Quizlet: https://quizlet.com/868222957/cvut-fel-bio-fyzika-pro-terapii-a-diagnostiku-flash cards/?i=16vfvg&x=1jqt

**FPT – KOMPLET OTÁZKY PRO ZKOUŠKU, ZS 2023**

**Otázky ke zkoušce – fyzikální terapie**

**1. Elektromagnetické spektrum**

*kmitočty, vlnové délky, energie*

- seřazení od největší vlnové délky k nejmenší, od nejmenší frekvence a energie

• rádiové vlny (jednotky metrů, 10^6 Hz, 10^-9 eV)

• mikrovlny (10^-2 metrů)

• IR

• VIS

• UV

• X-ray

• gama záření (10^-12 metrů, 10^20 Hz, 10^6 eV)

�� =��λ; �� = ℎ ⋅ ��

**2. Fyzikální terapie**

*základní definice a rozdělení, základní účinky, bolest, její vedení a tlumení*

- ZÁKLADNÍ **DEFINICE A ROZDĚLENÍ**

• fyzikální terapie = praktické uplatnění fyzikálních léčebných metod na živý organismus • přehled: elektroterapie, fototerapie, termoterapie, mechanoterapie, hydroterapie, balneoterapie (lázeňská léčba), radioterapie

- ZÁKLADNÍ **ÚČINKY**

• analgetický, myorelaxační a spasmolytický (uvolnění křečí), myostimulační, hyperemický (překrvený), antiedematózní (vliv na rychlost toku krve – proti otokům) disperzní (gel na kapalinu), odkladný (ústup potíží), placebo

- **BOLEST** – JEJÍ VEDENÍ A TLUMENÍ

• bolest = ochranný mechanismus

▪ typy bolesti: akutní x chronická, povrchová x hluboká, fantomová, kořenová

• nociceptory = nervová vlákna pro bolest

▪ typy – volná nervová zakončení x polymodální (kromě bolesti citlivé i na teplo, chlad) x vysokoprahové mechanoreceptory

▪ nervová vlákna A-delta (rychlá, myelizovaná, ostrá a dobře ohraničená bolest), C vlákna (bez myelinu, pomalá, špatně ohraničená bolest)

• teorie tlumení bolesti

▪ **vrátková teorie** – zpětným tlačením vedeme signál A-beta vlákny, která přehluší vlákna A delta (dovolený pouze omezený počet vzruchů)

• modulace poměrem aktivity (frekvencí vzruchů) ve vláknem o velkém a malém

průměru – v silných vláknech má tendenci tlumit přenos nocicepce (A-beta), ve

slabých vláknech usnadňuje přenos (A-delta, C)

• citlivé okolo 100 Hz, šířka pulzu 2 ms → **elektroterapie** (vliv na A-beta vlákna)

▪ **endorfinová teorie** – stimulace s cílem vyplavení peptidů – endorfinů, enkefalinů, dynorfinů (analgetický účinek)

• fyzikální terapií se snažíme zvýšit vyplavovaní těchto analgetických peptidů –

stimulace C vláken

• jde proti vrátkové teorii, stimulace nízkou frekvencí 2-5 Hz

▪ **teorie kódů** – sekvence kódů, kterou posílají nociceptory do CNS (mozku), kde je teprve

výsledný pocit dekódován

• empiricky zjištěno, že vhodná frekvence k interferenci s nociceptivními informacemi

je okolo 145 Hz (Träbertovy proudy)

**3. Elektroterapie**

*střední a efektivní hodnota el. proudu, typy léčebných proudů – Galvanoterapie, Iontoforéza, TENS, Diadynamické proudy, Rebox, Elektroakupunktura, HV terapie, Interferenční proudy, TES, ECT, I-t křivka, indikace a kontraindikace*

- **STŘEDNÍ** A **EFEKTIVNÍ HODNOTA** ELEKTRICKÉHO PROUDU

• střední hodnota proudu – **chemické** efekty, efektivní hodnota proudu – **tepelné** účinky

• tepelné efekty – Joulovo teplo �� = �� ⋅ ��2��, závislost na měrné tepelné kapacitě c

• rovnice biologického tepla – lze ovlivnit amplitudou, délkou aplikace, plochou elektrod

- **rozdělení elektroterapie** podle **frekvence**: **stejnosměrný** (galvanoterapie, iontoforéza) x **střídavý** proud (NF, SF, VF, diatermie)

- rozdělení **podle elektrochemických účinků**:

• **nulová** střední hodnota proudu – TENS proudy

• **nenulová** střední hodnota – galvanoterapie, iontoforéza, diadynamic proudy, reboxové proudy ▪ máme anodu a katodu – může docházet k elektrochemickým efektům (tkáň je vodič 2. typu – iontová vodivost)

- **typy elektroterapií**: ECT = elektrokonvulzivní terapie, elektroakupunktura, magnetoterapie, elektrostimulace, defibrilace a kardiostimulace, VF chirurgie

- TYPY **LÉČEBNÝCH PROUDŮ**

• **galvanoterapie**

▪ čistý stejnosměrný proud – náběžná rampa (aby nezpůsobovalo šok)

