

# Terapeutické užití ultrazvuku

Jako ultrazvuk popisujeme akustické vlnění o frekvencích vyšších než 20 kHz, jež se hmotným prostředím šíří na principu zhušťování a zředování částic. Při jeho přenosu neprochází elektrický proud, jeho terapeutické využití tedy označujeme jako mechanoterapii.

## Principy terapeutického účinku ultrazvuku

Terapeutický účinek ultrazvuku je způsoben tím, že je různými látkami v různé míře absorbován.

- **Absorpční koeficient** je pak přímo úměrný účinnosti léčby. Zvětšuje se s rostoucím obsahem bílkovin ve tkáni, s rostoucím obsahem vody se naopak snižuje. Absorpční koeficient frekvence o velikosti 1 MHz je třikrát menší než absorpční koeficient vlnění o frekvenci 3 MHz a pronikne třikrát hlouběji. Proto se ultrazvuk o frekvenci 3 MHz využívá u povrchověji uložených tkání, zatímco ultrazvuk o frekvenci 1 MHz má naopak větší účinky u hlouběji uložených struktur, na povrch nemá vliv téměř žádný.
- Na rozhraní tkání je **ultrazvukové vlnění** v různé míře odráženo – příčina je v odlišných specifických impedancích jednotlivých tkání. Vzduch má tuto impedanci velmi vysokou, jeho 10 nm silná vrstva odráží až 99 % ultrazvukových vln.<sup>[1]</sup>
- **Účinná vyzařovací plocha hlavičky (ERA)** je dána velikostí piezoelektrického krystalu generujícího ultrazvuk. Zpravidla dosahuje hodnot 1–10 cm<sup>2</sup>. Na základě vzdálenosti od hlavičky rozlišujeme *blízké ultrazvukové pole* vyznačující se nízkou divergencí ultrazvukového „paprsku“ a poměrně velkými variacemi intenzity v důsledku působení silných interferenčních efektů (tedy zesilování či zeslabování energie ultrazvuku). Naopak *vzdálené ultrazvukové pole* se vyznačuje vysokou divergencí paprsků a nižší intenzitou.
- **Polohloubka průniku** je vzdálenost, ve které intenzita ultrazvuku poklesne na 50 % své původní velikosti.<sup>[1]</sup>
- **Hloubka průniku** je maximální hloubka, ve které lze očekávat terapeutický efekt (intenzita vlnění v tomto místě je desetkrát menší než intenzita vlnění těsně u hlavičky).<sup>[1]</sup>

## Příklady využití

### Užití ve stomatologii

Jako **zdroj ultrazvukového vlnění** se využívají **magnetostrikční zdroje**, což odlišuje zubní lékařství od ostatní oborů, kde se ultrazvuk terapeuticky využívá. Zdrojem kmitů je zde feromagnetická tyčinka, která působením magnetického pole v rychlém sledu mění svůj objem. Výhodou tohoto způsobu generování je vysoký výkon, nicméně lze takto dosáhnout pouze **frekvencí do 60 kHz**<sup>[2]</sup>. Užívány jsou obvykle frekvence v rozsahu 24–42 kHz (*nízkofrekvenční ultrazvuk*) o intenzitě více než 10 W/cm<sup>2</sup><sup>[3]</sup>, a to k odstraňování zubního kamene a kazu. Tato metoda je ve srovnání s manuálním odstraňováním nepoměrně rychlejší, méně náročná a šetří sklovinu. Hlavním faktorem narušujícím zubní kámen je vznik kavitace ve vodě, která stéká po samotném nástroji, který je vyroben z titanu.<sup>[3]</sup>

### Hypertermie

**Ultrazvuk** je vedle mikrovlnného záření jedním ze způsobů, jak docílit přehřátí nádoru a jeho následného poškození (více viz hypertermie). Nádor musí být vystaven teplotě 41–43 °C, a to po dobu cca 20 minut<sup>[3]</sup>. Cíleného efektu se dosáhne **fokusací**, tedy soustředováním ultrazvukových vln přicházejících z různých směrů do místa nádoru; dochází tedy k minimálnímu poškození zdravé tkáně. Obvykle bývá využívána frekvence 1 MHz, teplota je stále kontrolována termočlánky.

### Harmonický skalpel

**Harmonický skalpel** pracuje na principu podélného ultrazvukového kmitání při frekvenci 55 MHz. Tím vytváří energii o nízkých teplotách od 50 do 100 °C. Umožňuje řezání a koagulaci měkkých tkání, krevních cév a utěsnění lymfatických cest v jednom okamžiku. Krvácení je při použití harmonického skalpelu 4x až 6x menší, než je tomu u ostatních operačních metod. Jedná se o velice šetrnou operační techniku používanou zejména v plastické a endoskopické chirurgii, v blízkosti nervů a cév.

### Fyzikální terapie

Jedním z druhů fyzikální terapie, který je velmi rozšířený, je *ultrasonoterapie*, která využívá akustickou energii ultrazvuku. **Ultrazvuk** se aplikuje pomocí speciálního přístroje, který je opatřen vyzařovací hlavicí o účinné ploše různé velikosti od 1 do 10 cm<sup>2</sup>. Tvoří mechanické vlnění o léčebné frekvenci 0,7 až 3,3 MHz, které se maximálně absorbují v hloubce tkáně 2 až 5 cm. Proto se využívá v terapii poškození měkkých tkání. Má analgetický, spasmolytický a vasodilatační účinek.

### Aplikace

Dělíme dle **pohybu** hlavičky:

- statická (hlavice se přiloží na jedno postižené místo a nehýbe se s ní);
- semistatická (krouživý pohyb okolo postiženého místa);
- dynamická (pohyb hlavice např. po celé končetině).

