



VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra měřicí a řídicí techniky



# Ultrazvuková terapie

Ing. Marek Penhaker, Ph.D.

## Lékařské terapeutické přístroje

# Všeobecný úvod



Moderní lékařství je spojeno s usilovným hledáním nových terapeutických metod. Jedním z největších úspěchů technických a lékařských výzkumů v této oblasti je aplikace ultrazvuku (dále jen UZV). Tyto metody vynikají **vysokou neinvazivností**. Hovoříme-li o neinvazivnosti, musí být jednoznačně prokázáno, že energie, která je absorbována tkání, nepůsobí poškození tkáně, které by ohrožovalo existenci samotného organismu. Pokusy na zvířatech neprokázaly žádné škodlivé účinky ultrazvuku ani při dlouhodobé expozici v průběhu gravidity.

Vlastní rozvoj UZV techniky není zdaleka ukončen. Poslední léta byla charakterizována uplatňováním nových technologií při výrobě UZV sond a rozvojem nových terapeutických metod.

## Lékařské terapeutické přístroje

# Fyzikální základy ultrazvuku



- Ultrazvuk je mechanické vlnění pevného, kapalného a pevného prostředí.
- Rozsah kmitočtů 16 kHz až 1 Ghz.
- Kmitočty vyšší než 1 GHz nazýváme Hyperzvuk a nižší než 16 kHz infrazvuk.
- Rozkmitáním částic prostředí se vlivem pružných sil postupně rozkmitají částice sousední.
- Při kmitání prostředí nastává zhušťování a zředování prostředí .
- Vznik postupného vlnění, které se šíří všemi směry.
- Čelo UZV vlny se šíří po rovinných a kulových vlnoplochách.
- Vybuzení UZV vlny v prostředí je spojeno se změnou jeho tlaku, hustoty, rychlosti částic a teploty.

## Lékařské terapeutické přístroje

# Základní veličiny ultrazvukového pole



Základní rozdíl mezi ultrazvukovým signálem a elektromagnetickou formou signálu spočívá v tom, že UZV signál je přímo vázán s prostředím.

**1. Rychlost šíření** podélných UZV vln v homogenním prostředí.

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad [m \cdot s^{-1}]$$

**2. Vlnová délka**

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad [m; m \cdot s^{-1}; Hz]$$

**3. Akustický výkon** - k vybuzení kmitů částic prostředí, které tvoří UZV vlnu je třeba dodat energii, resp. Za jednotku času výkon.

## Lékařské terapeutické přístroje

**4. Intenzita ultrazvuku** – střední hodnota energie, která projde za jednotku času jednotkovou plochou orientovanou kolmo na směr šíření vlnění.



$$I = \frac{1}{2} \cdot \frac{p^2}{c} \quad [W \cdot m^{-2}]$$

**5. Akustická impedance** – vlnový odpor

$$Z = \rho \cdot c \quad [Pa \cdot s \cdot m^{-1} \text{ nebo } \Omega a]$$

**6. Akustický tlak** – při postupu UZV vlny prostředím je vyvozován akustický tlak  $p$ , který je s akustickou rychlostí  $v$  a intenzitou  $I$  vázán vztahy.

$$p = Z \cdot v \quad [Pa] \quad I = \frac{p^2}{Z}$$

**7. Hladina intenzity** – pro srovnávání intenzit dvou (např. generovaná a odražená) je vhodné vzhledem k velkému rozsahu provést kompresi pro vyšší hodnoty. Používá se nelineární převod na poměrné hodnoty (decibelové vyjádření).

$$B = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

**Lékařské terapeutické přístroje**

# Zdroje UZV vlnění



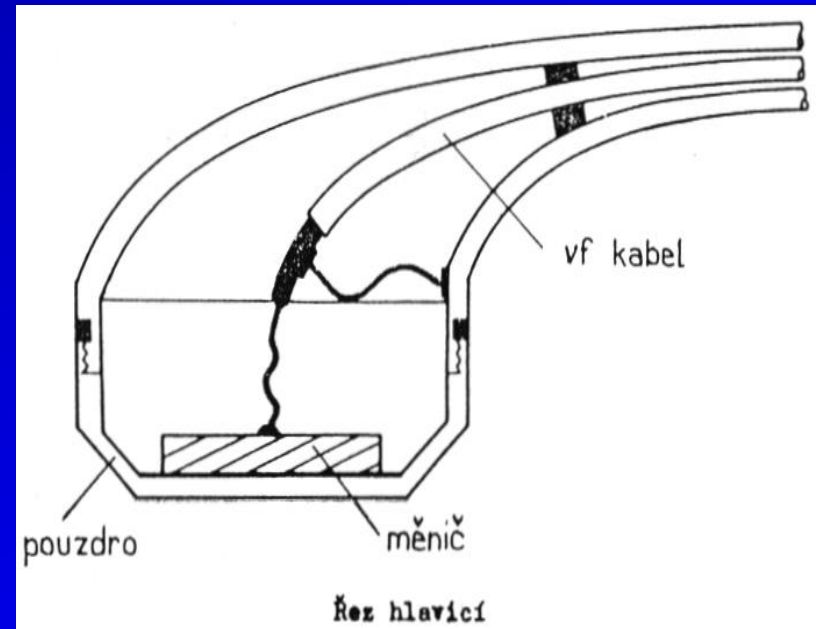
Zdrojem UZV vlnění je ultrazvukový měnič, umístěný v diagnostické sondě. Měniče dělíme na magnetostrikční a piezoelektrické.