▪ hyporemický efekt (prokrvení), následné analgetické účinky v léčebné oblasti

▪ aplikace pomocí neinvazivních transkutánních (skrz kůži) plošných elektrod

▪ maximální hodnoty proudu pro hlavu – 4 mA; pro svaly až 10 mA

▪ čas aplikace – 5 až 20 min

▪ důležitá hustota proudu J – 0,3 až 0,8 mA/cm^2

▪ **~~katoda~~** (záporná elektroda)**~~– excitace~~**, **~~anoda – inhibice~~** (prohlubuje potenciál – ubývá

nociceptorů, které se podílejí na přenosu bolesti) (obráceně)

• **katoda – inhibice, anoda - excitace**

• **analgetická efekt** pod **anodou**, SS proud redukuje rychlost šíření vzruchů po nervovém

vlákně

▪ dochází k hromadění produktů elektrolytické disociace (kationty ke katodě), vznik hydroxidů, změna pH, elektrolýza vody na H2 a OH-

• na katodě pH roste, pod anodou pH klesá (vzniká HCl)

• anoda (nízké pH → kyselina (HCl)) – riziko popálení

• katoda (vysoké pH → hydroxid) – riziko poleptání (alkalizace pod katodou)

▪ **nebezpečí elektrochemického poškození** tkáně pod elektrodami (nevýhoda)

• proto se používá přerušovaný galvanický proud, který je lépe tolerován pacienty

• **iontoforéza**

▪ vpravování léčebné látky do organismu za působení SS proudu)

▪ léky ve formě aniontů jsou aplikovány z katody (heparin na křečové žíly), kationty z anody (histamin, prokain, mezokain)

• přidáme látku na elektrodu – látka od elektrody bude chtít pryč

▪ maximální proudová hustota 0,1 mA/cm^2

▪ aplikace v řádu minut (max 20 minut)

▪ vlastnosti metody (indikace) – analgetické účinky, lokální prokrvení, zvýšený transport iontů ▪ kontraindikace – denervovaná tkáň, osteosyntéza (fixace komplikovaných zlomenin), implantované kovy, trombóza, těhotenství, alergie na masti

• **diadynamické proudy**

▪ přidání nějaké nestejnosměrné složky – pulzy

▪ nízkofrekvenční proudy získané jednocestným nebo dvoucestným usměrněním sinusového průběhu

• MF (monophasé fix) – f = 50 Hz, jednocestný usměrňovač

• DF (diphasé fix) – f = 100 Hz, dvoucestný

▪ stimulace vláken alfa, beta (bolest)

• další různé kombinace MF a DF – CP, CP-ISO, LP

• délka aplikace 5–15 minut (elektrochemické účinky)

• indikace – akutní poranění, zvýšení lymfatické drenáže, zvýšení mikrocirkulace, analgetický účinek

• kontraindikace – kardiostimulátor, nádory, těhotenství, otevřené rány, šokové stavy, implantované kovy

• **TENS = transkutánní elektrická nervová stimulace**

▪ transkutánní = skrz kůži

▪ střední hodnota je rovna 0 – tzn., že můžeme mít na sobě pořád (dlouhodobé používání) ▪ nízkoenergetické pulzy bez elektrochemických účinků

▪ zejména na tlumení bolesti pohybového aparátu – „pain killers“

• vrátkový efekt, při dráždění pomocí tens dochází k vylučování endorfinů

• léčba chronické bolesti zad

▪ frekvence pulzů – od desítek po 200 Hz, šířka pulzu 0,05 a 1 ms

▪ indikace – pohybový aparát, prevence atrofií, chronické bolesti zad

▪ kontraindikace – těhotenství, kardiostimulátory

• **Träbertovy proudy**

▪ nízkofrekvenční obdélníkové proudy

▪ frekvence – 142 Hz (empirické zjištění z teorie kódů), šířka pulzu – 2 ms, pauza 5 ms ▪ účinky – analgetický, spasmolytický, myorelaxační

▪ aplikace 5 až 15 minut (elektrochemický účinek)

▪ indikace – chronické záněty kloubů, degenerativní onemocnění kloubů, blokují bolest ▪ poměrně velké elektrody

• **HV (high voltage) terapie**

▪ vysokonapěťové impulzy (až 500 V peak to peak), 50 až 100 microsec – délka pulzu, f = 80 Hz) ▪ aplikace – 20 minut

▪ krátké impulsy dovolují selektivní a téměř bezbolestnou stimulaci senzomotorických a motorických axonů

▪ neprodukují kontrakce denervovaných svalů

▪ indikace – zvýšení lokálního prokrvení, redukce otoků, provokace denervované oblasti, analgetika

▪ kontraindikace – kardiostimulátor, implantované kovy, nádory, těhotenství, otevřené rány • **interferenční proudy**

▪ cesta, jak dostat proud hluboko do tkáně (až desítky cm) – svalové kontrakce v hloubce ▪ elektrogymnastika svalových skupin

▪ indikace, kontraindikace jako u diadynamic proudů

▪ vzájemné působení dvou SF proudů → modulovaná složka NF proudů o rozdílové frekvenci • **reboxové proudy**

▪ SF proudy – f = 2 až 4 kHz, obdélníky, maximální amplituda – 20 microA

▪ aplikace – 20 minut (elektrochemické účinky)

• alkalizace tkáně pod katodou → analgetický efekt

▪ analgetika, antiedematózní, myorelaxační

▪ indikace – bolesti pohybového aparátu, sportovní medicína

▪ kontraindikace – kardiostimulátor, těhotenství, otevřené rány, trombóza

• Kotzovy proudy?

