

FYZIKA V ZDRAVOTNÍCTVE

Oľga Holá¹, Viera Lehotská², Erzsébet Fűri³

¹Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU, Bratislava

²II. Rádiologická klinika Lekárskej fakulty UK Bratislava, OÚSA Bratislava

³Onkologický ústav sv. Alžbety, Bratislava

Abstrakt: V príspevku sú prezentované videofilmy z oblasti využitia fyzikálnych princípov v zdravotníctve. Ide o bližší pohľad na využitie röntgenových lúčov v lekárskej diagnostike – klasické a digitálne rtg prístroje, skiaskopy, mamografy. V ďalšom filme sa zaoberáme modernými zobrazovacími technikami v medicíne – ako sú počítačové tomografy, magnetická rezonancia a ultrasonografy, včítane Dopplerovského sonografu.

Kľúčové slová: rtg prístroje, skiaskop, mamograf, počítačová tomografia, magnetická rezonancia, ultrasonograf

Úvod

Prezentované videofilmy budú súčasťou multimediálnej učebnice „Ionizujúce žiarenie a radiačná ochrana“, ktorá bude využiteľná ako pri prezenčnej, tak v rôznych dištančných formách štúdia na univerzitných ako aj technických vysokých školách, ako aj v rôznych typoch e-learningového vzdelávania pracovníkov z praxe. Obsahová náplň tejto internetovej učebnice je plánovaná širokospektrálne včítane fyzikálnych, chemických, biologických a zdravotníckych aspektov radiačnej problematiky. Dôležitou súčasťou multimediálnej učebnice je analýza reálnych situácií zobrazených na videoklipech, respektíve vo videofilmoch, ktoré zachytávajú udalosti, ktoré sa dejú mimo priestoru školy, či už v laboratóriu alebo priamo v praxi, napr. v zdravotníckych zariadeniach, jadrových elektrárnach, urýchľovačoch a iných pracoviskách s ionizujúcim žiarením. Na základe analýzy týchto videoklipov je možné vysvetliť fyzikálnu a chemickú podstatu sledovaných dejov, čo študujúcim prispeje k ich všeobecnému rozhľadu a transparentnej aplikácii teoretických poznatkov do praxe a práve na základe spoznania podstaty dejov je možné budovať systém radiačnej ochrany na vedeckej báze. Röntgenové žiarenie využíva najfrekvencovanejší medicínsko-diagnostický odbor nazývaná rádiológia. Rádiológia sa delí podľa prístrojovej techniky a fyzikálnej podstaty zobrazovacích metód na:

- tzv. "klasickú" alebo "konvenčnú" rádiológiu
- počítačovú tomografiu (CT)
- ultrasonografiu (USG)
- magnetickú rezonanciu (MRI)

USG a MRI síce nevyužívajú ionizujúce žiarenie, ale majú nenahraditeľné uplatnenie medzi diagnostickými metódami v medicíne.

V príspevku predstavujeme dva videofilmy - jednak z oblasti využitia ionizujúceho žiarenia a jednak prehľad moderných zobrazovacích metód v rádiológii a v lekárskej diagnostike.

1. Videofilm: „Využitie röntgenových lúčov v lekárskej diagnostike“

Réžia: Oľga Holá

Odborná spolupráca: Viera Lehotská, Erzsébet Fűri

Scenár: Oľga Holá, Erzsébet Fűri

Kamera: Oľga Holá

Komentár: Viera Lehotská, Oľga Holá

ÚFCHCHF FCHPT STU, Bratislava 2008

Videofilm bol natočený na pracoviskách 2. rádiologickej kliniky Lekárskej fakulty UK a Onkologického ústavu sv. Alžbety v Bratislave. Vo filme sú zjednodušene popísané a ukázané činnosti tých prístrojov, ktoré v lekárskej diagnostike využívajú röntgenové lúče. Ide o digitálnu skiaskopiu, angiografiu, **rtg digitálny prístroj** (obr.1), zubný röntgen, mamograf a v závere filmu navštívime pracovisko vákuovej mamotómie.