- **Magnetostrikční měniče**

- čisté kovy : Ni, Co
- slitiny : Fe, Ni, Co, Al
- ferity

- **Piezoelektrické měniče**

- krystalické :  $\text{SiO}_2$ , keramické
- polovodičové: CdS, ZnO
- polymerové



Lékařské terapeutické přístroje

# Biologické účinky ultrazvuku



Vzájemné působení Ultrazvuku a biologických soustav může být:

**1. Aktivní** - ultrazvuková energie pohlcená biologickým systémem vyvolá jeho změny, označované jako **BIOLOGICKÉ ÚČINKY ULTRAZVUKU**  
( oblast využití těchto účinků je v UZV terapii a chirurgii )

**2. Pasivní** - intenzita UZV energie nízkých hodnot, která nemůže vyvolat aktivní biologické účinky. UZV vlna po průchodu biologickým systémem však nese informaci o jeho akustických vlastnostech, proto je tento typ vzájemného působení využívá v **UZV DIAGNOSTICE**.

## Lékařské terapeutické přístroje

# Parametry biologických tkání



Základní parametry charakterizující každé prostředí jsou:

**1.Rychlost šíření** - živá tkáň se s hlediska šíření UZV vlnění jeví jako nehomogenní, vrstvené prostředí. Vliv těchto nehomogenit je závislý na jejich vlnových odporech a rozměrech ve vztahu k vlnové délce UZV. Na rozhraní jednotlivých tkání se uplatňuje odraz, lom popř.rozptyl. Rychlost šíření je taky závislé na prokrvení tkání, strukturou a jejím složením ( od 1450 až do 1650 m/s ).

**2.Vlnový odpor ( impedance )** - jedná se o odpor, který klade prostředí UZV vlnění.

**3.Útlum UZV** - aby bylo možné hodnoty UZV vlnění naměřené především impulsovými metodami porovnávat, byl zaveden činitel útlumu vztažený na frekvenci 1 MHz a 1 cm tloušťky vzorku. Biologické materiály mají přibližně lin. závislost útlumu na kmitočtu v rozsahu 250 kHz až 4 MHz.

