

3D ventrikulografie - pozdě? ale přece

M. Šimánek

Oddělení nukleární medicíny Nemocnice Pelhřimov p.o.

I. Blood Pool Gated SPECT (BPGS)

1. Úvod

Potřeba sériového sledování funkce LKS s minimální interpersonální variabilitou výsledků je potřebná pro prevenci kardiální selhávání po podání chemoterapie doxorubicinem i v dnešní době (3), kdy pokles o 10 % v EF LKS pod 50 % znamená vysoké riziko kardiálního selhávání. I přes rozvoj echokardiografické diagnostiky jsou výsledky zjištěné EF LKS zatíženy značnou interpersonální i intrapersonální variabilitou.

Vhodnou stabilní metodou ke sledování se jeví planární radionuklidovou ventrikulografií (PRNV) - např. program ERNA. Klasická PRNV má výlučně postavení mezi dalšími zobrazovacími metodami (MR, UZ, kontrastní VG...) tím, že nepoužívá **aproximativní geometrický model** srdečních komor k výpočtu objemu, nýbrž používá nezávislou veličinu počet countů nad srdeční komorou. Přesnost stanovení EF LKS byla pro PRNV mnohokrát ověřena. Potíže vznikají při posouzení vlivu pozadí a atenuace.

Nevýhodou PRNV zůstává posouzení kinetiky spodní stěny LKS (Ize event. z bočné projekce), horší separace komor při akvizici nutnosti hledání optimálního postavení kamery, či potíže při dilataci všech oddílů srdce (méně obvyklé u monitorovaných onkologických pacientů). Obtížné je i posouzení vlivu aneurysmatu na EF srdce (méně obvyklé u monitorovaných onkologických pacientů).

Posun v diagnostice měla přinést tomografická VG. Při využití tomografické VG - BPGS popsané problémy jako u PRNV nevznikají. Ale:

Tomografická VG - BPGS se nedokáže bez geometrické aproximace obejít a ztrácí tak základní výhodu ERNA - tj. nezávislost na geometrickém modelu. Vlivem prostorové rekonstrukce dochází ke zkrácení relativně jednoduchého vztahu - počet countů v srdeční komoře vs. objem srdeční komory. Je počítán počet voxelů v komoře a z objemu voxelu je pak počítán objem komory. Určení přesné hranice komory je závislé na prostorovém rozlišení zobrazovacího zařízení (u MR značně lepší) a na matematickém modelu identifikace (a ideální model nebyl dosud nalezen) a následném zpracování (filtraci) dat. Kvalita určení EF LKS tak není zaručena.

Cílem práce bylo posoudit na našem vzorku pacientů indikovaných k izotopové VG použitelnost jedné z více metod pro zpracování 3D ventrikulografie - metody BPGS.

2. Cedars BPGS Blood Pool Gated SPECT (7)

Je interaktivní aplikace pro automatické dělení a kvantifikaci gatovaných řezů v krátké ose SPECT krevního poolu (značených červených červíček). Program je schopný kvantifikovat globální i regionální funkci LK a PK za použití pouze gatovaných řezů v krátké ose. Poskytuje následující možnosti:

- automatické generování endokardiálního povrchu LK i PK
- automatický výpočet objemů LK a PK a EF
- manuální identifikaci komor v případech, kdy automatický algoritmus selže
- 2D obraz dle ACC
- 3D obraz - kombinace různých typů povrchů (síť, plně, ...)
- zobrazení rotace, zoomu a cine obrazů
- zobrazení vypočtené polární mapy reprezentující pohyb stěn

3. Teorie výpočtu BPGS

Základem algoritmu je výpočet endokardiálního povrchu každého segmentu komory srdeční (surface gradient method) pro každý podinterval R-R srdečního cyklu při maskování aktivity ze síní a extrakardiálně. Výsledná data jsou uložena v elipsoidním koordinátořovém systému v milimetrech (ne ve voxelích - výpočet běží na subvoxelové úrovni).

