

Brachyterapie

Brachyterapie (z řec. *brachys* – *blízko*, z *blízka*) nebo také curieterapie znamená léčbu zářením na krátkou vzdálenost. Radí se mezi radioterapeutické techniky, které se používají k léčbě onkologických onemocnění. Jedná se o radioterapii, u které se zdroj záření umísťuje do blízkosti lokalizaci nádoru nebo přímo do postižené tkáně. Hlavním smyslem této léčby je možnost zvýšení dávky záření bez většího ozáření zdravých tkání a orgánů. Je vhodná zejména pro léčbu málo objemných tumorů (rakovina prostaty, prsu, rakovina kůže aj.), protože rozsáhlé aplikace jsou spojené s rizikem nekrozy). Brachyterapie bývá využívána samostatně nebo v kombinaci s jinými léčebnými procesy (chemoterapie, radioterapie).

Renesance brachyterapie

Techniky brachyterapie jsou známy už 100 let. Objev brachyterapie a její následné uvedení do praxe přineslo velkou změnu v léčení maligních (zhoubných) nádorů. V průběhu její existence přišlo i období, kdy byl zájem o ní malý a teleradioterapie byla upřednostňována. Nezájem v padesátých letech minulého století způsobil hlavně poznatek, že radium, které se v té době při brachyterapii používalo, nevyhovuje radiohygienickým požadavkům. Brachyterapie znamenala v té době velké ohrožení nejen pro pacienty, ale i pro ošetřující personál. V posledních letech brachyterapie zažívá renesanci. Byly objeveny nové účinnější radionuklidy. Metody afterloadingu chrání účinně ošetřující personál. **Afterloading** znamená, že lékař nejprve zavede nosič, ve kterých není radioaktivní látka, na požadované místo, poté zkontroluje jeho polohu, určí rozložení zářičů a poté teprve zavede aktivní zdroj. Radiační zátěž lékařů je tedy menší a rozmístění zářičů efektivnější. V ideálním případě tento úkon provádí automatické afterloadingové přístroje.

Porovnání brachyterapie a teleradioterapie

Výhody brachyterapie

- Aplikace větší dávky záření přímo do místa postiženého nádorem (ozáření – poškození okolních zdravých tkání je tedy minimální),
- aplikace v kratším čase,
- léčba malých, přesně lokalizovaných nádorů.

Výhody teleradioterapie

- Dokáže ozářit větší prostor nemocné tkáně,
- vhodná pro rozsáhlejší nádory, u kterých hrozí lymfatické šíření.

Princip brachyterapie

Brachyterapie využívá k léčbě stejně jako teleterapie ionizující záření. Pro léčbu jsou významné biologické účinky ionizujícího záření.

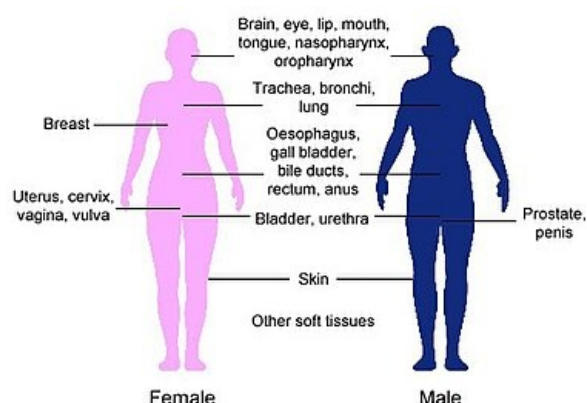
Poznámky o biologických účincích ionizujícího záření

- Výsledkem absorpce v buňce je excitace a ionizace atomů a molekul,
- při interakci iontů s molekulami vznikají radikály,
- ionty, radikály a excitované atomy interagují s molekulami buňky a způsobují poškození DNA (zlomy),
- změny na DNA způsobují změny na orgánech a organismu (zničení nádoru).