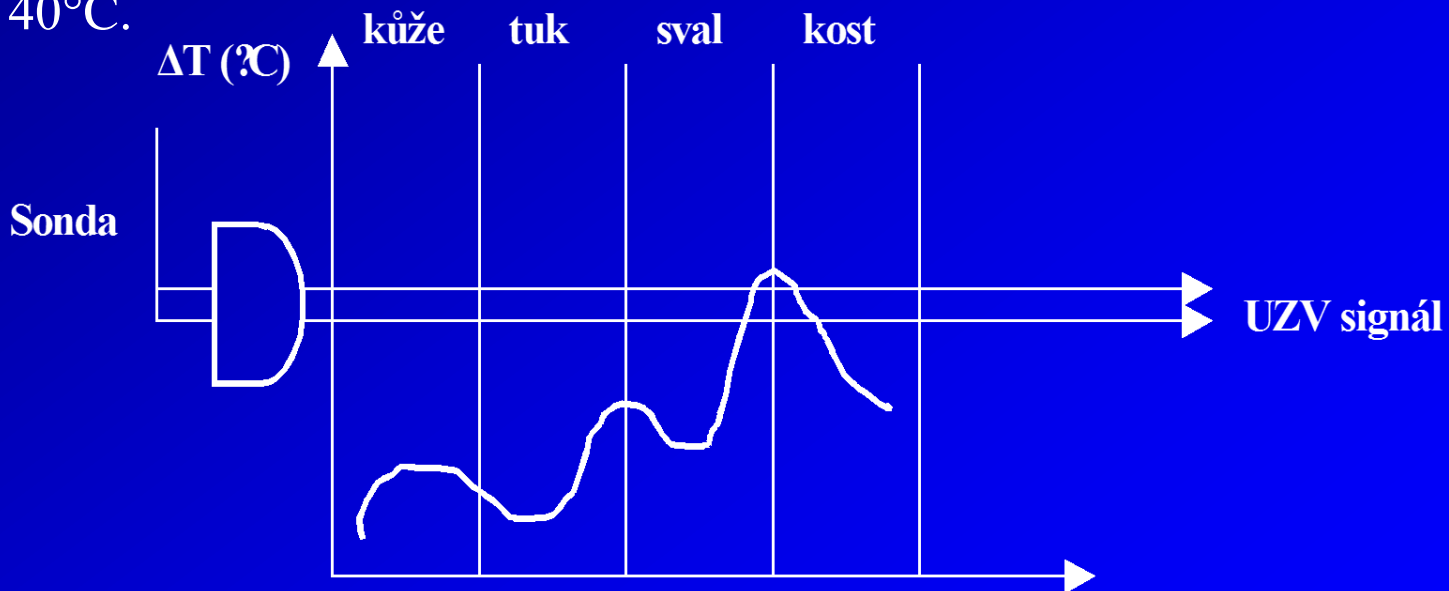
## Lékařské terapeutické přístroje



# Účinky UZV vlnění



**1. Tepelné** - zvýšení teploty tkání způsobuje absorpci UZV vlnění. Ke vzniku teplotních rozdílů dochází na rozhraní různých vlnových odporů tkání. Absorbce UZV vlnění ve tkáních je závislá na kmitočtu, kinetické viskozitě a termoregulačním systému kůže. Pohyblivost energie ve svalech je 10x větší než ve svalech a v tuku. Chceme-li zvýšit teplotu tkáně o  $1^{\circ}\text{C}$  musíme zvýšit dodávanou energii o  $0.5 \text{ W/cm}^2$ . Maximálně však teplota tkáně nesmí být větší než  $40^{\circ}\text{C}$ .



Tepelný reliéf tkáňových rozhraní.

**Lékařské terapeutické přístroje** <sup>l (cm)</sup>



**2.Mechanické a chemické** - mechanické účinky považujeme za prvotní. Vzniká mikromasáž, která se projeví zvýšenou propustností membrán. Dochází ke zrychlení difúzních procesů mezi buňkami a tím i mezi tkáněmi. Při vyšších hodnotách intenzit UZV vlnění dochází k nevratným změnám na tkáních, buněčné membrány se poškozují, buňky odumírají.

### **3.Přímý účinek UZV na živé systémy**

- a) *Inhibiční účinky* - vratné a nevratné
- b) *Stimulační účinky* - jsou prokázány u buněk pojivové a krvetvorné tkáně. Vzniká mikroproudění vně a uvnitř buněk a tím se ovlivňuje difuze a permeabilita buněk.
- c) *Účinek na krev* - projev hemolytický ( rozbíjení membrán erytrocytů )

**4.Nepřímý účinek UZV na živé systémy** - nepřímým účinkem rozumíme v UZV terapii působení na orgán umístěný mimo dosah UZV vlnění při ozvučování. Toto působení je zprostředkováno nervovými a humorálními (tekutiny) spoji mezi ozvučenou oblastí a uvažovaným orgánem.

## **Lékařské terapeutické přístroje**

# Vedlejší (nepřímé) účinky ultrazvukové léčby



Při ultrazvukové terapii mohou vzniknout vedlejší celkové i místní nežádoucí účinky, které vyvolávají různé situace :

- Snížení tepové síly a elektrické aktivity myokardu-zejména u starších pacientů
- Zhoršení základní nemoci může nastat, jestliže se léčba ultrazvukem provádí bezprostředně po těžké manuální práci, po úraze, virovém onemocnění apod.
- celková slabost
- přechodné zhoršení stavu
- krátkodobé zvýšení teploty
- bušení srdce, nespavost, zvracení, nevolnost
- otok
- žilní trombóza
- žlučnickový záchvat
- vyrážka v místě aplikace

# Ultrazvuková terapie



Konzervativní léčba ultrazvukem je nejstarší oblastí aplikace ultrazvuku v lékařství.

## Léčebné působení ultrazvuku na lidský organismus

Lidský organismus je z hlediska šíření UZV energie nehomogenní prostředí. Na rozdíl od diagnostiky se v terapii využívá působení ultrazvuku na tkáň převážně v oblasti blízkého ultrazvukového měniče (hlavice). Jedná se o mechanické kmity, mající rychlost šíření 1540 m/s ve tkáních a 4080 m/s v kostech. Rychlost šíření a absorbována energie závisí na prostředí. Frekvence a vlnová délka jsou spolu spjaty nepřímou úměrou. Pro léčebné účinky je nejdůležitější je hodnota absorbované energie v poměru svalovina/kost, která odpovídá poměru 1/10.