Obr. 1 Digitálny röntgenový prístroj

Pri röntgenologickom vyšetrení ide o vyšetrenie nedostupných orgánov pomocou röntgenových lúčov prepúšťaných cez orgán – transmisiou. Predovšetkým sú to klasické, všetkým známe röntgenologické vyšetrenia pľúc, kostí, hrudných, brušných a iných orgánov pomocou klasických röntgenových zariadení. Donedávna sa pre tieto účely používali rôzne analógové (konvenčné) röntgenové zariadenia s fotografickým filmom. Ďalej sú to invazívne röntgenologické vyšetrenia ako sú **angiografia**, koronarografia, vyšetrenia s kontrastnými látkami, a pod. Na moderných pracoviskách sa dnes už pracuje pomocou digitálnych rádiodiagnostických zariadení ako sú **digitálne skiaskopy**, digitálne rtg-prístroje všetkých druhov, vrátane panoramatického zubného röntgenu, i keď väčšina pracovísk má ešte klasický zubný röntgen (obr.2), digitálne prístroje pre **mamografické** vyšetrenia (obr.3), umožňujúce vykonať okrem bežného snímkovania aj vákuovú mamotómiu ambulantnou formou.



Obr. 2 Konvenčný zubný röntgen

Pri **vákuovej mamotómii** ide o odstránenie malých lézií mliečnej žľazy z prsníka bez klasického operačného zákroku. Prístroj pozostáva z presného stereotaktického

zacielenia patologického ložiska v prsníku v príslušných rovinách pomocou mamografie alebo ultrasonografie. Následne sa pri lokálnom znecitlivení do ložiska zavádza hrubšia bioptická ihla, do ktorej je vákuom nasaté a následne odsaté patologické tkanivo. Výhodou tohto postupu je to, že ihla môže zostať zavedená v ložisku a z daného miesta odobrať podstatne väčšie množstvo tkaniva ako pri klasickej biopsii, niekedy dokonca odstrániť celé podozrivé ložisko. Navyše materiálu je dostatočné množstvo i na podrobnejšie imunohistochemické vyšetrenia. Táto metóda šetrí pacienta pred zložitým chirurgickým zákrokom a umožňuje odstrániť mikrolézie z prsníku ambulantným spôsobom.



Obr. 3 Mamograf

2. Videofilm: „Moderné zobrazovacie techniky v rádiológii a v lekárskej diagnostike“

Réžia: Oľga Holá

Odborná spolupráca: Viera Lehotská, Erzsébet Fűri

Scenár: Oľga Holá, Erzsébet Fűri

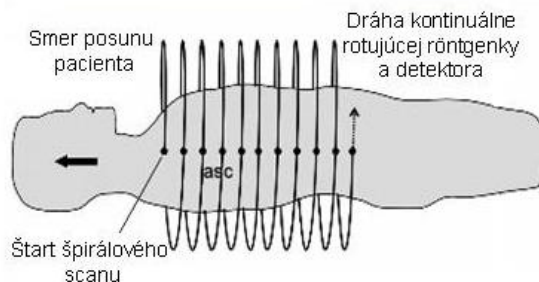
Kamera: Oľga Holá

Komentár: Viera Lehotská, Oľga Holá

ÚFCHCHF FCHPT STU, Bratislava 2008

Vo filme navštívime pracovisko počítačovej tomografie a magnetickej rezonancie so zjednodušeným vysvetlením princípov činnosti týchto prístrojov. Ďalej je vysvetlený princíp ultrasonografie a Dopplerovskej sonografie a ich využitie v lekárskej diagnostike.

V diferencálnej diagnostike onkologických ochorení, ale aj iných majú dnes veľký význam najmä **počítačová tomografia** (computer tomography - CT) a magnetická rezonancia. Moderné počítačové tomografy, využívajúce röntgenové žiarenie a matematické modelovanie pomocou počítačov, umožňujú získať anatomické informácie o morfológických zmenách v ľudskom organizme s niekoľko milimetrovou presnosťou. Vo filme sú spomínané konvenčné tomografy, špirálové (obr.4) a „multi-slice“ počítačové tomografy.



