

Hmotnostní korekce aplikované aktivity ^{18}F -FDG při PET vyšetření

Autoři

Bělohávek Otakar, Skopalová Magdaléna

Boldyš Jiří, Dvořák Jiří

Pracoviště

PET centrum Nemocnice Na Homolce, Praha

Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, v.v.i., Praha

Abstrakt

Pozitronová emisní tomografie (PET) je medicínská zobrazovací technika umožňující zaznamenat prostorovou distribuci podaného radiofarmaka a zkoumat tak některé funkční procesy v těle pacienta. Cílem této práce je ukázat, že předpis v současnosti používaný k určení množství podané aktivity (potřebného množství radiofarmaka) vede k nekonzistentní kvalitě PET snímků mezi pacienty s různými tělesnými parametry. Práce je retrospektivní studií využívající dat získaných v minulosti při běžných PET vyšetřeních.

Abstract

Positron emission tomography (PET) is a medical imaging modality which estimates spatial distribution of applied radiotracer and investigate functional processes in the patient's body. The aim of this work is to show that the prescription used nowadays to determine the amount of activity to be applied (the necessary amount of radiotracer) results in a non-constant quality of PET images among patients with different body parameters. This work is a retrospective study and uses data acquired in the past during routine PET examinations.

Úvod

Určení vhodné dávky radiofarmak používaných při vyšetření PET (pozitronová emisní tomografie) je velmi komplexní problém. Kvalita PET snímku je ovlivněna aplikovanou aktivitou radiofarmaka, vlastnostmi skeneru a biometrickými vlastnostmi pacienta.

Aplikovaná aktivita je standardně adjustována na pacienta o hmotnosti 70 kg.

V současné době se na pracovištích v České republice (např. PET centrum Nemocnice Na Homolce) i ve světě používá k určení aplikované dávky radiofarmaka předpis navržený v Jacobs et al. (2005). Tento předpis, na němž je založeno doporučení Evropské asociace nukleární medicíny, je motivován snahou vyrovnat radiační zátěž pacientů s rozdílnou hmotností a byl navržen a standardně se používá pro pacienty o hmotnosti menší než 70 kg. Pro pacienty s hmotností vyšší než 70 kg neexistuje obecně platné doporučení týkající se korekce aplikované aktivity.

Zkušenosti lékařských pracovníků ukazují, že přes použitou hmotnostní korekci je dosahována systematicky vyšší kvalita výsledného obrazu u méně hmotných pacientů. Tato práce má za cíl podpořit toto pozorování konkrétními daty.

Považujeme-li kvalitu zobrazení adjustovanou na 70kg pacienta za optimální pro daný diagnostický účel, je podle současného korekčního algoritmu aplikována méně hmotným pacientům zbytečně vysoká aktivita. Tento stav je nežádoucí z pohledu radiační ochrany i ekonomického hlediska (radiofarmaka pro PET jsou velmi nákladná).

Dosavadní studie prováděné za účelem optimalizace dávek radiofarmak měly za cíl určit, jaké množství aktivity je třeba podat danému pacientovi pro dosažení maximální kvality výsledného obrazu. Relevantní práce z posledních let zabývající se touto problematikou jsou zejména Abbey, Barrett (2001), Accorsi et al. (2010), Danna et al. (2006), Everaert et al. (2003), Halpern et al. (2005), Mizuta et al. (2009), Watson (2004) a Watson et al. (2005).

Dosažení maximální kvality PET snímku pro každého pacienta však může vést k používání zbytečně vysokých dávek radiofarmak, zejména pro děti a pacienty s nízkou hmotností. Pro daný diagnostický účel může postačovat kvalita snímku nižší než maximální. Naopak je z diagnostického pohledu výhodné dosáhnout u každého pacienta standardizované kvality snímku.

Materiál a metoda

Tato práce je zaměřena na použití ^{18}F -FDG jako nejčastěji používaného radiofarmaka (používá se při více než 90 % PET vyšetření). Kvalita získaných PET snímků je kvantifikována pomocí poměru střední hodnoty a směrodatné odchylky hodnot zaznamenaných v oblasti jater.