• **diatermie**

▪ tam, kde neprojde proud a nelze použít interferenční proudy

▪ alespoň prohřátí tkáně (hluboká zranění) → zlepšení krevního zásobení, výživy tkáně (hojivý efekt)

▪ VF proudy o výkonech ve stovkách W

▪ krátkovlnná (27,12 MHz) x ultrakrátkovlnná (433,93 MHz) x mikrovlnná (2,45 GHz) ▪ kontraindikace – těhotenství, kovové implantáty, akutní záněty, nádory

• **elektroakupunktura** – vytváření monočlánku při vpichu jehličky + vpouštění proud • **ECT = elektrokonvulzivní terapie**

▪ konstantní proud – krátké pulzy, max 200 J

▪ nelze změnit povahu člověka, celková anestézie, aby byly svaly relaxované

▪

- **I/T KŘIVKA** (Hoorweh – Weissova křivka) = popis excitability tkání

• postupné zvyšování amplitudy, než přijde nějaké reakce – snižuju i čas a zaznamenávám prahové hodnoty proudu

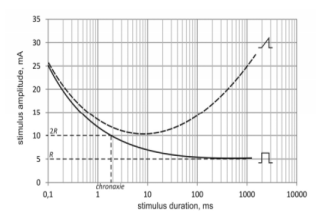
• dráždící elektroda je katoda (bodová), anoda má větší plochu

• reobáze – min amplituda proudu bez ohledu na šířku pulzu, která způsobí svalovou kontrakci ▪ „nejnižší intenzita dráždícího proudu, která vyvolá svalový stah“

• chronaxie – optimální hodnota šířky i amplitudy, která způsobí určitě kontrakci svalu (optimální z hlediska energie)

▪ „nejkratší délka impulzu, která vyvolá stah při použití proudu 2x reobáze“

▪ u zdravého svalu je to 0,3 až 0,5 ms



- **INDIKACE A KONTRAINDIKACE**

• absolutní kontraindikace – kardiostimulátor (ačkoliv nemusí být rizikové)

• těhotenství, křečové žíly u hrotových elektrod, hořečnaté stavy, nádorová onemocnění kvůli molekulárním změnám a roznášení metastáz, poraněná tkáň

- tDCS = transkraniální stimulace stejnosměrných proudem

• neinvazivní, podprahová stimulace

• efekty – změny v synaptické plasticitě, exitabilita kortexu

**4. Magnetoterapie, rTMS**

*magnetická indukce, indikace a kontraindikace*

- TMS = transkraniální magnetická stimulace

• neinvazivní forma neurostimulace

• silné magnetické pole (2 T) indukuje elektrický proud v dané části mozku

• pole tvořeno stimulační cívkou vyvolá synchronizovanou depolarizaci dipólů na membránách neuronů • impuls se šíří mozkem do různých míst, změní komunikaci mezi buňkami

• rTMS = repetitivní TMS

▪ aktivační / supresivní působení na motorické, kognitivní, senzorické funkce

▪ aplikace magnetických pulzů opakovaně v sekvenci trvající sekundy až minuty (repetitivní) ▪ NF (<1 Hz) nebo VF (> 1 Hz) stimulace (počet pulzů za sekundu)

▪ indikace – k léčbě neuropsychiatrických poruch (DLPFC = dorzo-laterální prefrontální kortex) ▪ *opakované působení krátkých pulzů silného magnetického pole na definovanou oblast mozku* → *vliv na aktivitu nervových buněk v dané lokalitě*

• kontraindikace: metalové implantáty v lebce, anamnéza epilepsie, kardiostimulátor, těhotenství

**5. Léčebný ultrazvuk**

*generátory ultrazvuku, rychlost šíření ultrazvuku v prostředí, měření výkonu ultrazvuku, oblasti využití, indikace a kontraindikace*

- ultrazvuk – mechanické kmitání nad 20 kHz (asi tak do 200 MHz)

• kombinuje dva typy vlnění – podélné kmitání (šíření v měkkých tkáních, důležité pro léčebné účely) a příčné kmitání (pouze v kostech se šíří taky příčným vlněním)

- léčebný ultrazvuk = terapeutický → označujeme jako mechanoterapie

• terapeutický účinek způsoben různou absorpcí v různých tkáních

- **GENERÁTORY ULTRAZVUKU**

• piezoelektrické měniče

▪ využívaný materiál BaTiO3 (titaničitan barnatý), PZT (olovo-zirkon-titan)

▪ využití přímého (přijímač) a nepřímého (vysílač) piezoelektrického jevu

▪ přivedením střídavého napětí dochází k mechanickým změnách

• měniče jsou laděny na určitou frekvenci, v lékařství využití měniče s tloušťkovými kmity → frekvence dána vztahem

• ultrazvuková hlavice



▪ na elektrodu přiveden vf budící puls z generátoru (vf koaxiální kabel)

▪ uzv měnič je uložen v pouzdře hlavice, v místě kontaktu se člověkem je chráněno kovovou krycí vrstvou

▪ průměr – 1 až 10 cm

▪ využívá se blízké uzv pole

- **RYCHLOST ŠÍŘENÍ UZV V PROSTŘEDÍ**

• rychlost šíření podle látky, ve které se šíří 

▪ ve vzduchu – 330 m/s

▪ ve vodě – 1500 m/s; měkké tkáně – podobně jako voda – 1450 m/s

▪ v kostech – 3800 m/s 

• výpočet pro rychlost šíření v kapalinách cK a plynech cp

▪ hustota plynu/kapaliny, modul objemové pružnosti (stlačitelnosti) 