## Existují dva způsoby aplikování UZV na lidský organismus:

- Kontinuální ( trvalá ) aplikace
- Pulzní ( poměr impulz/pauza činí 1/9 ) aplikace  
( v dnešní praxi častěji používáno )

## Lékařské terapeutické přístroje

# Přístroje pro UZV terapii



## Dělení ultrazvukových terapeutických přístrojů:

Terapeutické ultrazvukové přístroje můžeme rozdělit podle použitého kmitočtu, intenzity ultrazvukového vlnění, druhu provozu (kontinuální, impulsní), podle aplikačních oborů : přístroje pro :

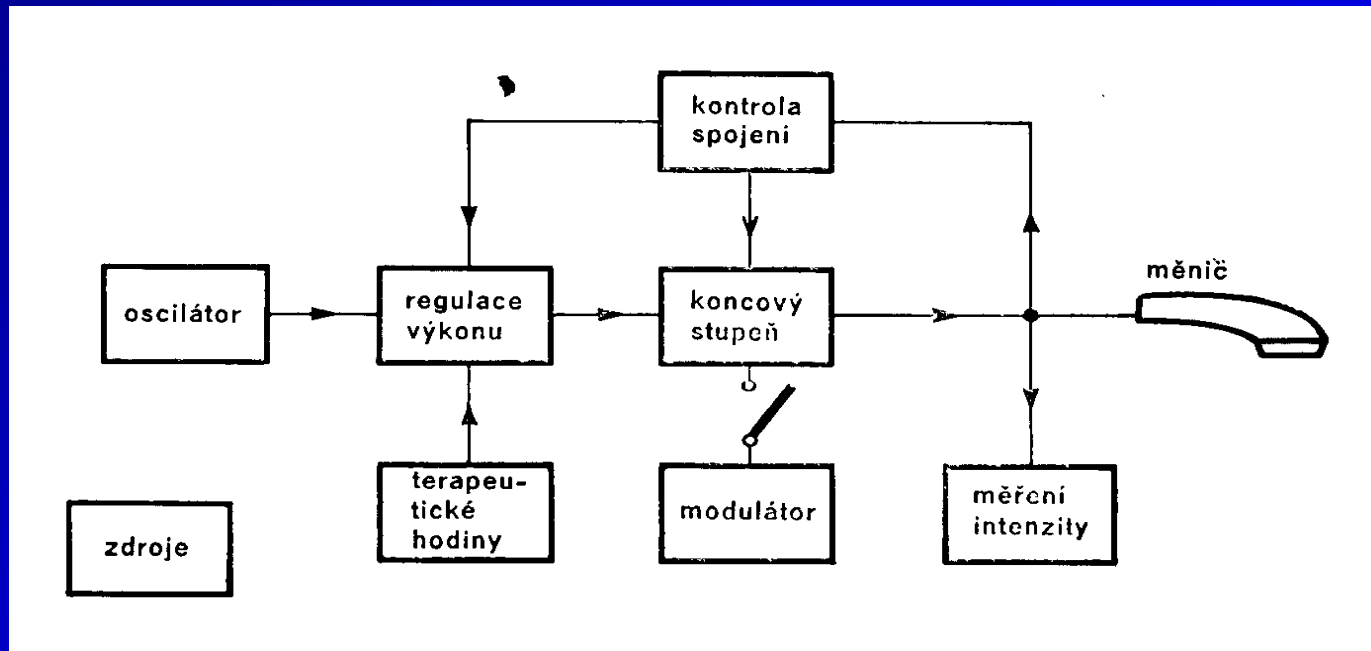
- Fyzikální terapii
- inhalační terapii
- chirurgii, neurochirurgii, ORL chirurgii, oční chirurgii
- stomatologii
- jiné obory

## Lékařské terapeutické přístroje

# Konstrukce přístrojů pro ultrazvukovou



Přístroje pro ultrazvukovou fyzikální terapii jsou řešeny konstrukčně jako **oscilátory** s koncovým výkonovým stupněm. Většina přístrojů je vybavena automatickým obvodem, kontrolujícím spojení měniče s tkáněmi, ukazatelem vyzářené intenzity a časovým spínačem. U impulsního provozu má zařízení externí nebo vlastní pulsní generátor s nastavitelnou opakovací frekvencí a šířkou impulsů. Tvar impulsů je možno měnit



Blokové schéma ultrazvukového léčebného přístroje

## Lékařské terapeutické přístroje



## Pomocné obvody terapeutických přístrojů

- Časový spínač (terapeutické hodiny)
- měření intenzity
- kontrola kontaktu s pacientem
- čerpadla oběhových kapalin (v chirurgii, stomatologii)
- kontrola teploty aplikačního nástroje
- tvarovací obvody nosného signálu (vysílané vlny)
- testovací, cejchovací zařízení (hodnoty výkonu ultrazvukových generátorů je vhodné několikrát do roka ověřit měřením).

**Lékařské terapeutické přístroje**

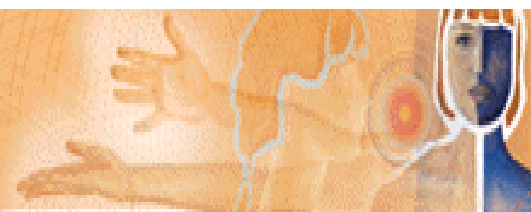
# Ukázka přístroje Enraf-Nonius



Existuje celá řada terapeutických přístrojů různého typu a provedení. Za absolutní špičku se považují Přístroje Holandské firmy **Enraf-Nonius** řady **Sonoplus 190, 490 a 590**. Pro ukázkou zde uvádím nejmodernější typ 590 s popisem jeho základní funkcí.