Játra typicky vykazují homogenní distribuci radiofarmaka a v diagnosticky kvalitním snímku by měla být směrodatná odchylka zaznamenaných hodnot malá v porovnání s průměrnou hodnotou. Játra byla pro potřeby této studie vybrána jako kritický orgán, ve kterém se často vyskytují metastázy, sám fyziologicky vykazuje mírnou akumulaci FDG, nejsou zde tedy dosaženy optimální kontrastní poměry a navíc se významnou měrou podílí na absorpci emitovaného záření.

Pro srovnání byly podobně vypočteny poměry středních hodnot a směrodatných odchylek hodnot zaznamenaných v oblastech zájmu definovaných ve slezině a hýžd'ovém svalu.

Soubor pacientů

Ze souboru všech pacientů vyšetřených v PET centru Nemocnice Na Homolce na kameře Siemens Biograph 40 HD TrueV v období 5.2.2009 – 31.8.2010 byly vybrány tři skupiny, každá s 10 pacienty. Těmto pacientům byla podána dávka ^{18}F -FDG určená podle stávajícího předpisu (založeného na doporučení z článku Jacobs et al. (2005)). Uvnitř skupiny mají pacienti podobné BMI a podobnou aplikovanou aktivitu na kilogram. Skupiny se mezi sebou zásadně liší v BMI: lehcí – normální – obézní.

Postup měření

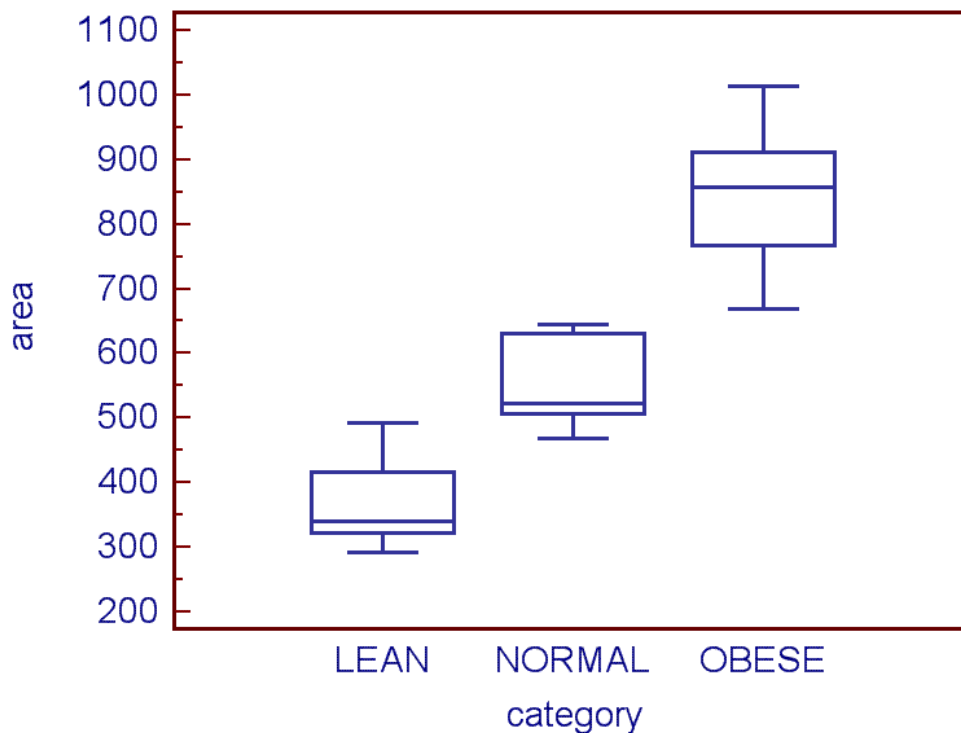
1. U vybraných pacientů byly definovány podobně velké oblasti zájmu v oblasti jater, sleziny a hýžd'ového svalu. V oblastech zájmu byla určena průměrná hodnota (mean) a směrodatná odchylka (SD) hodnot zaznamenaných v PET snímku.