• v pevných látkách cpl

▪ E … Youngův modul pružnosti

• útlum UZV vlny v prostředí → 

▪ alfa = koeficient absorpce, x tloušťka

▪ útlum závisí na frekvenci – vyšší frekvence → vyšší absorpce →

vyšší útlum

▪ absorpční koeficient – přímo úměrný účinnosti léčby

• zvětšuje se s rostoucím počtem bílkovin, klesá s rostoucím objemem vody

- aby bylo možné **rozlišit jemné struktury** musí být **vlnová délka menší než nejmenší struktura** • používané frekvence: 1MHz a 3 MHz

• s vyšší frekvencí roste rozlišovací schopnost, ale taky klesá hloubka průniku, protože se zvyšuje útlum - **akustická impedance** – při dopadu uzv vlny na rozhraní dvou prostředí (s různými akustickými impedancemi) se část energie odrazí zpět a část projde rozhraním 

• �� = ρ ⋅ �� , hustota prostředí a rychlost šíření

▪ největší impedanci mí kost, nejmenší vzduch

• činitel odrazu R = poměr akustických tlaků odražená / dopadající

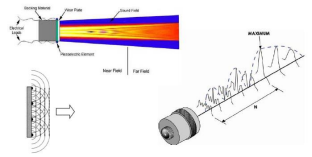
▪ odražená energie je dána rozdílem akustických impedancí

• protože tyhle odrazy od rozhraní nechceme – použití sono gelů (odstraní se vzduchová mezera (Z vzduchu je řádově hrozně malé oproti všemu ostatnímu) 

- blízké a vzdálené pole

• uzv vlna vybuzena kruhovým měničem o průměru D → akustické pole kolem osy měniče → před měničem dochází ke změnám rozložení akustického tlaku v důsledku

interference vlnění (oblasti minim a maxim)

• **blízké pole** = oblast do vzdálenosti L, to 

je vzdálenost, do jaké existuje poslední

maximum

▪ nízká divergence a velké

variance intenzit v důsledku

interferenčních paprsků

• vzdálené pole – vysoká divergence uzv

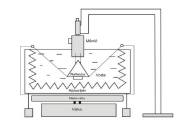
„paprsků“, nižší intenzita

- ERA = effective radioation area = účinná

vyzařovací plocha hlavice

• dána velikostí piezoelektrického krystalu

generující uzv

• od 1 do 10 cm^2 

- **MĚŘENÍ VÝKONU**

• pomocí ultrazvukových vah (uzv wattmetr)

• podle �� = �� ⋅ �� = �� ⋅ �� ⋅ �� (1 g odpovídá 14,65 W)

• slouží ke kalibraci UZV měniče

• reflektor (kužel ve vodní lázni) – připojen na mechanismus vah

• absorpční strany nádoby, aby nedocházelo k zpětným odrazům

(měření jen toho, co dopadá na reflektor)

- **VYUŽITÍ**

• absorpce energie vlny vyvolá biologické účinky – mechanické,

chemické, tepelné

• biologické účinky mohou být v závislosti na výkonu

▪ biopozitivní (do 1,5 W/cm2)

▪ reversibilní (do 3 W/cm2) – nikdy ne v kontinuálním režimu, pouze pulzně

▪ destruktivní, nevratné (nad 3 W/cm2)

• **mechanické účinky** (vyvolané kmitáním částic) – **kavitace** (zhušťování a zřeďování částic) ▪ uzv o vysoké intenzitě vyvolá velké změny tlaku

▪ v kapalinách → kavitační bubliny (růst a zánik), zánik spojen s lokálním nárůstem tlaku a teploty • **tepelné účinky** – v důsledku **absorpce energie** (změna energie na teplo kmitáním a třením částic) ▪ nejvíce na rozhraní měkká tkán a kost (největší absorpce energie (útlum)

• **chemické účinky** – zvyšování difuze v tkáních (způsobuje **prokrvení a urychlená látková výměna**) ▪ alkalóza tkáně (zvýšení pH) – nižší intenzity uzv, acidóza – vyšší intenzity uzv

• **oblasti využití** – stomatologie (kavitace zubního kamene), hypertermie (cesta k přehřátí nádoru), ultrasonoterapie poškozených tkání (analgetický, spasmolytický a vasodilatační účinek), rehabilitace, uzv čištění, rázová vlna (silný tlakový impuls, urologie, ortopedie, fyzioterapie; drcení konkrementů rázovou vlnou)

- **INDIKACE A KONTRAINDIKACE**

• indikace – artróza a artritida kloubů, otoky kloubů, terapie poúrazových bolestí (tenisový loket), bércové vředy a jizvy, bolest v kříži (lumbago), myalgie (bolest svalů po zatuhnutí)

• kontraindikace – čerstvé poranění (krvácení), fraktury, hematomy, menstruace

- výhody / nevýhody – levné, není škodlivé / kvalita závisí na lékaři, není pro plíce a mozek - diagnostický uzv (1–30 MHz) / terapeutický (500 kHz – 3 MHz, větší výkon 3W/cm2, max 15 minut)

**6. Fototerapie**

*základní rozdělení fototerapeutických metod, UV fototerapie, fotodynamická terapie, terapie viditelným světlem, IR fototerapie, diagnostické použití, indikace, kontraindikace*