## Sonopuls 590



- kontinuální a pulzní terapie
- 1 MHz a 3 MHz hlavice
- možnost pracovat s dvěma hlavicemi současně
- kontrola spojení hlavice a pacienta
- kompatibility s jednotkami pro elektroterapii

## Lékařské terapeutické přístroje



# Ultrazvukové měniče pro konzervativní terapii



Pro konzervativní léčbu se používá prakticky jednoho typu ultrazvukového měniče, který je impedančně přizpůsoben výstupnímu obvodu vysokofrekvenčního generátoru. Konstrukčně bývá měnič řešen jako kovové pouzdro, do kterého je uložen výbrus, v současné době výhradně piezokeramický.

## Pracovní frekvence

Volba pracovní frekvence je závislá na oboru aplikace a na požadované hloubce expozice.

Pro hodnocení účinků frekvence se užívá velikosti tzv. **poloviční hloubky průniku**. Je to hloubka ve tkáni, ve které má intenzita ultrazvuku, v porovnání s intenzitou na povrchu tkáně, poloviční hodnotu. Například při kmitočtu 800-1000 kHz je poloviční hloubka vniku 5-7 cm. Při kmitočtu 3 Mhz je pouze 1,5 cm.

## Lékařské terapeutické přístroje

# Intenzita ultrazvuku při konzervativní terapii



Výkon vysokofrekvenčního generátoru přiváděného k ultrazvukovému měniči je určován požadovanou hodnotou aplikované intenzity, velikostí ultrazvukového měniče (aktivní plochou měniče) a účinností výbrusu. Hodnoty intenzit ultrazvuku se ve fyzikální terapii pohybují v rozsahu 0,05-3 W/cm<sup>2</sup> a plocha měničů do 10 cm<sup>2</sup>.

## Určení terapeutické dávky

Dávkou, jako i v jiných terapeutických oblastech, se rozumí intenzita ultrazvukového vlnění spolu s dobou, po kterou ultrazvukové vlnění aplikujeme. Při impulsním režimu se používají intenzity 4-8krát vyšší. Zatímco intenzity ultrazvukového vlnění při biologických pokusech daleko překračují hranici 3 W/cm<sup>2</sup>, v léčebné praxi se má tato hodnota pokládat za maximální.

## Lékařské terapeutické přístroje



## Tabulka dávkování ultrazvuku

Nízké	Trvalá	0.05-0,3 W/cm <sup>3</sup>	3 minuty
	Pulzní	0.15-0,3 W/cm <sup>3</sup>	3 minuty
Střední	Trvalá	0.5-0,7 W/cm <sup>3</sup>	6 minuty
	Pulzní	0.6-0,9 W/cm <sup>3</sup>	6 minuty
Vysoké	Trvalá	1 W/cm <sup>3</sup>	10 minuty
	Pulzní	0.9-1,5 W/cm <sup>3</sup>	10 minuty

Lékařské terapeutické přístroje

# Provozní režim generátoru



Velký význam má i mimo intenzity a pracovní frekvence způsob provozu generátoru: zda je **impulsní** nebo **kontinuální**.

Aplikace impulsního ultrazvukového pole je šetrnější, protože se tepelné a chemické účinky lokálně oslabují. Výrazněji se uplatňuje mechanická složka ultrazvukových vln, s účinkem převážně na nervový systém. Tato aplikace je vhodná zejména při zánětech, protože tolik nezvyšuje místní teplotu.

Při kontinuálním provozu se uplatňuje převážně lokálně tepelný a mechanický účinek ultrazvuku.

## Lékařské terapeutické přístroje

# Podmínky konzervativní ultrazvukové terapie



Před vlastní aplikací ultrazvukové terapie musí být splněny tyto podmínky :

- Správná diagnóza
- stanovení stadia onemocnění
- zhodnocení lokálních změn
- zhodnocení celkového stavu organismu (stav CNS, cirkulace)
- stanovení druhu léčebného efektu (úleva, vymizení těžkostí, zlepšení funkce hybnosti, zastavení degenerativních změn apod.)
- sestavení terapeutického plánu v rámci celkové a komplexní terapie
- určení aplikační dávky ultrazvuku, místo a postup aplikace
- příprava pacienta pro vlastní léčení

V průběhu léčení je nutné :

- Sledování výsledků léčby
- zajistit bezpečnost pacienta

## Lékařské terapeutické přístroje

# Způsob aplikace



## 1. Přímá metoda

Její použití je nejčastější. Kontaktně se ultrazvukové vlnění aplikuje na větší klouby, svaly. Může se provádět dvěma způsoby :

- **Masážní metodou**, která je nejvíce používaná, je racionálnější i při expozicích rozsáhlejších částí povrchu těla ultrazvukem.
- **Stacionárním příkládáním** na určité oblasti kůže, kde se drží fixně po dobu celé aplikace. Dávka se musí snížit asi na pětinu.