2. Kvalita zkoumaných snímků byla vyjádřena poměrem těchto vypočtených hodnot: mean/SD.
3. V referenčním transaxiálním řezu v úrovni jater byly změřeny příčné rozměry pacienta (předozadní a levoprávní). Plochou elipsy s těmito délkami os byla aproximována plocha těla pacienta v tomto řezu.

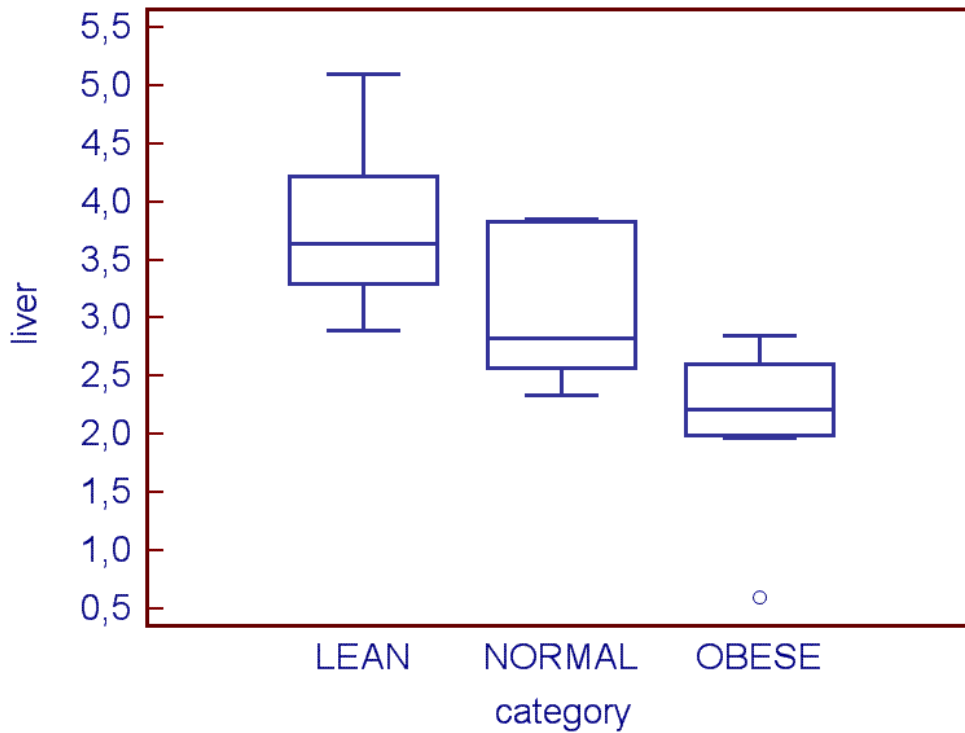
Výsledky měření

Podle předpokladů je plocha řezu v úrovni jater silně závislá na BMI pacienta. Tuto skutečnost ukazuje Obr. 1.

