

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

**Pavlína Procházková**

**ZOBRAZOVÁNÍ PERFUZE MYOKARDU  
POMOCÍ SPECT/CT A PET**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Miroslava Budíková, Ph.D.

Olomouc 2016

# ANOTACE

**Druh práce:**

bakalářská

**Název práce:**

Zobrazování perfuze myokardu pomocí SPECT/CT a PET

**Název práce v AJ**

Imaging myocardial perfusion using SPECT/CT and PET

**Datum zadání práce:** 2015-09-23

**Datum odevzdání práce:** 2016-04-07

**Název vysoké školy, fakulty a ústavu:** Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

**Autor práce:** Pavlína Procházková

**Vedoucí práce:** MUDr. Miroslava Budíková, Ph.D.

**Oponent práce:** MUDr. Iva Metelková, Ph.D.

**Abstrakt v ČJ:** Cílem této bakalářské práce bylo seznámení s možnostmi současné nukleární kardiologie a její význam v rutinní praxi. Práce popisuje poměrně podrobně postupy a principy u jednotlivých metodik. Prostřednictvím rešerše publikovaných odborných článků předkládá poznatky o jednofotonové emisní výpočetní tomografii a

pozitronové emisní tomografii a jejich využití v neinvazivní diagnostice ischemické choroby srdeční.

**Abstrakt v AJ:** The aim of this thesis is to become familiar with certain possibilities of the modern nuclear cardiology and its importance in routine practice. This thesis describes in detail the procedures and principles with different methodologies. Using a series of published scientific articles presents findings on single-photon emission computed tomography and positron emission tomography and its use in non-invasive diagnosis of ischemic heart disease.

**Klíčová slova v ČJ:** nukleární kardiologie, perfuze myokardu, viabilita myokardu, gated SPECT, metody zátěže myokardu, rekonstrukce dat, kontrola kvality scintilační kamery, pozitronová emisní tomografie myokardu, radiofarmaka, koronární kalciové skóre.

**Klíčová slova v AJ:** nuclear cardiology, myocardial perfuzion, myocardial viability, gated SPECT, myocardial load methods, data reconstruction, quality control scintillation camera, myocardial positron emission tomography, radiopharmaceuticals, coronary calcium scoring.

**Rozsah práce:** 49 stran

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Zobrazování perfuze myokardu pomocí SPECT/CT a PET“ vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

V Olomouci dne 31.3.2016

.....

Podpis

Děkuji paní MUDr. Miroslavě Budíkové, Ph. D. za pomoc, cenné rady a odborné vedení bakalářské práce. Děkuji také manželovi, dětem a celé rodině za podporu a trpělivost.

## OBSAH

ÚVOD.....	7
1. HISTORIE.....	9
2. JEDNOFOTONOVÁ EMISNÍ VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE (SPECT).....	10
2. 1. PŘÍPRAVA PACIENTA NA VYŠETŘENÍ SPECT MYOKARDU.....	11
2. 2. PERFUZNÍ RADIOFARMAKA POUŽÍVANÁ V NUKLEÁRNÍ KARDIOLOGII.....	12
2. 3. VOLBA OPTIMÁLNÍ METODY ZÁTĚŽE U SPECT MYOKARDIÁLNÍ PERFUZE..	13
2.3.1. FYZICKÁ DYNAMICKÁ ZÁTĚŽ.....	14
2.3.2. FARMAKOLOGICKÁ ZÁTĚŽ.....	16
2.3.3. KOMBINOVANÁ.....	18
2. 4. OŠETŘOVATELSKÉ PROBLÉMY PŘI ZÁTĚŽOVÝCH TESTECH.....	18
2. 5. AKVIZICE GATED SPECT MYOKARDU.....	20
2. 6. OBRAZOVÉ ARTEFAKTY.....	24
2. 6. 1. TECHNICKÉ ARTEFAKTY.....	24
2. 6. 2. ARTEFAKTY ZPŮSOBENÉ PACIENTEM.....	26
2. 7. REKONSTRUKCE DAT A HODNOCENÍ VYŠETŘENÍ.....	27
3. KORONÁRNÍ KALCIOVÉ SKÓRE.....	33
4. POZITRONOVÁ EMISNÍ TOMOGRAFIE (PET).....	37
4. 1. RADIOFARMAKA.....	37
4. 2. PŘÍPRAVA PACIENTA.....	38
4. 3. PRŮBĚH VYŠETŘENÍ A HODNOCENÍ VIABILITY.....	38
ZÁVĚR.....	39
BIBLIOGRAFICKÉ A ELEKTRONICKÉ ZDROJE.....	41
SEZNAM ZKRATEK.....	44
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	46
SEZNAM TABULEK.....	49