## 2. Podvodní (subaquální) metoda

Je výhodná při léčbě malých kloubů končetin, nebo těch částí těla, kde se těžko dosahuje exaktního kontaktu mezi kůží a měničem. Končetina se při tom ponoří do vaničky, která je naplněna převařenou nebo jinak odvzdušněnou vodou. Měnič se ve vodě přidrží 1-3 cm nad léčenou oblastí kůže, přičemž se může postupovat stacionárně nebo masážně.

# Lékařské terapeutické přístroje

# Poloha pacienta



Při léčbě se volí taková poloha pacienta, aby se dosáhlo optimálního kontaktu měniče s léčenou oblastí a co nejméně se při ní zatěžoval pacient (nejčastěji v sedě nebo leže).



Aplikace ultrazvuku ve vhodné úlevové poloze (podložení hrudníku poduškou)

# Oblasti konzervativní ultrazvukové terapie

## Revmatologie



**Léčba kloubů** - při postupném prohřívání kloubů dochází ke snížení viskozity a rozhybání. Terapie se provádí v vodní lázni ( např. při onemocnění loketního kloubu ).

### Zánětlivé revmatické onemocnění

Při zánětlivých revmatických onemocněních se ultrazvuk aplikuje opatrně, přičemž je nutno se vyhnout přímé expozici zanícených kloubů. Platí zásada, čím akutnější a aktivnější je zánět, tím nižší intenzita ultrazvuku. Výhodnější je impulsní forma terapie.

### Revmatoidní artritida

Léčení ultrazvukem je vhodné u postartritidických, doprovázených postupným snížením hybnosti a k postupné fixaci kloubů. Pozornost je nutné také věnovat poškozeným svalům.

### Bechtěrevová choroba

Jedná se o revmatické onemocnění páteře, kdy dochází ke stažení svaloviny kolem páteře až k úplnému zatuhnutí. Rozhybávání se provádí pomocí UZV, jako podpůrná léčba.

### Mimokloubní revmatismus

Jedná se o virové onemocnění v oblasti svalových úponů.

## Lékařské terapeutické přístroje



# Degenerativní procesy kloubů a páteře



## Artróza kloubů

Je to degenerativní a hypertrofická změna kosti, postihující hlavně nosné klouby dolních končetin, obratle a drobné klouby rukou. Cílem léčení je specificky ovlivnit jednotlivé struktury, zlepšit celkovou trofiku tkání a snížit bolesti. Přímou léčbu provádějí velké klouby (kyčelní, ramenní, subakrálně drobné klouby rukou a nohou). Volí se střední dávky ultrazvuku, které se snižují při přehřátí kloubu nebo vodního média.