- **ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ FOTOTERAPEUTICKÝCH METOD**

• UVC záření

• UVB

• UVA

• viditelné světlo

▪ léčba depresí, SAD, dermatologie, metličkové žilky (předstupeň křečových žil), pohybový aparát, novorozenecká žloutenka

• IR záření

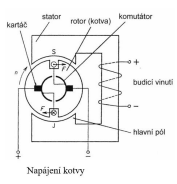
- MED = minimální erytémová dávka

• minimální dávka k vyvolání viditelného zčervenání kůže

**7. Motory používané v protetice**

*základní rozdělení motorů a jejich charakteristiky*

- požadavky na motory medicínských aplikacích:

• výkony pro manipulátory a nástroje operací - 1 W, pro peristaltické pumpu – 10 W, pro pohony, trakce a vozíky – 100 W 

• krouticí moment 1-100 mNm

• napětí 3 až 48 V

- princip roztočení motoru

• díky Lorentzově síle se kotva (rotor) pootočí o 90° ve směru

hodinových ručiček

• v pootočené poloze dojde k přepólování napájení kotvy, díky

kartáčům a komutátoru

• díky Lorentzově síle se kotva pootočí o dalších 180°

• další přepólování napájení kotvy – opakování cyklu

- náhradní schéma stejnosměrného motoru

- celkové napětí �� =

- odvození závislosti otáček na momentu

- možnosti regulace otáček motoru

• magnetický tok i zátěž konstantní – otáčky lineárně závislé na napájecím napětí

• napájecí napětí konstantní – regulace otáček také změnou buzení

• napájecí napětí i magnetický tok konstantní – s rostoucí zátěží lineárně klesají otáčky • závislost krouticího momentu na výkonu a otáčkách motoru

- rozdělení dle buzení:

• motor s **cizím buzením** (oddělené kotva od buzení, dva oddělené napájecí zdroje)

• motor s paralelním buzením (**derivační**) – stejné napájení kotvy i buzení

• motor se **sériovým buzením**

• **kompaundní** motor (motor se sériovým i paralelním buzením)

- možnosti napájení a regulace

- krokové motory

• rozdělení dle typu:

▪ s pasivním rotorem

▪ s aktivním rotorem

▪ hybridní

• řízení krokových motorů

- bezkomutátorové motody (BLDC)

**Otázky ke zkoušce – ionizující záření**

**8. Osobní dozimetr – princip činnosti.**

• jako **osobní dozimetry** se využívají především **filmové dozimetry**

• nebo taky **TLD termoluminiscenční dozimetry**

• **filmové dozimetry** (hlavně jako osobní detektory)

▪ **rtg filmy** – políčko filmu se **vkládá do plastového pouzdra**

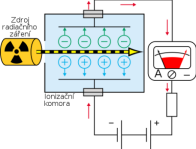
▪ **měděné a olověné** plíšky – slouží jako **filtr** pohlcující záření gama v závislosti na jeho energii ▪ nosí pracovník **pravidelně** na sobě a jednou za čas je **vyměňován a vyhodnocen** (1x za měsíc) ▪ čím **vyšší záření**, tím **tmavší ozářený film**

• **termoluminiscenční dozimetr (TLD)**

▪ **termoluminiscenční** látka – fluorid lithný **LiF**, fluorid vápenatý **CaF2**, síran vápenatý **CaSO4** ▪ v dozimetru je zapouzdřen definovaný vzorek dané termoluminiscenční látky

▪ **po expozici** látku **zahřejeme** na teplotu **160–300 °C** a fotonásobič snímá **emitované viditelné světlo** v **závislosti na teplotě**

▪ z toho uděláme tzv. **vyhřívací křivku** – **integrál** této **křivky** (plocha pod grafem) je **úměrný dávce** v dozimetru

**9. Ionizační komora – princip činnosti.** 

• **ionizační komora**

▪ tvořena dvěma elektrodami v plynném (inertním) prostředí

▪ napětí na elektrodách – řádově stovky V

▪ když je komora vystavena ionizačnímu záření – plyn se

ionizuje a začne procházet proud

▪ protože ionizační záření začne vyrážet elektrony

z původně neutrálních atomů a tím je mění na

kladné ionty, záporné elektrody se pohybují ke

kladné anodě

**10.Scintilační detektor IZ – princip činnosti.**

• **scintilační detektor**

▪ **scintilace** = excitace do vyššího energetického stavu zářením, návrat do původního stavu se projeví světelným pulzem (**deexcitace**)

▪ scintilace ve **scintilačním krystalu** – krystal schopný zachytit gama a rtg záření

▪ absorbuje ionizující záření → **excituje elektrony scintilátoru** → **deexcitace** → **emitace fotonů**

▪ fotony z krystalu jdou do **fotonásobiče a fotokatody**, kde je přes dynody světlo zesilováno a převedeno na **elektrický impuls**

**11.Rentgenka – princip činnosti.**

• **RENTGENKA**

▪ vakuová trubice, katoda (-), anoda (+)

▪ v podstatě klasická dioda v obvodu s **vysokým napětím** (20–200 kV)

▪ **katoda emituje elektrony**, které jsou **urychlovány vysokým napětím** k anodě

▪ **pronikají** do materiálu **anody**, a přitom jsou **zbrzděny** a tím vytvářejí **různé typy záření** (**charakteristické X, brzdné X**)