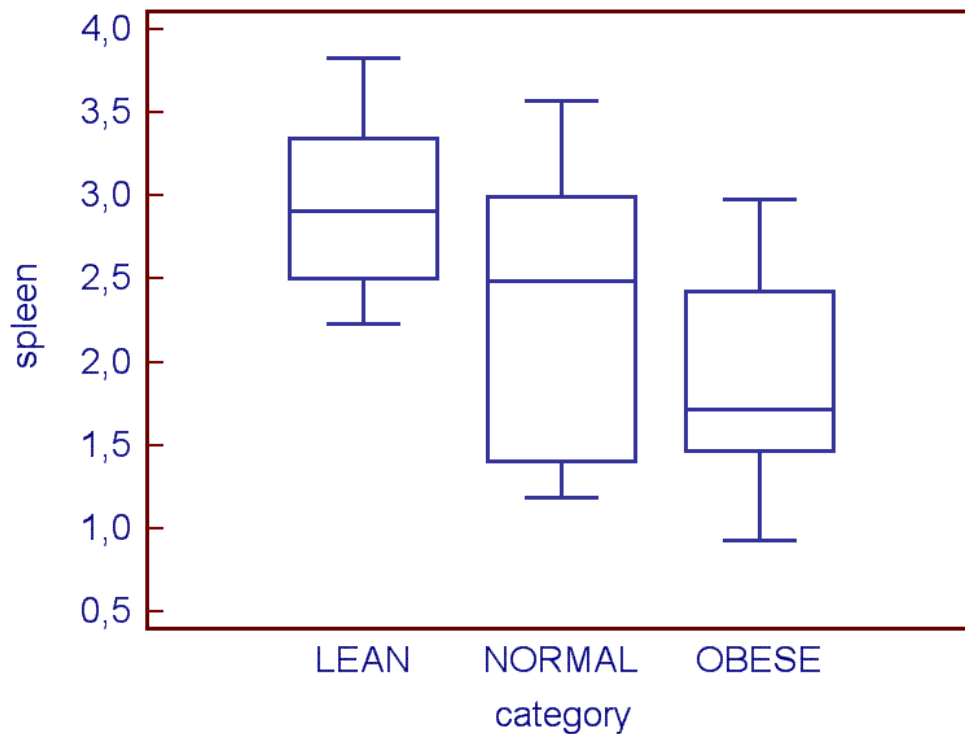
Vypočtené hodnoty mean/SD v oblasti zájmu v játrech v jednotlivých skupinách ukazuje Obr. 2. Totéž pro oblasti zájmu ve slezině a hýžd'ovém svalu ukazují Obr. 3 a 4. Pro všechny tyto oblasti zájmu jsou výsledky obdobné, data získaná v oblasti zájmu v játrech však vykazují nejnížší variabilitu. Proto budou v další analýze použita právě tato data.



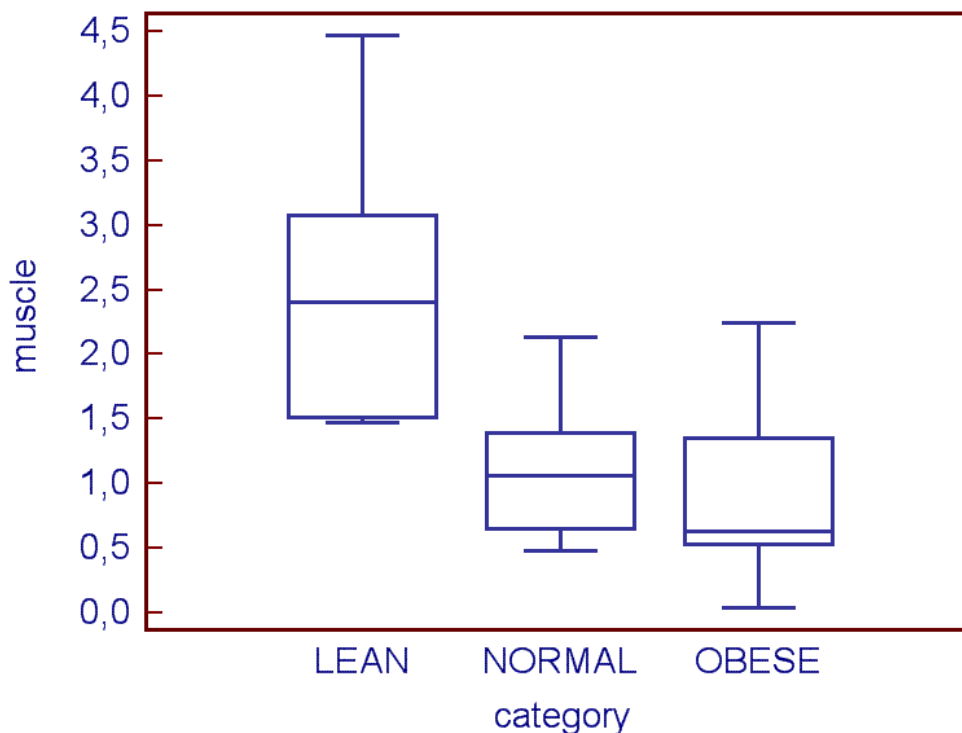
Obr. 1 Box-and-whiskers plot ukazující plochu těla (cm²) v referenčním řezu oblastí jater, podle kategorie BMI.



