uzv drcení konkrementů

PEK - perkutánní extrakce konkrementů - ultrazvuková dezintegrace ledvinových kamenů

Provádí se ve spojení s ESWL (drcení rázovou vlnou)

Postup:

Konkrement se zaměří rtg nebo uzv systémem.

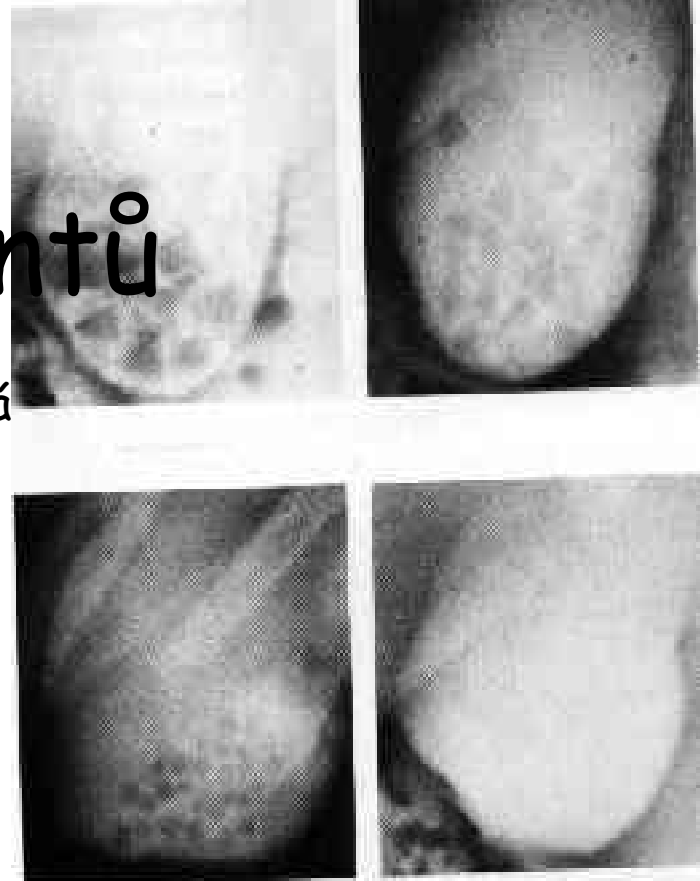
Následuje zavedení nefroskopu se sonotrodou.

Pracovní frekvence 23-28 kHz,

Budící výkon 50-100 W (průměr Ti vlnovodu 1,9-4 mm, okraj hladký nebo korunka)

Amplituda kmitů 20-70 μm

Drcení probíhá v přímém kontaktu sonotrody s konkrementem



Uzv hypertermie

Terapie tumorů, podobně jako mikrovlnná hypertermie je alternativou radioterapie.

Průměrná teplota v nádorové tkáni musí být 41-43 °C po dobu 20 min.

Podmínka: fokusace uzv svazků do ložiska tumoru bez poškození okolní tkáně.

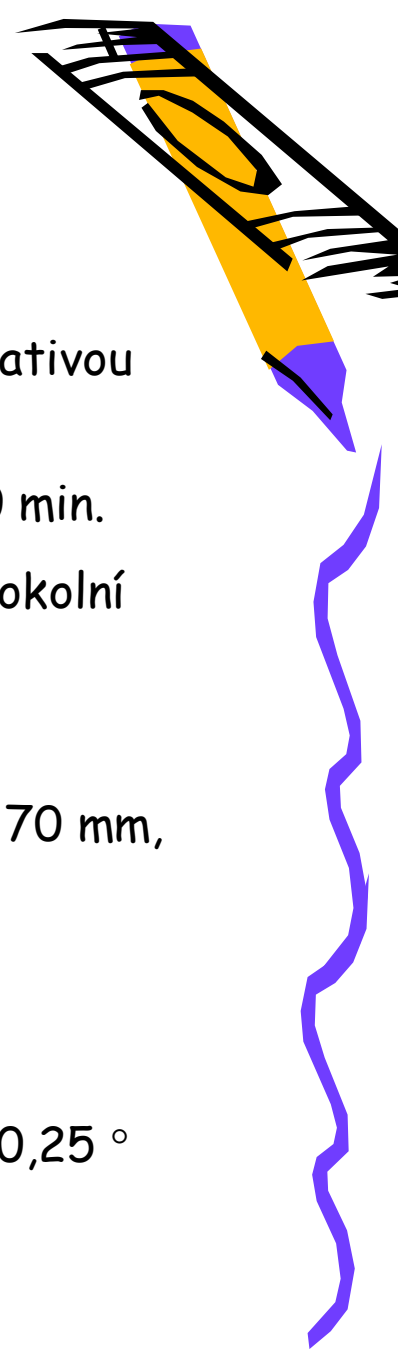
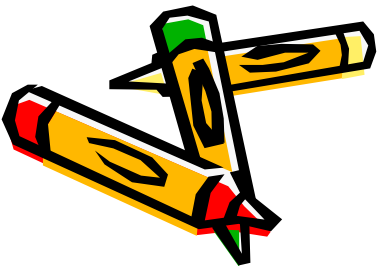
Zařízení:

6 fokusovaných měničů (fixovaných v rameni portálu) o průměru 70 mm, pracující na $f=1$ MHz,

Každý je buzen generátorem o $P=80$ W

ovládání s 5ti stupni volnosti (x,y,z, rotace a náklon), krokovými motorky, přesnost ± 1 mm, $\pm 0,25$ °

Kontrola teploty pomocí termočlánků ($\pm 0,1$ °C)



Další aplikace uzv

V kardiovaskulární chirurgii - odstraňování aterosklerotických plátů ($f=20-35$ kHz, Ti vlnovod zakončený kuličkou o $d = 2\text{mm}$).

V urologii - terapie nádorů prostaty

V gynekologii - zákroky na vaječnících ($f=23$ kHz)

V chirurgii plic a jater - resekce jaterního nebo plicního parenchymu s nádorem nebo metastázami.

V plastické chirurgii - odstraňování tukové tkáně (vytlačování mechanicky ne odsávání)