▪ zjednodušený princip: **katoda** je wolframové vlákno, která je **rozžhavena** a 

tím dokáže emitovat elektrony (**termoemise**)

▪ na anodě je **dostatečně vysoké kladné napětí**, aby odváděla

termoemisní elektrony od katody (elektrony jsou k ní přitahovány a

silným elektrickým polem **urychlovány** – před dopadem mají velkou

rychlost)

▪ po **dopadu** na anodu elektrony **prudce zabrzdí** – část jejich **kinetické**

**energie** se **přemění na tvrdé elmag. záření X**

▪ takové záření opouští anodu a vylétá z trubice ven

▪ konstrukční provedení – robustní provedení kvůli dvěma okolnostem

▪ vysoké napětí (stovky kV) a tepelný ohřev (převážná většina

kinetické energie se přeměňuje na teplo – anoda se zahřívá, nutné

ochlazování)

▪ **rentgenka s excentrickou katodou** a s anodou rotující uvnitř vakuové trubice

• není potřeba fokusace elektronů do téměř bodového ohniska

• anoda je aktivně chlazena průtokem chladícího média jejím vnitřkem

• pro průmyslové ozařování a radioterapeutické použití

▪ **rentgenka rotující jako celek** s čelní anodou a magnetickým vychylováním elektronového svazku (lepší chlazení)

• elektronový svazek se fokusuje do ohniska

• rotující anoda zabraňuje přehřívání ohniska

• pro rentgenovou diagnostiku

• např. mamografie

▪ nízké energie rentgenového záření (20-40 keV)

▪ anoda z molybdenu

▪ na druhé straně zobrazovací detektor nebo rtg film

**12.Výpočetní tomografie (CT) – princip činnosti.**

• obyčejné rtg zobrazení – planární (2D) projekce denzity tkáně do určité roviny

▪ nevýhoda – možné překrývání a superpozice struktur uložených v různých hloubkách ▪ výsledná odezva – součtem příspěvků v obraze

• rentgenová tomografie – řeší planární problémy, poskytuje trojrozměrné zobrazení ▪ vyšší kontrast zobrazení lézí, které na transverzálních řezech nejsou překrývány zářením z okolních vrstev

• tomografie – od slova tomos = řez

• větší počet transverzálních řezů vytváří 3D obraz – prozáření tkáně X-záření pod řadou různých úhlů • rotace rentgenky a detektoru okolo těla pacienta, intenzita prozáření je detekována a převáděna na elektrický signál – vyhodnocení zeslabení paprsků absorpcí tkáně

• rekonstrukce absorpční mapy → vznik denzitního obrazu příčného řezu

• citlivě a s vysokým rozlišení zobrazeny struktury uložené v různých hloubkách – tomografický obraz • posouváním pacienta vytvoříme řadu obrazů příčného řezu – vytvoření 3D tomografického obrazu – počítačová tomografie - spirální CT

• gantra, rentgenka, detektory (8, 16, 32), stůl

• princip:

▪ anoda produkuje brzdné záření – to prochází tělem pacienta → prošlé záření snímá detektor ▪ Hounsfieldova jednotka (HU) – jednotka míry absorpce záření X (také stupeň barevnosti při rentgenovém snímání voxelů)

▪ voxel = částice objemu – analogie pixelu

• doba snímání jednoho řezu – pod 1 sekundu

• CT se dvěma rentgenkami – DSCT (Dual Source CT)

▪ dva systémy rentgenka – detektor (kolmo k sobě) – současné snímání

▪ obě rentgenky pracují při stejném napětí – zvýšení rychlosti

• CT se dvěma rentgenkami – DECT (Dual Energy CT)

▪ dva systémy proti sobě, které snímají současně

▪ obě rentgenky pracují při různém anodovém napětí (např. 80 a 140 kV)

▪ umožňuje stanovit diferenciální denzitní analýza – umožňuje lépe rozlišovat různé druhy tkáně 

**13.Jednofotonová emisní výpočetní tomografie (SPECT) – princip činnosti.** • SPECT = Single Photon Emission Computed Tomography = tomografická scintigrafie

• využití scintilačních kamer k rekonstrukci obrazu rozložení radiofarmaka v těle pacienta • princip:

▪ podání radiofarmaka pacientovi (technecium Tc)

▪ ozáření gama zářením

▪ detekce scintilační kamerou

▪ pořízení řady scintigrafických snímků z několika směrů v rovině tomografického řezu ▪ rozložení radiofarmaka matematicky rekonstruováno z jednotlivých snímků

• využití v kardiologii, neurologii, onkologii

• zobrazuje funkci orgánů nebo metabolickou aktivitu části těla

**14.Pozitronová emisní tomografie (PET) – princip činnosti.**

• anihilace pozitronu využívá se v **pozitronové emisní tomografii (PET)** – ukazuje ochotu tkáně vychytávat příslušné radiofarmakum

▪ detekce gama záření o energii 511 keV v opačných směrech

• hybridní zobrazovací metoda – sloučení diagnostické metody s funkční metodou

• princip PET:

▪ glukóza + radioizotop fluoru

▪ aplikace radiofarmaka – buňky vychytávají radiofarmakum z krve → zvýšený metabolismus tkáně = nádorové ložisko

▪ beta+ rozpad → uvolnění pozitronu → anihilace pozitronu s elektronem → 2 fotony s E = 511 keV → vyzáření v opačném směru (180 °C) → detekce při dopadu ve stejný okamžik na protilehlých detektorech (koincidence)

