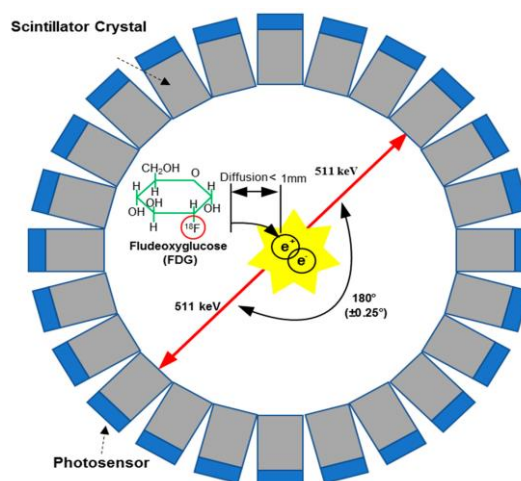
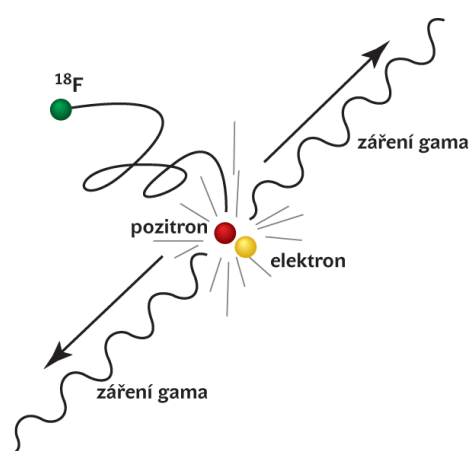


Hybridní systém PET/MR

Magnetická rezonance je neinvazivní zobrazovací metoda, která nevyužívá ionizujícího záření. Tato metoda poskytuje informace nejen o vnitřní stavbě těla, ale i o fyziologii a funkci jednotlivých orgánů. Využívá se změny chování některých atomových jader umístěných v silném magnetickém poli při současném použití radiofrekvenčních impulzů. Více v kapitole o Magnetické rezonanci

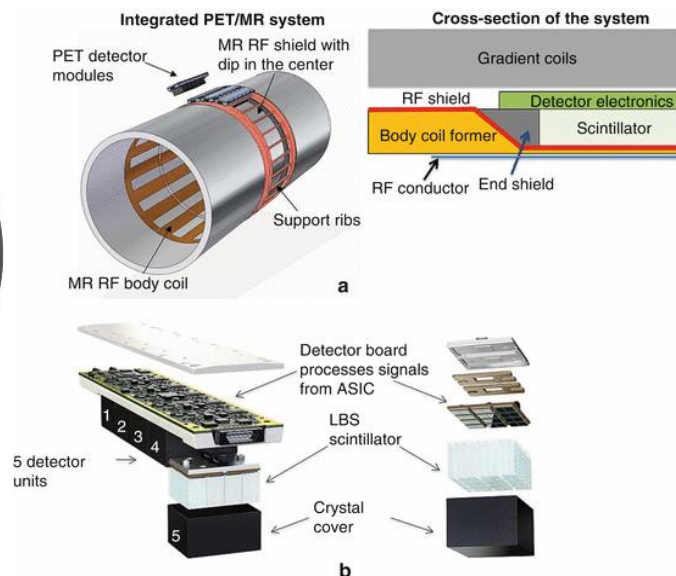
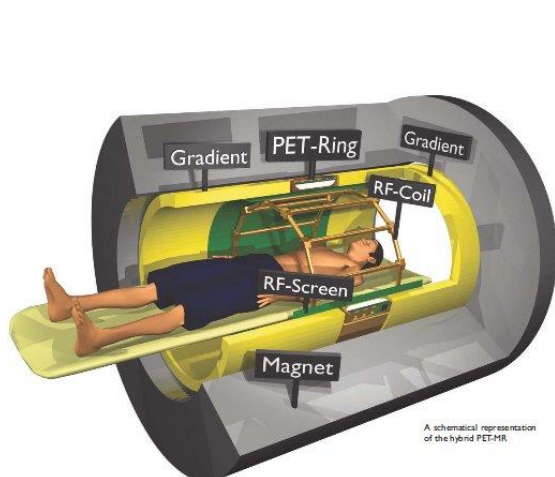
PET (Positron Computerized Tomography) je metoda založená na detekci fotonů **anihilačního záření** gama (o energii 511 keV). Fotony vznikají při anihilaci pozitronů s elektrony v tkáni pacienta. Pozitrony jsou vyzařovány z radiofarmaka (např.: FDG - fluor-2-deoxy-D-glukosa) aplikovaného pacientovi.