Dále dělíme dle **kontaktu** hlavice s kůží:

- přímý kontakt hlavice s kůží (s použitím gelu nebo oleje);
- kontakt prostřednictvím vodního prostředí.

Aplikace trvá zpravidla několik minut a několikrát se opakuje v průběhu po sobě jdoucích dnů.

## Indikace

- myalgie – bolesti svalů po jejich natažení či zatuhnutí (svaly zad)
- lumbago
- artrózy, artritidy, otoky kloubů, morbus Bechtěrev
- terapie poúrazových bolestí (po luxaci kloubu nebo distorzi ligament), entezopatie (tenisový loket)
- terapie postherpetických neuralgií
- bércové vředy, jizvy

## Kontraindikace

- čerstvá krvácení
- fraktury
- hematomy
- menstruace (vasodilatace)

## Transdermální aplikace léčiv

Principem je šíření ultrazvukových vln kapalinou, které je spojeno s vytvářením **pseudokavitací** (drobných bublinek), jež se chaoticky pohybují a po dosažení určité velikosti se destabilizují a hroutí. To přitom v okolní kapalině vytváří jakési **tryskové mikroproudění**, které způsobuje abrazi svrchní vrstvy pokožky. Kromě této abraze dochází zřejmě ještě ke **zvýšení permeability** fosfolipidové dvojvrstvy biologických membrán, což dohromady ve výsledku vede k vyšší **propustnosti pokožky** i pro vysokomolekulární látky, které jí jinak neprocházejí. Větší propustnosti pokožky se dosahuje tím, že na ni současně **působí vlnění o dvou frekvencích** v rozsahu od 20 kHz do 3 MHz. **Vysokofrekvenční ultrazvuk** vytváří další bublinky, které v přítomnosti vln nízkofrekvenčního ultrazvuku rychle praskají. Vysokofrekvenční ultrazvuk navíc omezuje pohyb bublinek do stran a udržuje je tak na cílovém místě, což vede k jednodušší **abrazi**.

Takovou kapalinou může být tekutý lék nanesený na pokožku. Toho se (zatím spíše experimentálně) využívá při chronické aplikaci u léků jako **inzulín**, které bylo dříve nutno aplikovat pouze injekčně. Terapeutický efekt tak spočívá v minimální invazivitě takové aplikace. **Abrazivní efekt** ultrazvuku je dočasný a bezbolestný, vrchní vrstva pokožky (stratum corneum epidermis) rychle (do několika hodin) regeneruje z bazální vrstvy epidermis.

## Další použití

Dále se ultrazvuk využívá k **urychlení hojení** zlomenin kostí, při spojování fragmentů kostí syntetickým pojivem (použití ultrazvuku zkracuje dobu tuhnutí ze dnů na sekundy v důsledku lokálního působení vyšší teploty), odstraňování **aterosklerotických plátů** v cévách, při terapii **nádorů prostaty**, výkonech na **vaječnících** i v **plastické chirurgii** (odstraňování tukové tkáně vytlačováním).

## Odkazy

### Související články

- Dopplerovská echokardiografie
- Ultrazvuk/Diagnostické aplikace ultrazvuku
- Ultrazvuk
- Ultrazvukové vlnění

### Externí odkazy

- WIKIPEDIA,. *Therapeutic ultrasound* [online]. [cit. 2013-10-31]. <[https://en.wikipedia.org/wiki/Therapeutic\\_ultrasound](https://en.wikipedia.org/wiki/Therapeutic_ultrasound)>.
- KUBÍNEK, Roman. *Ultrazvuková terapie* [online]. [cit. 2013-10-31]. <[http://apfyz.upol.cz/ucebnice/details/ultrazvuk\\_terapie.pdf](http://apfyz.upol.cz/ucebnice/details/ultrazvuk_terapie.pdf)>.
- MITNEWSOFFICE,. *Getting (drugs) under your skin* [online]. [cit. 2013-10-31]. <[https://www.youtube.com/watch?v=fmxtVgZ3RWc&feature=player\\_embedded](https://www.youtube.com/watch?v=fmxtVgZ3RWc&feature=player_embedded)>.
- GALKOWSKI, Victoria, et al. *Bone stimulation for fracture healing: What's all the fuss?* [online]. [cit. 2013-10-

31]. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2762251/>>.

- SMITH, Nadine Barrie. *Perspectives on transdermal ultrasound mediated drug delivery* [online]. [cit. 2013-10-31]. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2676802/>>.
- REHABILITAČNÍ CENTRUM ŠENOV,. *Rehabilitační centrum Šenov* [online]. [cit. 2013-10-31]. <<http://www.rehabilitace-senov.cz/sluzby/ultrazvuk.html>>.

## Reference

1. PODĚBRADSKÝ, Jiří a Ivan VAŘEKA. *Fyzikální terapie I*. 1. vydání vydání. Grada Publishing, 1998.
2. ROSINA, Jozef. *Lékařská biofyzika*. 1. vydání. Praha : Manus, 2000. ISBN 80-902318-5-3.
3. KUBÍNEK, Roman. *Univerzita Palackého Olomouc* [online]. [cit. 2013-01-05]. <[http://apfyz.upol.cz/ucebnice/details/ultrazvuk\\_terapie.pdf](http://apfyz.upol.cz/ucebnice/details/ultrazvuk_terapie.pdf)>.

## Použitá literatura

- PODĚBRADSKÝ, Jiří a Ivan VAŘEKA. *Fyzikální terapie. Díl 2*. 1. vydání. Praha : Grada, c1998. ISBN 80-7169-661-7.
- ROSINA, Jozef. *Lékařská biofyzika*. 1. vydání. Praha : Manus, 2000. 0 s. ISBN 80-902318-5-3.