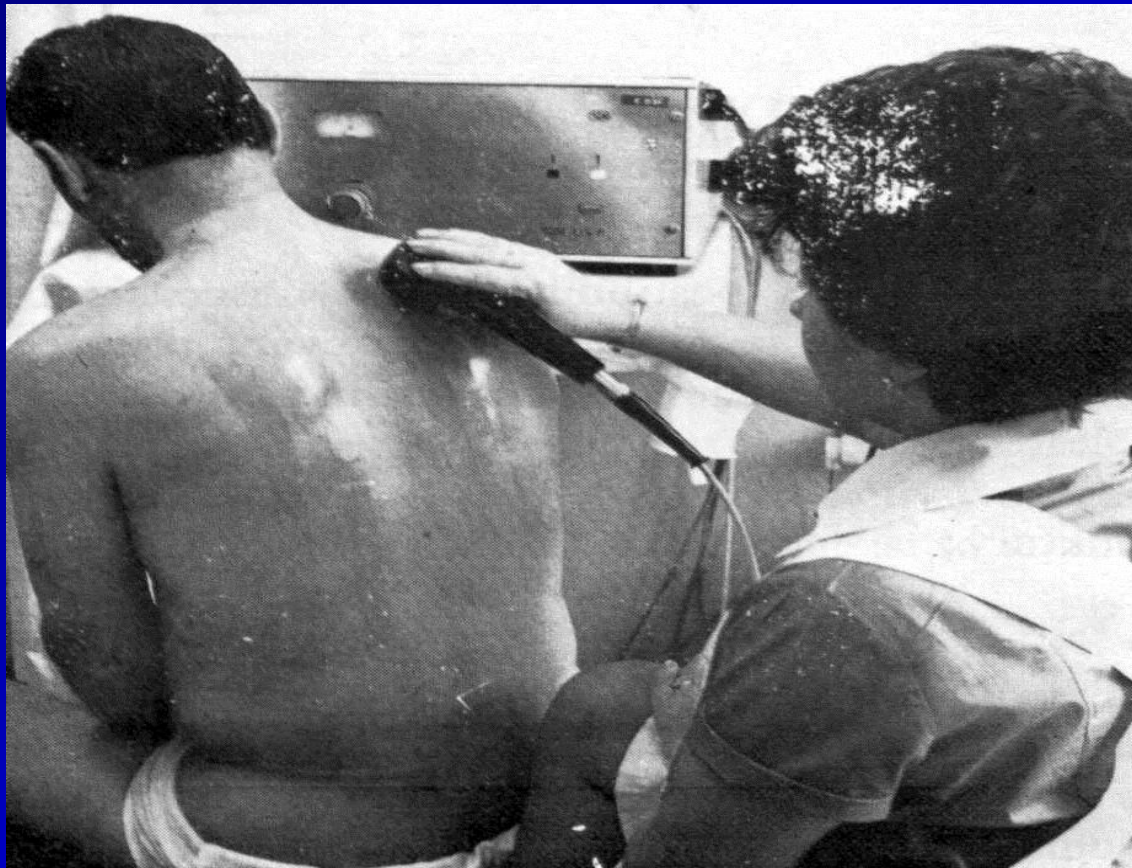


*Aplikace ultrazvuku  
na kyčelní kloub*

## Osteoartróza páteře



Cílem léčby je odstranění bolesti, uvolnění napjatého svalstva a zlepšení funkce. Ultrazvuk se aplikuje lokálně pohyblivě, podél postižených úseků, intenzitou 0,1-0,5 W/cm<sup>2</sup>, po dobu 5 minut.



Aplikace ultrazvuku  
v sedě

Lékařské terapeutické přístroje

# Ortopedie, traumatologie



V ortopedii se indikuje ultrazvuková terapie u stavů po různých poraněních a jejich následcích.

Ultrazvukem se také léčí jizvy, ať už posttraumatického, pooperačního, zánětlivého, či jiného původu. Cílem této léčby je protibolestivý účinek a zlepšení funkce postižené tkáně i končetiny.

Ultrazvukem lze rovněž podporovat léčbu fraktur. Zkracuje se délka terapie zlepšeným přítokem krve.

## Zánět lícního nervu

Léčba se provádí kontinuální nebo pulsní formou ultrazvuku, denně, popřípadě obden, v sérii 10-15 krát. Série se opakuje po 1-2 měsících.

## Fantómové bolesti

V jizvách a neuronech se ultrazvuk aplikuje lokálně pohyblivě nebo subaquálně v sérii 3-4 procedury týdně.

# Lékařské terapeutické přístroje

# Vnitřní lékařství



- Zánět žaludku, funkční poruchy žaludku, subakutní vředová choroba
- Silikóza
- Poruchy cirkulace periferních cév-cílem je zlepšit cirkulaci, snížit tlak v artériích horních a dolních končetin

## Dermatologie

Cílem terapie je změkčit kůži, zlepšit prokrvení v místech aplikace. Někdy se ultrazvuk kombinuje s jemnou olejovou masáží a pohybovou léčbou.

### Ekzémy, dermatózy

Při subakutním nebo chronickém ekzému se aplikuje impulsní ultrazvuk v příslušných segmentech nízkými intenzitami. Vyšší intenzity mohou vést ke zhoršení ekzému.

### Bércové vředy

Terapie se provádí kontinuálním ultrazvukem nebo impulsním ultrazvukem nad vlastní plochou vředu nebo subaquálně

## Lékařské terapeutické přístroje



Podvodní aplikace ultrazvuku  
při léčbě bércového vředu

### Bradavice

Ultrazvuk se aplikuje jednou týdně, 4-35 aplikací, 5-15 min.

**Lékařské terapeutické přístroje**



## Oftalmologie

Cílem konzervativní léčby ultrazvukem je ovlivnit stavy po některých poraněních rohovky, zlepšit resorpci jizevnatých kanálků rohovky, ovlivnit zákaly sklivce. Aplikuje se speciálně upraveným ultrazvukovým měničem s aktivní plochou 0,75 cm<sup>2</sup>. Při léčení je nutné dodržet délku expozice, která se zkracuje úměrně výši intenzity ultrazvuku. Nebezpečí poškození oka je při intenzitě 0,25 W/ cm<sup>2</sup> po 5-ti minutové expozici.

## Gyneekologie

Ultrazvukovou terapii indikujeme v rámci komplexní léčby při chronických zánětech dělohy, při pooperačních komplikacích, při bolestech v malé pánvi, při počátečních formách zánětu prsu apod. Cílem léčby je ústup bolesti, zlepšení prokrvení postižené oblasti.

# Lékařské terapeutické přístroje

# **Kombinace ultrazvukové terapie s jinými léčebnými postupy**



Ve snaze dosáhnout co nejlepších léčebného výsledku se v praxi kombinuje více terapeutických metod, kdy aplikace ultrazvuku představuje jen jednu složku komplexní léčby.