Biologický účinek ionizujícího záření závisí na faktorech chemických, biologických a fyzikálních. Chemickými faktory ovlivňující biologický účinek ionizujícího záření rozumíme především dostatek kyslíku v tkáni postižené tumorem. Více kyslíku znamená větší poškození tumoru. Buňky s větší mitotickou aktivitou jsou citlivější na ionizující záření a buňkám diferenciovaným nehrozí velké poškození. Proto se po ozařování mohou nejprve objevit akutní lokální změny na kůži (buňky kůže se rychle dělí) a teprve po delší době v některých případech nervová forma akutní nemoci z ozáření (nervové buňky mají nízkou mitotickou aktivitu). Mezi fyzikální faktory ovlivňující biologický účinek záření řadíme kvalitu záření (druh, energie a homogenita záření), rozdělení v čase a prostorovou distribuci ionizujícího záření v čase.

Zdroje ionizujícího záření

Zdroj ionizujícího záření pro brachyterapii je charakterizován druhem záření, energií, aktivitou, rozměry a filtrací. Rozdělujeme je na



Lokalizace, ve kterých je možné užití brachyterapie

- *zářiče gamma,*
- *zářiče beta,*
- *neutronové zářiče.*

Zářiče gamma

Záření gamma, které tyto zdroje vydávají, je nepřímo ionizující elektromagnetické záření. Nemá tedy náboj a energii předává nepřímo pomocí sekundárně nabitých částic, nejčastěji elektronu. Předání energie probíhá pomocí principu ionizace nebo excitace.

Radium 226

Nespornou výhodou radia využívaného v brachyterapii po desetiletí je jeho dlouhý poločas rozpadu (1620 let), tudíž nebylo nutné hledat alternativní náhrady, což snižovalo provozní náklady. Radium se rozpadá na radon, který je zářičem alfa. Rozpad alfa je provázen slabým zářením gama. V medicíně se nejvíce využívá rozpadových produktů radia, nejčastěji radia typu B a radia typu C. Efektivní energie produkovaného fotonového záření je 0,83 MeV. Používalo se ve formě nerozpustného síranu radnatého vyplňující radiofory nebo zářiče. Jedná se o dutý kovový váleček, ze slitin iridia a platiny, méně často i ze stříbra, zlata, mědi, niklu atd. Získáváme z něj záření alfa, beta a měkké záření gama. Rozeznáváme 3 základní typy: radioaktivní jehly (10–60 mm), radioaktivní tuby (zaoblené konce, 12–40 mm, 1 celulka s 5–20 mg Ra), radioaktivní celulky. V dnešní době je radium nahrazováno jinými účinnějšími radionuklidy. Hlavní nevýhodou Ra byl nízký stupeň radiační ochrany daný produkcí radonu, většinou se pracovalo s aktivními zdroji, proto byl velkému ozáření vystaven nejen pacient, ale i zdravotnický personál.

Cesium 137

Poločas rozpadu je 30 let, energie záření 0,66 MeV. Často bylo používáno pro gynekologické aplikace v podobě tub uzavřených v platiniridiových celulkách. Rozměry Cs jehel můžeme srovnávat s jehlami a tubami radiovými. U některých moderních afterloadingových přístrojích se můžeme setkat s cesiovými peletami uspořádaných do řetězců (train of sources) jako zdroji záření.

Iridium 192

Iridiové zdroje pro manuální afterloading se nejčastěji vyrábějí v podobě drátků ze slitiny 25 % iridia a 75 % platiny. Na povrchu jsou obaleny pláštěm z čisté platiny, který absorbuje beta záření. Drátky s větším průměrem jsou produkovány ve formě hair pinů (40–60 mm) a single pinů. Iridium lze rovněž získat ve formě zrn, obalených v plášti z oceli, délka zrn bývá 3–6 mm, průměr 0,5 mm. Zdroje jsou umístěny v nylonových vláknech v pravidelných intervalech.