Obr. 4 Princíp špirálového počítačového tomografu

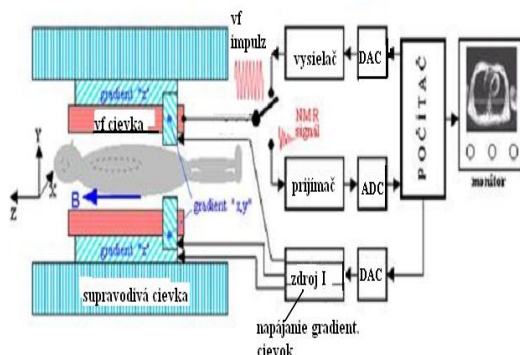
Nukleárna magnetická rezonancia –v skratke NMR - je metóda založená na orientovaní magnetických momentov jadier vo vonkajšom magnetickom poli. Pokrok v počítačovej technike umožnil využitie NMR signálu na vytvorenie obrazu hustoty protónov vo vyšetřovanom objekte.

Možnosť využitia NMR v lekárskej diagnostike prvýkrát prezentoval Dr. Damadian, ktorý objavil, že rôzne druhy biologických tkanív emitujú signály s rôznou vlnovou dĺžkou a nádorové tkanivá emitujú dlhšie trvajúce signály ako zdravé tkanivo. Profesor Paul Lauterbur dokázal zakódovanie multidimenzionálneho rozloženia priestorovej informácie do signálu magnetickej rezonancie. Matematickú analýzu týchto signálov a prevod do obrazovej formy uskutočnil Sir Peter Mansfield. Spoločne prevzali v r. 2003 Nobelovu cenu za medicínu práve za rozvoj metódy MRI (**magnetic resonance imaging**).

Základom prístroja magnetickej rezonancie (obr.5) je zdroj silného homogénneho magnetického poľa. Môže to byť permanentný magnet, elektromagnet, v súčasnosti najčastejšie supravodivý elektromagnet, chladený tekutým héliom. Magnetická indukcia tohto poľa má hodnotu od 0,1 do 3 T.

Ak umiestnime vyšetřovaný objekt do takéhoto silného magnetického poľa, magnetické momenty jadier sa zorientujú v smere indukčných čiar. Ak potom vyšleme krátky striedavý elektromagnetický signál, magnetický moment jadra sa dočasne vychýli z tohto smeru. Jadro vykonáva precesný pohyb okolo smeru magnetickej indukcie za súčasného vyžarovania elektromagnetickej vlny, až pokým sa nevráti do pôvodného smeru. Časy návratu, tzv. spin-mriežkový a spin-spinový relaxačný čas sú nositeľmi dôležitej informácie o vzájomnom pôsobení jadier a charakterizujú biochemické vlastnosti a štruktúru vyšetřovaného tkaniva.

Priestorovo-geometrické kódovanie súradníc vo vyšetřovanom objekte je dosiahnuté superponovaním prídavného gradientného magnetického poľa, vytváraného dvojicami gradientných cievok.



Obr. 5 Schéma činnosti MRI

Celý prístroj je kvôli tieneniu umiestnený vo Faradayovej klietke, aby sa zabránilo interferencii s iným elektromagnetickým vlnením.

Magnetickú rezonanciu môžeme pozorovať len u jadier s nepárnym počtom nukleónov, ako sú izotopy ^1H vodíka, ^{13}C uhlíka, ^{15}N , ^{19}F . Najčastejšie sa metódou MRI zobrazujú vodíkové jadrá, a to protónová hustota a relaxačné časy, ktoré sú odlišné pre rôzne druhy tkaniva a závisia od jeho fyziologického, či patologického stavu. Na zvýšenie kontrastu zobrazenia určitých štruktúr sa používa feromagnetická kontrastná látka na báze gadolína. MR sa stala jednou z najvýznamnejších diagnostických metód v medicíne, jej obrovskou výhodou je jej neinvazívnosť, nezaťažuje pacienta ionizujúcim žiarením.