Obr. 2 Box-and-whiskers plot ukazující podíl mean/SD hodnot zaznamenaných v oblasti zájmu definované v játrech, podle kategorie BMI.



Obr. 3 Box-and-whiskers plot ukazující podíl mean/SD hodnot zaznamenaných v oblasti zájmu definované ve slezině, podle kategorie BMI.



Obr. 3 Box-and-whiskers plot ukazující podíl mean/SD hodnot zaznamenaných v oblasti zájmu definované v hýžd'ovém svalu, podle kategorie BMI.

Statistická analýza

Hodnoty mean/SD zjištěné v oblasti zájmu v játrech jednotlivých pacientů vykazují následující charakteristiky (průměr těchto hodnot \pm jejich směrodatná odchylka):

- lehčí pacienti: 3.78 ± 0.72
- normální pacienti: 3.08 ± 0.61
- obézní pacienti: 2.17 ± 0.64

Předpoklady pro použití Tukeyovy metody mnohonásobného porovnávání (normalita dat, shoda rozptylů) jsou v případě průměrných hodnot mean/SD splněny, je tedy možné mnohonásobné porovnání provést.

Výsledky ukázaly, že signifikantní rozdíly v hodnotách mean/SD jsou mezi skupinami hubení - obézní (na hladině 0.003 %) a mezi skupinami normální - obézní (na hladině 1.30 %). Mezi skupinami hubení - normální není signifikantní rozdíl na standardní pětiprocentní hladině významnosti (dosažená hladina je 6.15 %).

Shrnutí

Zkušenosti lékařských pracovníků vedou k domněnce, že současně používaný předpis pro určení dávek radiofarmaka při PET vyšetření nezohledňuje dostatečně tělesné parametry pacientů.

Předložená data tuto domněnku potvrzují. Snímky pacientů s rozdílnými tělesnými parametry (zejména BMI) mají výrazně odlišnou kvalitu. Měření v oblasti jater ukazují, že kvalita snímku významně klesá s rostoucím BMI pacienta.

Hledání alternativního předpisu, který by vedl k vyrovnání kvality získaných PET obrazů, bude předmětem dalšího zkoumání.

Poděkování

Tato práce byla podporována Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy ČR prostřednictvím projektu č. 1M0572 (Výzkumné centrum DAR).

Reference

- Abbey, Barrett (2001). Human- and model-observer performance in ramp-spectrum noise: effects of regularization and object variability. *Journal of the Optical Society of America A* **18**, 473 – 488.
- Accorsi et al. (2010). Improved Dose Regimen in Pediatric PET. *The Journal of Nuclear Medicine* **51**, 293 – 300.
- Danna et al. (2006). Generation of the Acquisition-Specific NEC (AS-NEC) Curves to Optimize the Injected Dose in 3D 18F-FDG Whole Body PET Studies. *IEEE Transactions on Nuclear Science* **53**, 86 – 92.
- Everaert et al. (2003). Optimal dose of ¹⁸F-FDG required for whole-body PET using an LSO PET camera. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* **30**, 1615 – 1619.
- Halpern et al. (2005). Optimizing Imaging Protocols for Overweight and Obese Patients: A Lutetium Orthosilicate PET/CT Study. *The Journal of Nuclear Medicine* **46**, 603 – 607.
- Jacobs et al. (2005). Optimised tracer-dependent dosage cards to obtain weight-independent effective doses. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* **32**, 581 – 588.
- Mizuta et al. (2009). NEC Density and Liver ROI S/N Ratio for Image Quality Control of Whole-Body FDG-PET Scans: Comparison with Visual Assessment. *Molecular Imaging and Biology* **11**, 480 – 486.
- Watson (2004). Count Rate Dependence of Local Signal-to-Noise Ratio in Positron Emission Tomography. *IEEE Transactions on Nuclear Science* **51**, 2670 – 2680.
- Watson et al. (2005). Optimizing Injected Dose in Clinical PET by Accurately Modeling the Counting-Rate Response Functions Specific to Individual Patient Scans. *The Journal of Nuclear Medicine* **46**, 1825 – 1834.