Tantal 182

Méně časté použití, využíváno spíše k intersticiální brachyterapii, stejně jako iridium.

Cobalt 60

Jeho fyzikální poločas rozpadu je 5,29 let a střední energie dosahuje 1,25 MeV. Využívá se ve formě bodového zdroje pro automatické afterloadingové přístroje s vysokým příkonem. Cobalt má pro brachyterapii příliš pronikavé záření.

Podtypy pro radioizotopy s krátkým poločasem rozpadu

Nejčastěji bývají využívány v léčbě mozkových nádorů a nádorů prostaty při permanentních aplikacích bývají jako aktivní zdroje uloženy ve tkáni, kde se zanedlouho rozpadnou.

Zlato 198

Využíváno ve formě zrn (2,5 x 0,8 mm nebo 5 x 0,95 mm) potažených platinou. Poločas rozpadu je 2,7 dne. Do tkání bývají vpravovány aplikační pistolí.

Jód 125

Poločas rozpadu je 60 dní. Opět připravován ve formě zrn (0,8 mm v průměru, délka 4,5 mm). Absorbuje se na stříbrné tyčce. Někdy se používá i na dočasné aplikace.

Nové umělé radioizotopy

Radioizotopy se zdokonalenými parametry pro brachyterapii tzn: mají vyšší aktivitu, vhodnější energii a výhodnější poločas. Jako příklad můžeme uvést **145 samarium** nebo **103 palladium**, které postupně nahrazují I 125 v léčbě mozkových tumorů a nádorů prostaty.

Zářiče beta

Záření beta je přímo ionizující záření, korpuskulární, to znamená, že energie zářičů je předávána přímo do tkáně. Jako zářiče beta můžeme uvést **90 stroncium**, z něhož se vyzáří **90 yttrium**. Tyto zdroje se používají ve formě plochých nebo zakřivených povrchových aplikátorů. Nejčastěji bývají využívány v léčbě nenádorových povrchových poranění oka, při kterých nesmí být porušeny hlubší struktury.

Neutronové zářiče

Neutronové záření reaguje s jádrem atomu a dochází k uvolnění fotonů, protonů.

Kalifornium

Umělý radioizotop emitující neutrony, tj. záření o vysokém LET. Výhodou je vyšší účinek na hypoxické tumory. Problémy ochrany před neutronovým zářením způsobují, že je tento radioizotop používán jen na několika pracovištích ve světě, jedním z nich je Masarykův ústav v Brně.

Aplikace brachyterapie

Před aplikací zdroje ionizujícího záření je třeba přesně lokalizovat nádor, stanovit cílový objem a vypočítat rozložení dávky v rovině a v prostoru, vytvořit isodozní plán.

Formy aplikace dle umístění zdroje

- *Intrakavitární* – zdroj záření se implantuje do tělních dutin (pochva, děloha, průdušnice, rektum, jícen) například v podobě radioaktivních zrn,
- *intersticiální* – zdroj ve formě speciálních drátků či trubiček vložen přímo do postiženého místa dané tkáně,
- *technika muláží* – zdroj záření umístěn na povrch těla ve speciálních aplikátorech.

Formy aplikace z hlediska času

- *Permanentní* – zdroje jsou ponechány v cílové tkáni natrvalo, využívají se u nádorů mozku a prostaty,
- *frakcionalizovaná* – může mít podobu *jednorázového ozáření* (kožní nádory), *denního ozařování* (konvenční frakcionalizace), *hyperfrakcionace* (vícekrát než jednou denně – nižší jednotlivá, ale vyšší celková denní dávka) a *hypofrakcionalizace* (méně než 5 frakcí týdně).

Brachyterapie se používá při léčbě malých, přesně lokalizovaných nádorů, nebo jako sekundární radiální léčba k teleradioterapii. Zmírňuje také obtíže spojené se zhoubnými nádory (paliativní léčba).