• použití k diagnostice onkologických malignit – když lze zviditelnit slabou aktivitu nádorových buněk, které nejsou makroskopicky viditelné

**15.Způsoby ochrany před Ionizujícím zářením.** 

• **čas** – obdržená dávka je přímo úměrná době expozice

• **vzdálenost** – **intenzita záření** (tím pádem i dávkový příkon) se **snižuje**

**s druhou mocninou** vzdálenosti

• **stínění** – zeslabení ionizujícího záření

▪ **stínění záření gama** – materiály s velkou hustotou a protonovým číslem – **olovo**, wolfram, uran ▪ nebo tlustší slabší materiály – beton s příměsí barytu

▪ **stínění záření alfa**

▪ velmi malá pronikavost – stačí milimetrová **vrstva lehkého materiálu** (plast)

▪ často není potřeba stínit, protože se ve vzduchu samo utlumí (dolet částic několik

centimetrů)

▪ **stínění záření beta**

▪ lehké materiály – **plexisklo**, **hliník** (5-10 mm)

▪ pro tvrdší záření beta – kombinace s tenkou vrstvou olova k odstínění brzdného záření ▪ stínění neutronů – neinteragují s obalem, ale pouze s jádry

▪ vrstva materiálu bohatého na vodík pro brzdění rychlých neutronů

▪ 20cm vrstva parafinu, plastu; absorpce v kadmiu nebo boru

• **zabránění kontaminace** na pracovištích s otevřenými zářiči

▪ povrchová / vnitřní kontaminace

**16.Základní limity radiačních dávek. **• limity pro **pracovníky** v efektivních dávkách 

▪ **20 mSv/rok** – v 5 po sobě jdoucích letech

▪ nebo **50 mSv** v jednom roce s tím, že nesmí být překročena průměrná dávka 20 mSv/rok za období 5 let 

• limity pro **obyvatelstvo** v efektivních dávkách

▪ **1 mSv/rok** – po dobu 5 po sobě jdoucích let

▪ nebo **5 mSv** v jednom roce s tím, že průměrná dávka 1 mSv/rok za období 5 let není překročena • do limitů nespadá lékařské ozáření a ozáření z přírodních zdrojů

**17.Princip ALARA.**

• princip optimalizace záření **A**s **L**ow **A**s **R**easonably **A**chievable

• pro všechny zdroje v rámci dané činnosti musí být **velikost individuálních dávek**, **počet osob** vystavených záření a **pravděpodobnost ozáření** tak nízká, jak lze rozumně dosáhnout

**18.Deterministické a stochastické účinky IZ, vzájemné rozdíly.**

• biologické účinky se projevují na úrovni molekulární, buněčné, tkáňové i celistvého organismu • pro potřeby radiační ochrany rozlišujeme:

▪ **deterministické účinky**

▪ zánik buněk, ztráta funkce tkání a orgánu **záhy po ozáření**

▪ klinicky jednoznačný projev

▪ účinky nastanou až po dosažení určité **prahové dávky** (specifická hodnota pro jednotlivé typy účinků)

▪ pod tímto prahem se účinek neprojevuje

▪ ochrana před deterministickým účinkům – jejich úplné vyloučení – zamezení dosažení prahových dávek (stanovení závazných **limitů pro tkáňové ekvivalentní dávky**)

▪ **stochastické účinky**

▪ **důsledky změn** v buňkách, které **přežili ozáření**

▪ vývin buňky v nádor až po **časovém odstupu** (letence několik let pro novotvary)

▪ **neexistuje prahová dávka (**žádná není považována za bezpečno)

▪ nelze odlišit od spontánního výskytu

▪ s dávkou vzrůstá pravděpodobnost vzniku

**19.Sledované a kontrolované pásmo se zdroji IZ, vzájemné rozdíly.** • SLEDOVANÉ PÁSMO 

▪ tam, kde se očekává, že by efektivní dávky mohla **přesáhnout 1**

**mSv/rok**

▪ pouze **monitoring** pracoviště

• KONTROLOVANÉ PÁSMO

▪ tam, kde by efektivní dávka mohla **překročit 6 mSv/rok** (vyšší než 3/10 

limitu pro radiační pracovníky – 20 mSV/rok)

▪ vstup **pouze pro poučené osoby**, musí mít u sebe osobní dozimetr,

popř. ochranné pomůcky

▪ zákaz těhotným ženám, zákaz pití, jídla, kouření

**20.Externí radioterapie.**

• rozdělení radioterapie podle umístění zdroje záření ve vztahu k tělu nemocného

• externí radioterapie – zevní – zdroj umístěn několik desítek centimetrů od pacienta (mimo tělo pacienta) • využití brzdného záření – kolimace mnoholistým kolimátorem

**21.Brachyterapie.**

• zdroj záření je umístěn v těsné blízkosti ložiska nebo přímo do původního místa nádoru • lokální aplikace ve srovnání s zevní radioterapií – zvýšení dávky v nádoru bez většího ozáření okolních zdravých tkání

**22.Radioizotopový ozařovač – princip činnosti.**

• RADIOAKTIVNÍ ZÁŘIČE

▪ přírodní radionuklidy (thorium, uran235)