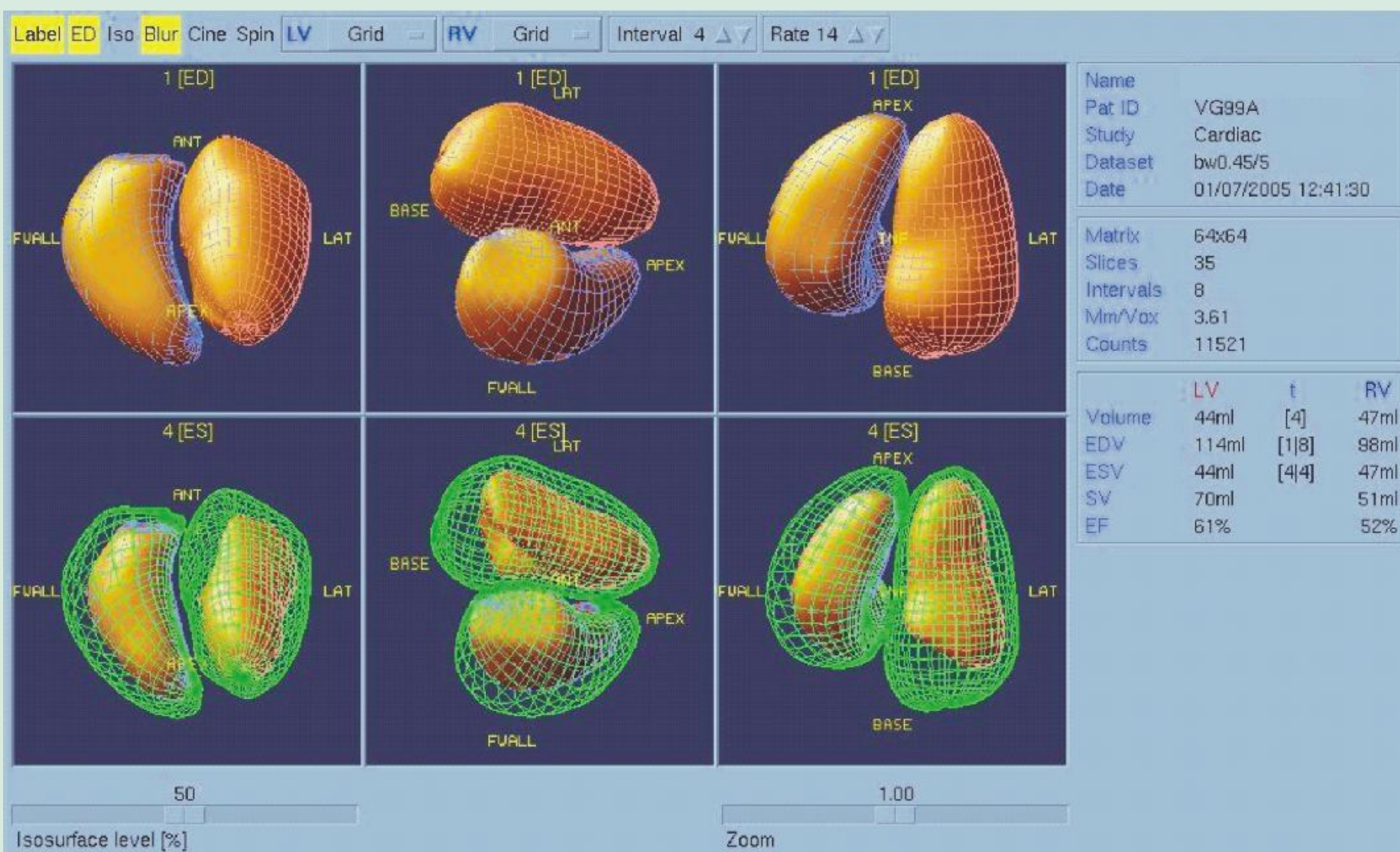
Regionální funkce: Pro každý podinterval je spočítán aktuální objem komory a následně získán EDV a ESV. Regionální pohyb (motion) je počítán z každého bodu povrchu komory a vzdálenosti bodů v ED a ES.

4. Zpracování obrazu a analýza BPGS

Do programu vstupují data z gatované studie z krátké osy - tzv. SA data. Ta jsou získána zpracováním v jiném programu pro zpracování např. MPI, v našem případě jde o Myospect. Pozornost je třeba věnovat správnému množství impulsů v řezech, bez kterého nebudou SA data dostatečně kvalitní (viz protokol), dále pak filtraci dat.