Fotony vylétávají opačnými směry (180°). Tyto fotony anihilačního záření se **koincidenčně detekují** prstencovým scintilačním detektorem. Počítačovou rekonstrukcí přímkových průřezů koincidenčních míst se vytvářejí obrazy příčných řezů a příp. prostorové 3rozměrné obrazy. Více v kapitole zobrazovací systémy v Nukleární medicíně.



Konstrukce hybridního systému PET/MR

Přidání detektorů PET do otvoru MR nebo do jeho blízkosti není nijak jednoduché, protože PET detektory degradují homogenitu magnetického pole a způsobují obrazové artefakty. Zejména pokud detektory obsahují magnetické kovy. Bylo tedy potřeba zkonstruovat PET část kombinovaného skeneru takovým způsobem, aby se minimalizoval dopad na homogenitu magnetického pole. Konstrukci hybridního systému umožnily polovodičové detektory, protože neinteragují s magnetickým polem. Detektorový systém PET je uložen mezi systémem gradientních cívek a systémem vysílacích radiofrekvenčních cívek.

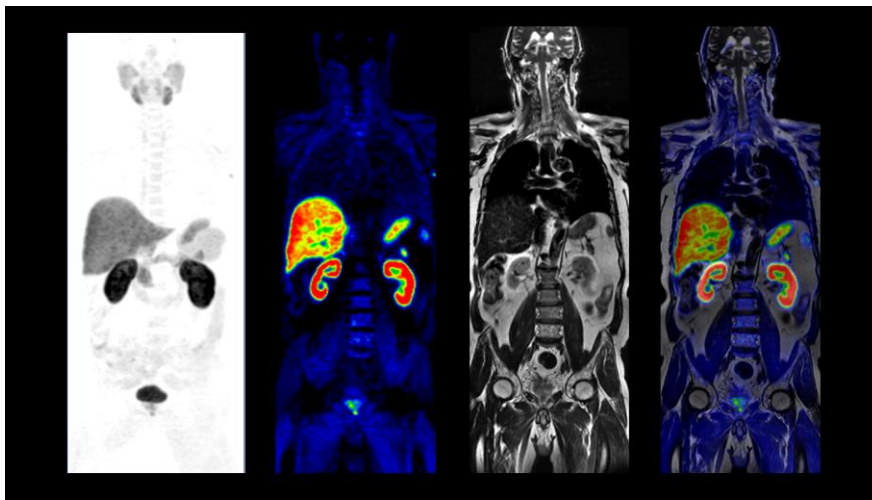


TOF - časová lokalizace místa anihilace

Fotony se do protilehlých směrů rozlétají rychlostí světla $c \approx 300000$ km/s. Pokud dojde k anihilaci uprostřed koincidenční přímky, jsou oba fotony detekovány současně. Pokud však došlo k anihilaci mimo střed, bude mít jeden foton kratší dráhu letu než ten druhý. Z časového rozdílu pak lze zjistit radiální souřadnici místa anihilace na koincidenční přímce. Lokalizace místa vyzáření anihilačních fotonů umožňuje zlepšit poměr signál-šum ve výsledných obrazech.

Akvizice dat PET probíhá v několika pozicích, kdy je postupně zobrazen celý vyšetřovaný objem. Simultánně s PET akvizicí probíhá akvizice dat MR. Získaná data MR slouží jak pro diagnostické účely, tak pro následné sloučení obrazů PET a MR (tedy jako mapa).