## **Kombinace ultrazvuku s farmakoterapií**

Ultrazvukem lze zlepšit injunkci léků do kůže po jejich přidání do kontaktního média a dále urychlit vstřebání injekcí nebo obstríků do postižené tkáně. Průnik léku do organismu je při farmakologii závislý na intenzitě aplikovaného ultrazvuku a na délce expozice, viskozitě a teplotě média.+

## **Kombinace ultrazvuku s jinými elektroléčebnými metodami**

Ultrazvuková terapie se může kombinovat např. s iontoforézou, infračerveným zářením apod. V praxi se ukázalo, že účinky jednotlivých metod se vzájemně potencují.

## **Sonoakupunktura**

Je to cílová aplikace ultrazvuku na aktivní body užívané v akupunkturu

# **Lékařské terapeutické přístroje**

# Kontraindikace ultrazvukové léčby



## Celkové kontraindikace :

- Zhoubné nádory a jejich metastáze
- akutní zánětlivé procesy
- horečnatá onemocnění, infekční choroby
- velmi špatný celkový stav
- akutní plicní a kostní tuberkulóza
- akutní kloubní revmatismus
- kornatění cév
- poruchy srdečního rytmu
- krvácení, poruchy srážlivosti
- ekzémy
- těhotenství
- varixy
- trombóza

- některá kožní onemocnění



# Orgány nevhodné pro přímou ultrazvukovou terapii



Je celá řada orgánů a oblastí, které mají kontraindikaci přímé expozice ultrazvukem :

- Mozek
- mícha
- oblast krční páteře
- plíce
- srdce
- játra
- žaludek
- pohlavní žlázy
- děloha
- orgány s cizími tělesy

**Lékařské terapeutické přístroje**

# Chirurgická terapie ultrazvukem



Chirurgické aplikace ultrazvuku se vyznačují vyšší technickou náročností, než konzervativní aplikace. Zvláště při destrukci patologických tkání je využívána poměrně vysoká ultrazvuková energie (až  $20 \text{ W/cm}^2$ ), která by mohla poškodit i okolní zdravé tkáně. Aby se tomuto poškození zabránilo, je třeba celou techniku přizpůsobit několika požadavkům :

- Generovat výkonové ultrazvukové pole o takové intenzitě, kterou lze dosáhnout žádoucího chirurgického efektu s podmínkou nepoškodit okolní zdravé tkáně zvláště teplem.
- Nepoškodit zdravé tkáně při průchodu ultrazvuku od povrchu k exponovanému ložisku. Tomu může zabránit vhodná volba fokusace podle hloubky uložení léčené oblasti.

Je zásluhou především **sovětských vědců** a konstruktérů, že byla vyrobena celá řada lékařských nástrojů pracujících na principu ultrazvuku, které je možno použít i v obecné chirurgické praxi. Zařízení se skládá z generátoru, magnetostrikční cívky, uložené v držadle nástroje, která generuje v uvedené frekvenci kmity. V držadle je nasazen vlnovod, na jehož konci, který může být upraven jako skalpel, osilační pila, dláto apod.

## Lékařské terapeutické přístroje

## Neurochirurgie



Zde je ultrazvuk využit při velmi náročných, speciálních operačních výkonech s použitím poměrně vysokých intenzit ultrazvuku. Léčba předpokládá velmi přesnou fokusaci ultrazvuku pouze do oblasti expozice. Některé výkony se provádějí přes kalvu, jejíž kosti však absorbují značnou část ultrazvukové energie.

## Oftalmologie

Také oko je jemným orgánem, proto je nutné při chirurgickém použití ultrazvuku přizpůsobit nástroje mikrooperační technice.

## Stomatologie

Na principu ultrazvuku byla zkonstruována zubolékařská rychlovrtáčka, která pracuje na frekvenci 20-30 kHz a má až 300 tisíc otáček za minutu. Dále se ultrazvukem provádí odstraňování zubního kamene, vyplňování defektů zubů cementem a amalgámem, čištění kořenových kanálků a příprava či odstraňování korunek.

**Lékařské terapeutické přístroje**

## Ortopedie, traumatologie



V kostní chirurgii se nejvíce uplatnily ultrazvukové chirurgické nástroje. Metoda „**svařování zlomenin**“ se provádí tak, že linie lomu je přemostěna sterilní jemnou kostní drtí a potřena monomerem cekarinem, který působením ultrazvuku polymeruje. Tím se vytvoří pevný konglomerát kostní drti a polymeru, který navíc difunduje těsně pod povrch kostních úlomků. Vznikne tak pevné spojení fragmentů a vytvoří se podmínky mechanického klidu pro vlastní kostní hojení

## Onkologie

Dlouhým vývojem prošla chirurgická ultrazvuková terapie zhoubných nádorů.

### Další terapeutické možnosti

- Destrukce trombů, dekalifikace cévních stěn a srdečních chlopní
- rozrušování kaménků v uretru a v močovém měchýři
- indukce porodu
- léčení bradavic

## Lékařské terapeutické přístroje