▪ **uměle vyrobené** – Co-60, Ir-192, Cs-137

▪ **Co60** – poločas rozpadu 5,27 let

• rozpadem vzniká gama záření

• určené pro hloubkovou radioterapii

• kobaltová hlavice, gama nůž (Leksellův)

▪ **Ir192**

• použití na brachyterapii (zavedení přímo do nádoru nebo do oblasti okolo něj)

• gama zářič

• poločas rozpadu 74 dní

▪ **I (jód) 125**

• malý dosah, neohrožuje okolní lidi

• permanentní brachyterapie

**23.Lineární urychlovač – princip činnosti.**

• svazek urychlován elektromagnetickou vlnou – ta je zpomalována, aby se dostala na stejnou rychlost jako jsou emitovány elektrony z katody

• …

• kinetická energie se mění na brzdné záření – charakter fotonového svazku

• na výstupu – ionizační komora, kterou prochází svazek (podle toho je řízena dávka ozáření) • systém kolimátorů – aby záření vycházelo jen v určitém směru

▪ mnoha-listý kolimátor s lamely, aby byl ozařován pouze tvar nádoru

▪ **lineární urychlovač**

▪ = působením silných elektrických a magnetických polí **urychlují nabité částice**

▪ **zlatý standard v radioterapii**

▪ uměle urychlit lze pouze elektricky nabité částice

▪ urychlovací trubice (elektrostatické vysokonapěťové)

▪ **elektrostatická urychlovací soustava**

• **částice** vstupují **do urychlovacího systému** z **iontového zdroje**

• urychlovací soustava je tvořena **kovovými válcovými elektrodami** (V1, V2, …)

• mezi elektrodami postupně **vzrůstá** 

**napětí** (U1, U2, …)

• nabité částice jsou urychlovány

elektrostatickým polem na energii

danou součtem napětí na jednotlivých

elektrodách

• napájení urychlovacích elektrod je od

několika kV do 5 MV

▪ **vysokofrekvenční urychlovací soustava (lineární urychlovače)**

• **válcové elektrody** jsou připojeny **ke střídavému napětí**

• liché válce jsou připojeny k jednomu pólu a sudé válce k druhému pólu

• k vlastnímu **urychlení dochází v mezerách** mezi elektrodami

**24.Plánování radioterapie – účel + hlavní body procesu.**

• **plánování radioterapie** – předchází samotnému ozařování

▪ jeho výsledkem je ozařovací plán

▪ snaží se, aby ozáření patologického ložiska bylo dostatečně účinné a selektivní

• obsahuje všechny konkrétní detaily ozařovacího procesu

▪ podrobné diagnostické snímky ozařované oblasti

▪ snímky z CT, popř. MRI, PET nebo scintigrafií – slouží pro přesnou lokalizaci nádorového ložiska

▪ stanovení **velikosti a tvaru**, **rozložení hustot tkání** (stanovení cílového objemu)

▪ „jaká místa se mají ozářit a jaké nemají“

▪ směry a velikosti svazků záření (ozařovací pole) – intenzita, energie a geometrické parametry svazku záření

▪ data jsou ze simulátoru (napodobuje celý proces ozařování a umožňuje jeho optimalizaci)

**25.Způsoby modifikace svazku IZ.**

• klíny

▪ formování tvaru svazku záření

▪ kompenzace různé tloušťky materiálu – vyhnutí se kritickým strukturám

▪ kombinace dvou klínů

▪ korekce chybějící tkáně, korekce nehomogenity (zakřivený povrch) a dávkové distribuce ▪ typy klínů – mechanické (pevně daný sklon), dynamické (pohyb sekundární clony, úhel sklonu se volí dle potřeby)

• bolus

▪ tkáňově ekvivalentní materiál určité tloušťky

▪ zvýšení dávky na kůži

▪ výsledkem je dávková distribuce podobná jako na rovném fantomu

▪ ke kompenzaci nepravidelného tvaru povrchu či k úpravě dávky

▪

• kompenzátor

▪ stejný vliv na dávkovou distribuci jako bolus

▪ není tkáňově ekvivalentní (např. Pb)

▪ zachovává nízkou dávku na kůži

▪ náročnější výroba

**26.Hloubková závislost ionizace urychlenými elektrony, protony, fotony.** • u rtg svazků je maximum hloubkové dávky na povrchu a potom klesá (s hloubkou)

▪ s rostoucí energií se zvyšuje dosah hloubkové dávky

• u mV fotonových svazků povrchová dávka menší než maximální (ta je v hloubce maxima) ▪ povrchová dávka klesá se zvyšující se energií svazku

• … naučit se graf! …

**27.Absorpce záření v látkách. Na čem závisí lineární součinitel zeslabení?** • mechanismy interakce záření s hmotou způsobují, že určitá část **kvant ionizujícího záření** se při průchodu látkou **absorbuje**

• při průchodu záření látkou dochází k jeho **zeslabení** (intenzita prošlého záření I), často dochází i ke změně jeho spektrálního rozložení (vznik sekundárního záření)

• míra absorpce závisí na energii záření, tloušťce a hustotě ozařovaného materiálu

• **exponenciální závislost** závisející na tloušťce absorbující látky *d* a lineárním součiniteli zeslabení • hodnota **lineárního součinitele zeslabení závisí** na **hustotě** a **protonovém číslem** Z absorpčního materiálu a taky na **energii záření**

▪ je tím vyšší, čím vyšší je hustota a protonové číslo

▪ a je tím nižší, čím vyšší je energie záření