Samotné zpracování začíná vizuální kontrolou 2D dat v různých projekcích. Následuje vlastní zpracování, které na IBM RS/6000 s mikroprocesorem Power PC 604e 233 MHz trvá cca 2 minuty.

5. Výsledková obrazovka BPGS



Program nabízí široké možnosti barevné škály, kombinace různých řezů a 3D zobrazení. Nejdůležitější se jeví možnost rotace 3D zobrazení s vyznačením ES a ED (síť a plně zobrazení) a s cine mode. **V tomto displeji je možno posoudit kinetiku stěn komor a její narušení. Toto je zároveň podle autora nejdůležitější údaj získaný z 3D zpracování ventrikulografie.**

II. Z literatury :

Polepalle (5) ověřil dobrou reprodukcibilitu programu z Cedars-Sinai MC-QBS (zřejmě shodný s BPGS a GBPS).

Van Krieking a kol (6) z Cedar Sinai MC (domov softwaru BPGS) ověřovali nový algoritmus tzv. dynamického povrchu v každém podintervalu (8) R-R intervalu získaný z analýzy gradientu countů ve srovnání s EF LKS z PRNV. Získali dobrý souhlas s PRNV s lehkou vyššími hodnotami VG z BPGS o cca 3 %. Akviziční parametry byly: po i.v. 25 mCi ^{99m}Tc-RBC planární vyšetření LAO na 5 min, následovně SPECT - 64 kroků, 15 sek na krok, event. 32 kroků po 12 sek), rekonstrukce prefiltrací ramp filtrem FBP, následně BW filtr order 5, cutoff 0,6. Lepší shody s PRNV bylo dosaženo u srdcí s menší EF a větším srdcem (snížení vlivu partial volume efektu), u vyšší EF a malých srdcí byla shoda.

Nichols a kol. (4) porovnával různé algoritmy QBS a BP SPECT a zjistil významné rozdíly v EF PKS odpovídající rozdílným algoritmům, co se týká EF LKS korelovaly dobře s PRNV, objemy ESV a EDV byly určovány s velkou chybou (8 framů, 64x64, pixel 3,8 mm, 20 s na projekci 64 projekcí na 180 st, zde velké okno, zpracování BW cutoff 0,45, order 5).

De Bondt a kol. (2) ověřovali užití softwaru na komorovém a fantomu a zjistili podhodnocení objemů LKS o 30-40 ml.

Bohdiewicz (1) zjistil vhodnost gatované VG pro vyšetřování aneurysmat a pseudoaneurysmat spodní stěny.