Sloučení obrazů je výstupem a výhodou tohoto hybridního systému. Umožňuje obraz PET s patologickými ložisky, která jsou zobrazena pomocí radiofarmaka sloučit s obrazy magnetické rezonance. Systém tedy umožňuje zobrazení patologie v anatomických strukturách lidského těla.



Výhody a nevýhody PET/MR

Výhody: nižší radiační zátěž než u PET/CT

- velmi dobré zobrazení orgánových struktur
- zjištění rozsahu onemocnění
- hodnocení účinnosti léčby

Nevýhody: aplikace radiofarmaka

- časová náročnost vyšetření
- cena

Radiofarmaka:

Jsou látky obsahující radioaktivní prvek (izotop) s pozitronovým rozpadem a krátkým poločasem rozpadu (^{18}F (110 min), ^{11}C (20 min), ^{15}O (10 min), ^{13}N (2,7 min)). Příkladem ^{18}F radiofarmak jsou:

FDG – florodeoxyglukoza

FLT - fluorothymidin

FCH – fluorocholesterol

Kontraindikace jsou stejná jako u vyšetření samotnou magnetickou rezonancí.

- absolutní kardiostimulátor (s výjimkou MR kompatibilních kardiostimulátorů)
- ponechané elektrody po deplataci kardiostimulátoru
- defibrilátor
- elektronické implantáty (kochleární či inzulinová pumpa) – pokud není písemně doložena jejich kompatibilita s MR
- kovová tělesa v oku - vlivem magnetického pole by mohlo dojít k posunutí kovu

relativní stenty a kovové embolizační materiály, kloubní náhrady, osteosyntetický materiál a dentální implantáty – méně než 6 týdnů od implantace, pokud není doložena jejich kompatibilita s MR
klaustrofobie
těhotenství

Uplatnění: Uplatňuje se zejména v onkologii – k diagnostice primárních nádorů, metastáz, či k hodnocení účinnosti nastavené léčby. Dále se používá při pátrání po zánětlivých procesech v těle pacienta.

Autor textu: Ing. Mariana Kleinová, RA - KRNM FN Brno

Doporučená a použitá literatura:

1. FERDA, Jiří, Eva FERDOVÁ a Jan BAXA. Hybridní zobrazení PET/MR. *Ces Radiol 2017*; Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň, 2017, 353–362.
2. ULLMANN, Vojtěch. Radioisotopová scintigrafie. *Radionuklidová scintigrafie - gamagrafické zobrazení radioindikátoru v nukleární medicíně* [online]. [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/Scintigrafie.htm#3>
3. SIGNA™ PET/MR with QuantWorks – 60cm. *GE Healthcare* [online]. [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: <https://www.gehealthcare.com/products/magnetic-resonance-imaging/3-0t/signa-pet-mr>
4. PET/MRI – Technical Review. *National center for Biotechnology Information* [online]. 2014 [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4451572/>

Zdroje obrázků:

1. LEVIN, Craig S., Sri Harsha MARAMRAJU, Mohammad Mehdi KHALIGHI, Timothy W. DELLER, Gaspar DELSO a Floris JANSEN. Design Features and Mutual Compatibility Studies of the Time-of-Flight PET Capable GE SIGNA PET/MR System. *IEEE Transactions on Medical Imaging* [online]. 2016, 35(8), 1907-1914 [cit. 2020-11-08]. ISSN 0278-0062. Dostupné z: doi:10.1109/TMI.2016.2537811
2. Sensors for Positron Emission Tomography Applications. In: *MDPI* [online]. 2019 [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/22/5019/htm>
3. BĚLOHLÁVEK, Otakar. *PET/CT – hybridní zobrazovací metoda* [online]. In: . [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2010/cislo-12/pet-ct-hybridni-zobrazovaci-metoda.html>
4. Will PET/MR Ever Be Widely Adopted? In: *Imaging Technology News* [online]. [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <https://www.itnonline.com/content/blogs/greg-freiherr-industry-consultant/will-petmr-ever-be-widely-adopted>
5. Insights into Brain Function via Combination of Imaging Techniques. In: *Novus Light Technologies Today* [online]. 2013 [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: https://www.novuslight.com/insights-into-brain-function-via-combination-of-imaging-techniques_N1542.html