Ultrasonografia patrí k najpoužívanejším klinickým zobrazovacím metódam kvôli rýchlemu okamžitému zobrazeniu, ľahkej dostupnosti, finančnej nenáročnosti a najmä kvôli jej neinvazívnosti. **Ultrazvuk** je mechanické vlnenie s frekvenciou vyššou ako 20 kHz, čo je medza počuteľnosti. Pre diagnostické účely sa však využíva ultrazvuk s frekvenciou rádovo megahertzov. Ultrazvukové vlny sa v mäkkých tkanivách a tekutinách šíria ako pozdĺžne vlnenie a v kostiach aj ako priečne vlnenie. Každé prostredie môžeme charakterizovať fázovou rýchlosťou šírenia sa ultrazvuku v ňom, akustickou impedanciou a útlmom. Diagnostická informácia je získavaná zachytením a spracovaním ultrazvukových signálov odrazených od rôznych tkanivových rozhraní. Odrazený signál – echo – je nositeľom morfologickej informácie o odrazivosti jednotlivých tkanivových štruktúr.

Zachytený odrazený signál sa pomocou analógovo-digitálneho prevodníka ďalej spracováva počítačovou technológiou. V súčasnosti sa využívajú dynamické systémy zobrazenia vyšetrovanej oblasti, umožňujúce aj sledovanie pohybu. Veľmi časté je napríklad pozorovanie vývoja embrya v tele matky. Súčasné ultrasonografy (obr.6) pracujú už s trojdimenzionálnym zobrazením, alebo aj s tzv. 4D zobrazením, kde štvrtým rozmerom je čas. Technológia rekonštrukcie obrazu je analogická ako pri iných tomografických metódach.



Obr. 6 Ultrasonograf

V ultrazvukovej diagnostike sa využíva aj Dopplerov jav. Ak sa pozorovateľ a zdroj vlnenia navzájom približujú, bude pozorovateľ vnímať vyššiu frekvenciu, a pri vzájomnom vzdalovaní nižšiu frekvenciu, ako je skutočná frekvencia vysielaná zdrojom. Rovnaký princíp platí ak sa nepohybuje zdroj ale reflektor, na ktorom sa ultrazvuk odráža. Tento jav využívajú **dopplerovské detektory** a merače rýchlosti prúdiacej krvi. Rozdiel frekvencií vyslanej ultrazvukovej vlny a prijatej odrazenej vlny od pohybujúcej sa krvi je úmerný rýchlosti toku krvi. Počítačovým spracovaním

môžeme farebným kódovaním odlíšiť smer toku krvi. Zvyčajne tok od sondy je modrý, k sonde červený, jas farby je funkciou rýchlosti toku.

V moderných zdravotníckych zariadeniach už existuje vnútorná počítačová sieť s prepojením výsledkov získaných pomocou rôznych zobrazovacích diagnostických metód. Takáto fúzia umožňuje získať anatomické informácie o morfológických zmenách v ľudskom organizme s veľkou presnosťou.

Záver

Prezentované videofilmy sú prvou časťou pripravovanej série videofilmov z oblasti využitia ionizujúceho žiarenia v medicíne. V ďalších videofilmoch sa chceme zamerať na rádioterapiu ako aj na využitie otvorených žiaričov v diagnostike a terapii - oblasť nukleárnej medicíny. Samostatným filmom sa chceme venovať radiačnej ochrane v medicíne.

PodĎakovanie

Autori ďakujú vedeniu II. rádiologickej kliniky LF UK a OÚSA v Bratislave, ako aj organizátorom výstavy „Podďte sa pozrieť dovnútra“ za umožnenie natočenia videofilmov ako aj za inšpiráciu pri tvorbe scenára.

Videofilmy vznikli s finančnou podporou grantovej agentúry KEGA MŠ SR (KEGA projekt č. 3/3062/05).

Adresa autora

Doc. RNDr. Oľga Holá, PhD.

Ústav fyzikálnej chémie a chemickej fyziky

Fakulty chemickej a potravinárskej technológie

Slovenskej technickej univerzity

Radlinského 9, 812 37 Bratislava

Email: olga.hola@stuba.sk