III. Vlastní zkušenosti s BPGS:

1. Metodika

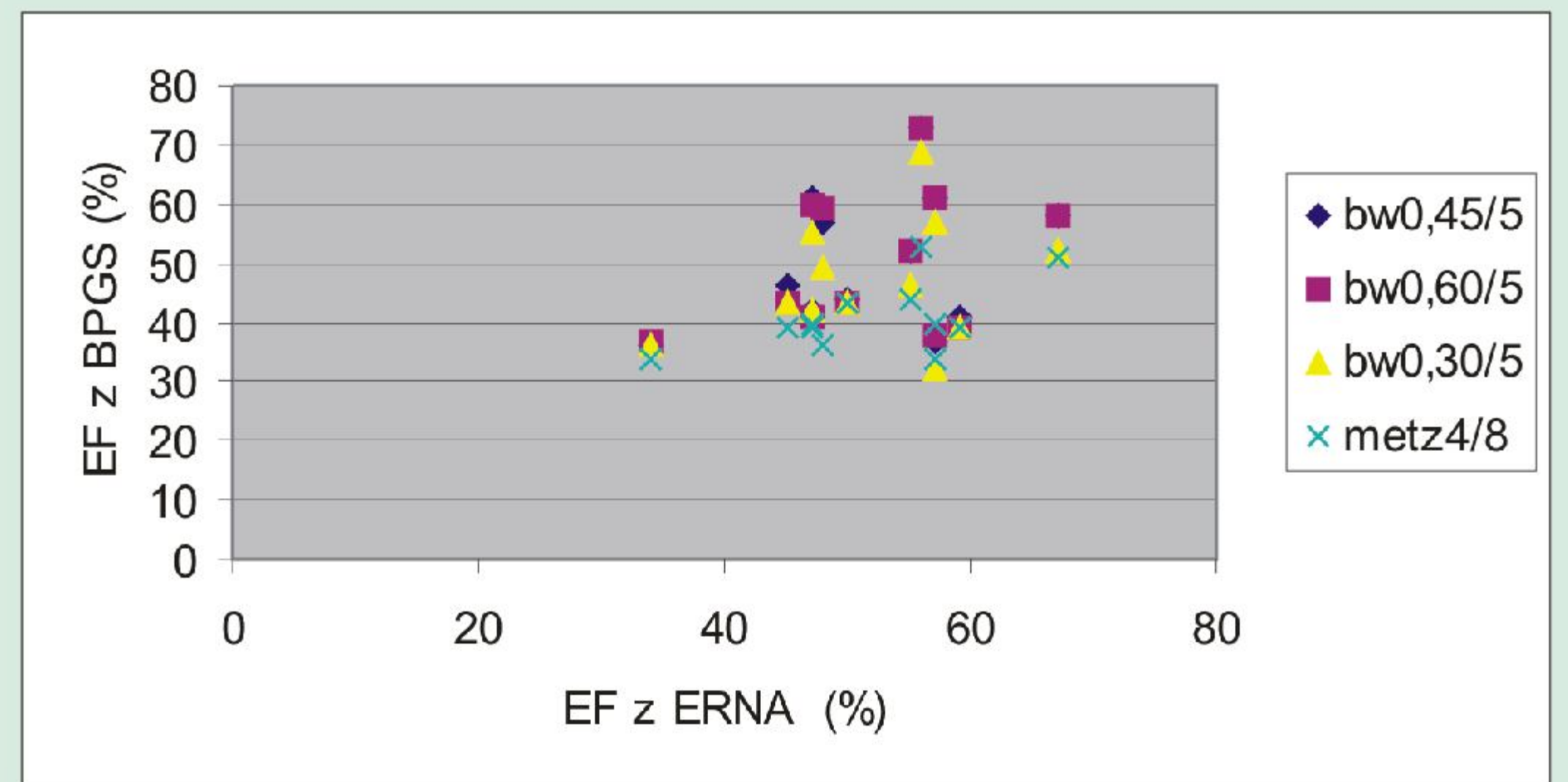
Ery značeny in vivo (pyrofosfát /přípravek TechnScan PYP, Mallinckrodt/ 5ml i.v. a Chlorigen - obě 30 min před podáním pertechnetátu /generátor UltraTechneKow FM, Mallinckrodt/ 800 MBq i.v.)

Zpočátku byla provedena 2D VG: parametry 5,6 mil impulsů na 16 podintervalů R-R intervalu, snímání v 45 st a 10 st angulace kraniokaudálně (cca 30 min trvá vyšetření).

Parametry akvizice tomografické studie: V manuálu programu není doporučení pro akvizici dat. Vycházel jsem z původní práce Van Krieking a kol z Cedars Sinai Medical Centre, ale jimi doporučené parametry při zpracování na naší gamakameře (jednohlavá Sopha DSXi) a s naším softwarem byly nedostatečné z hlediska statistiky impulsů a byly nahrazeny parametry: Matice 64x64, vleže na zádech, hlava ke gantry, zoom 1, 180 stupňů rotace, po 6 stupních 32 kroků, začátek RAO(-45), konec LPO(135), 8 podintervalů R-R intervalu, 60 s na jednu projekci (celkem cca 35 min). Zpracování v programu processingové stanice Vision Myospect s výstup SA dat s využitím filtrace: butterworth order 5, cutoff frekvence 0,60, zkoušeny i 0,30 a 0,45 a filtrace metz order 8 psf fwhm 4.0.

Porovnání kinetiky bylo provedeno s výsledky echokardiografického vyšetření.

2. Výsledky



Graf 1. Vztah hodnot EF určených planární a tomografickou VG s různými filtry

Variabilita při automatickém zpracování pro zjišťované parametry nebyla pozorována. Vypočtené hodnoty z automatického algoritmu nekorelují dobře (korelační koeficienty R² od 0,10 do 0,33) s parametry získanými z 2D VG (a ty jsou korelovány k dalším zobrazovacím modalitám) zejména u vyšších EF LKS (naši cíloví pacienti).