Typy brachyterapie

Z radiobiologického hlediska se rozlišuje brachyterapie podle dávkového příkonu na

- **LDR brachyterapie** (*Low dose rate*)

Jedná se o brachyterapii s nízkým dávkovým příkonem (0,2–2 Gy/h). Se zvyšujícím se dávkovým příkonem se zvyšuje biologická účinnost celkové dávky a proto je nutné fyzikální dávku korigovat. Při této formě brachyterapie jsou malé duté katetry dočasně zavedené přímo do nádorové tkáně. Ozařování trvá řádově desítky hodin, většinou den či dva. LDR radioaktivní zrna se jako jediná používají při permanentní aplikaci. Jejich aktivita postupně klesá, až se stává neměřitelnou. LDR je běžně využívána na léčbu rakoviny dutiny ústní, nosohltanu, sarkomu a rakoviny prostaty.

- **HDR brachyterapie** (*High dose rate*)

Jedná se o brachyterapii s vysokým dávkovým příkonem (12 Gy/h a více). Má vyšší efekt na tumor a ještě vyšší na pozdně reagující tkáně. Ozařování zde trvá pouze desítky minut. Většina HDR ošetření se využívá ambulantně. Nejčastější využití HDR brachyterapie je v léčbě tumorů: krčku dělohy, jícnu, plic, prsou a prostaty.

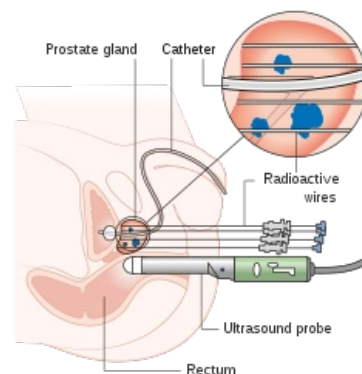


Schéma brachyterapie karcinomu prostaty

Odkazy

Související články

- Ionizující záření

Použitá literatura

- NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA, et al. *Medicínská biofyzika*. 1. vydání. Praha : Grada, 2005. 524 s. ISBN 80-247-1152-4.

- SPURNÝ, Vladimír a Pavel ŠLAMPÁ. *Moderní radioterapeutické metody. VI. díl, Základy radioterapie*. 1. vydání. Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1999. ISBN 80-7013-267-1.
- PETERA, Jiří. *Moderní radioterapeutické metody. V. díl, Brachyterapie*. 1. vydání. Brno : Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1998. ISBN 80-7013-266-3.
- FISCHER, Leoni M. *Cancer Etiology, Diagnosis and Treatments : Brachytherapy: Types, Dosing and Side Effects*. 1. vydání. Nova Science Publishers, Inc., 2011. 171 s. ISBN 9781614707936.

Elektronické zdroje

- ONKOLOGICKÝ ÚSTAV SVĚTĚJ ALŽBETY,. *Brachyterapia v liečbe karcinómu prostaty* [online]. [cit. 2014-11-29]. <<http://www.ousa.sk/sk/odborna-verejnost/odborne-pracoviska-ousa/brachyterapia-prostaty/brachyterapia>>.
- CANCER TREATMENT CENTER OF AMERICA,. *Low-dose rate brachytherapy* [online]. [cit. 2014-11-29]. <<https://www.cancercenter.com/treatments/low-dose-rate-brachytherapy/>>.
- CANCER TREATMENT CENTER OF AMERICA,. *High-dose rate brachytherapy* [online]. [cit. 2014-11-29]. <<https://www.cancercenter.com/treatments/high-dose-rate-brachytherapy/>>.
- CANCER RESEARCH UK,. *Internal radiotherapy (brachytherapy) for prostate cancer* [online]. [cit. 2014-11-29]. <<https://about-cancer.cancerresearchuk.org/about-cancer/prostate-cancer/treatment/radiotherapy/internal-radiotherapy>>.