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)

$$f = \frac{c}{\lambda}$$
; $E = h \cdot f$

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 Adelta (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

$$I_S = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} i(t) dt$$
 $I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} i^2(t) dt}$ $\Delta T = \frac{1}{\sigma \cdot \rho \cdot c} \cdot J^2 \cdot t$

- tepelné efekty Joulovo teplo $Q = R \cdot I^2 t$, 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

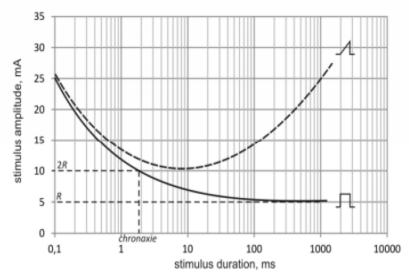
• interferenční proudy

- 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

$$f_{\rm r} = n \frac{c}{2 \cdot d}$$
 (Hz), $n = 1, 3, 5 \dots$

- 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 →
 - 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 $R = \frac{p_0}{p_d} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$
 - $Z = \rho \cdot c$, 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

 $c_{\rm k} = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$

 $c_{\rm p} = \sqrt{\frac{\kappa p_0}{\rho_0}} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$

 $c_{\rm pl} = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$

 $I(x) = I(0) e^{-2\alpha x}$

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

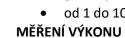
$$L = \frac{D^2 - \lambda^2}{4\lambda} \cong \frac{D^2}{4\lambda}$$

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)

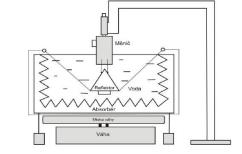
 $\varphi = \arcsin\left(1,22\frac{\lambda}{D}\right)$

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



- pomocí ultrazvukových vah (uzv wattmetr)
- podle $P = c \cdot F = c \cdot m \cdot g$ (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

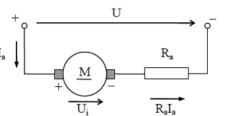
- ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ FOTOTERAPEUTICKÝCH METOD

- 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

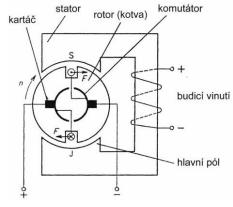
7. Motory používané v protetice

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 U =
- odvození závislosti otáček na momentu



Napájení kotvy

- 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)

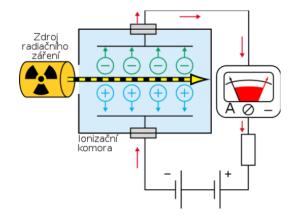
Otázky ke zkoušce – ionizující záření

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



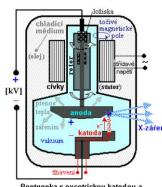
10. Scintilační detektor IZ – princip činnosti.

- 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 excetrickou katodou a s anodou rotující uvnitř vakuové trubice

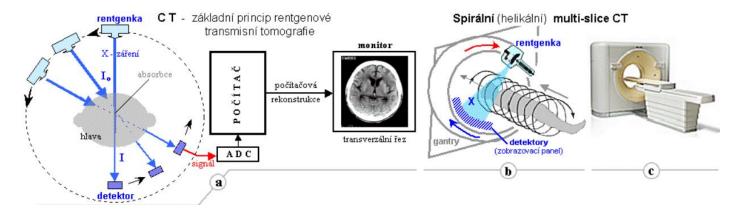
- rentgenka s excentrickou katodou a s anodou rotující uvnitř vakuové trubice
 - není potřeba fokusace elektronů do téměř bodového ohniska
 - anoda je aktivně chlazena průtokem chladícího média jejím vnitřkem
 - pro průmyslové ozařování a radioterapeutické použití
- rentgenka rotující jako celek s čelní 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
- $I = \frac{I_0}{4\pi d^2}$

- **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

$$D = \frac{E}{m} \left[Gy = \frac{J}{kg} \right]$$

 $H_{\rm T} = D_{\rm T}.w_{\rm R}$ [Sv]

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
- limity pro **obyvatelstvo** v efektivních dávkách

$$E = \sum H_{\rm T}.w_{\rm T}$$
 [Sv]

- 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 As Low As Reasonably Achievable
- 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

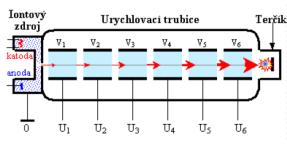
- kobaltová hlavice, gama nůž (Leksellův)
- Ir192
 - použití na brachyterapii (zavedení přímo do nádoru nebo do oblasti okolo něj)
 - gama zářič
 - poločas rozpadu 74 dní
- I (jód) 125
 - malý dosah, neohrožuje okolní lidi
 - permanentní brachyterapie

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
- Urychlovací trubice Terčík zdroj 3 anoda 0 U_1 U_2 U_3 U_4 U_5 U_6
- 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

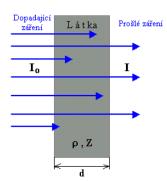
26. Hloubková závislost ionizace urychlenými elektrony, protony, fotony.

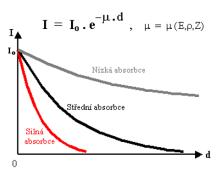
- u rtg svazků je maximum hloubkové dávky na povrchu a potom klesá (s hloubkou)
 - s rostoucí energií se zvyšuje dosah hloubkové dávky
- u mV fotonových svazků povrchová dávka menší než maximální (ta je v hloubce maxima)
 - povrchová dávka klesá se zvyšující se energií svazku
- ... naučit se graf! ...

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





 μ - lineární součinitel zeslabení