Vliv filtrace je zásadní a použitý filtr velmi ovlivňuje hodnoty objemů komor i EF. Hladší filtry mají tendenci snižovat objemy EDV a ESV, bylo by potřebné ověřit na větším počtu pacientů. Celkově tedy při špatné korelaci s ERNA u všech použitých filtrů a při malém počtu pacientů nelze rozhodnout o ideálním filtru, používané filtry z Cedar Sinai MC se jeví použitelné - tj. Butterworth order 5, cutoff frekvence 0,60.

Kinetika stěn zjištěná na echokardiografii odpovídá kinetice stěn zjištěné z BPGS. Spodní stěna z ERNA nebyla hodnocena.

3. Diskuze - užití VG dnes

Kvalita UZ diagnostiky na moderních přístrojích pokročila a je levnější než izotopová ventrikulografie. Známé jsou i sympatie kardiologů k vlastnoručně prováděným vyšetřením. Rada hůře vyšetřitelných pacientů může být vyšetřena i na MR.

Izotopová ventrikulografie může být užita tam, kde je potřeba sledovat relativně přesně a nezávisle na personálu funkci LKS (EF) zejména při vedení terapie onkologických pacientů s kardiotoxickými léky. Občas u hůře vyšetřitelných pacientů na UZ vyšetření. Je proto potřebné, aby pro uvedený omezený okruh pacientů byla metoda VG co nejpřesnější. **V tomto kontextu možnost 3D VG v zejména kvalitnějším vyšetření regionální kinetiky stěn LKS nepřichází zcela pozdě.**

Prozatím se jeví použití 3D VG pouze ve zlepšení vyšetření regionální kinetiky stěn srdečních komor, nikoliv pro určení globální funkce EF. Bohužel právě v případě vyšší EF pozorovaných u onkologicky nemocných, které jsou hlavní skupinou pacientů indikovaných k izotopové VG v naší nemocnici, je tomografický software nejméně přesný (ale je dostatečně přesná planární ventrikulografie). Při nižších EF LKS je zase výhodné využít i MPI pro detekci i ischemického postižení. Další vývoj softwaru je pravděpodobný a zlepšení kvantifikačních ukazatelů zřejmě také.



IV. Závěr

Možnost 3-dimenzionální analýzy pohybu stěn srdečních komor s využitím programu BPGS vylepšuje postavení izotopové ventrikulografie mezi ostatními zobrazovacími modalitami a měla by být prováděna při indikaci izotopové ventrikulografie tak často, jak je to jen možné.

Optimalizace akvizičních parametrů i procesu zpracování (zejména filtrace dat) by měla být provedena na každém pracovišti při zahájení používání softwaru pro 3D VG.

Literatura

1. Bohdiewicz PJ. Single photon emission computed tomography radionuclide ventriculography in the noninvasive diagnosis and evaluation of a false left ventricular aneurysm (pseudoaneurysm). Clin Nucl Med 2003; 28:821-826
2. De Bondt P, Rys B, Vandenberghe S, et al. Accuracy of 4 different algorithms for the analysis of tomographic radionuclide ventriculography using a physical, dynamic 4-chamber cardiac phantom. J Nucl Med 2005; 46:165-171
3. Mitani I, Jain D, Joska TM, et al. Doxorubicin cardiotoxicity: Prevention of congestive heart failure with serial cardiac function monitoring with equilibrium radionuclide angiocardiology in the current era. J Nucl Cardiol 2003; 10:132-9
4. Nichols K, Humayun N, De Bondt P, et al. Model dependence of gated blood pool SPECT ventricular function measurements. J Nucl Cardiol 2004; 11:282-92
5. Polepalle D, Phippen-Nater B, Leonardis J, et al. Reproducibility of QBS gated blood pool SPECT LV and RV functional calculation. Abstract in J Nucl Cardiol 2004; 11:538
6. Van Krieking SD, Berman DS, Germano G, et al. Automatic quantification of left ventricular ejection fraction from gated blood pool SPECT. J Nucl Cardiol 1999; 6:498-506
7. Vision Powerstation Cedar BPGS Blood Pool Gated SPECT. Operator's Manual Direction 2330436-100 Rev.0, GEMS 2002.



3D ventrikulografie - pozdě? ale přece