## ÚVOD

Nukleární medicína patří mezi obory tzv. komplementu a je samostatným lékařským oborem. Tento obor se prolíná s matematikou, fyzikou, chemií, radiologií, radiobiologií, elektronikou a dalšími obory. Hlavní náplní nukleární medicíny je zobrazovací diagnostika, méně se využívá v laboratorní diagnostice a uplatňuje se i v terapii. Po aplikaci radiofarmaka je možné za pomoci scintilačního detektoru umístěného nad vyšetřovanou oblastí zájmu snímat obrazy prostorového rozložení radiofarmaka. Radioizotopy se chovají v organismu stejně jako stabilní izotopy stejného prvku, ale je možné je sledovat a měřit detektory záření gama. Jejich „viditelnost“ způsobují radioaktivní přeměny jejich atomových jader a vyzařování pronikavého záření do okolí. Metodiky nukleární medicíny poskytují informaci o funkci a při použití hybridního systému současně a akvizicí CT dat získáme i informaci anatomickou. V cílové tkáni sledujeme distribuci radiofarmaka po určité době od aplikace a tím získáme statické snímky, nebo zahájíme snímání ihned po aplikaci a tím zobrazíme dynamickou scintigrafii. Pro léčbu pacienta je důležité znát jeho fyziologické funkce a ty můžeme mapovat právě metodami nukleární medicíny. Scintigrafickým vyšetřením zobrazíme pouze živou tkáň, neživá tkáň se nezobrazí, jelikož neakumuluje radiofarmakum. Scintigrafie je na základě aplikace více či méně specifických radiofarmak schopná lokalizovat a kvantifikovat případné poruchy funkce dříve než jiné zobrazovací postupy, ale není schopná přesně určit specifickou poruchu. Tudíž má vysokou senzitivitu a nižší specifitu.

Nukleární medicína je závislá na drahém a složitém přístrojovém vybavení a dostupnosti radiofarmak, což se odráží v poměrně vysoké ceně za jednotlivá vyšetření. Správně indikované scintigrafické vyšetření ale může výrazně snížit konečnou finanční částku vynaloženou za více jiných vyšetření pro stanovení diagnózy pacienta. Zkrátí se i doba určení diagnózy a pacient je rychleji a účinněji léčen. Pacient nemusí být vystaven

jiným invazivním a bolestivým metodám a zkracuje se i doba jeho léčby a případné hospitalizace.

Použitím hybridních systémů se zvyšuje přesnost diagnostiky v nukleární medicíně a jejich použití se stává nedílnou součástí klasické nukleární medicíny.

Vývoj nových radiofarmak a použití hybridních systémů definují další vývoj oboru.

Jejich výpovědní hodnota nebyla dosud nahrazena jinými metodikami a je stále hojně využívána v diagnostice ischemické choroby srdeční.

Cílem této bakalářské práce bylo získat, zpracovat a předložit publikované poznatky o nukleární kardiologii a obhájit její důležitost v diagnostice ischemické choroby srdeční.

#### **Otázky bakalářské práce:**

1. Jaké jsou v současnosti možnosti zátěžových testů.
2. Jaký má přínos zobrazování myokardu pomocí SPECT/CT v kombinaci s PET.

#### **Cíle bakalářské práce:**

1. Shrnout dostupné publikované poznatky v nukleární kardiologii.
2. Předložit přehled zátěžových testů a PET vyšetření myokardu.
3. Uvést výhody včasné diagnostiky viability myokardu.

Pro stanovení základních otázek a cílů práce byla použita následující vstupní literatura:

1. LANG, Otto; KAMÍNEK, Milan; TROJANOVÁ, Helena. *Nukleární kardiologie*. 1. vydání, Galén, 2008. ISBN 978-80-7262-481-2.
2. KORANDA, Pavel a kolektiv. *Nukleární medicína*. 1. vydání, Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4031-6.

Přehled informací a poznatků o metodách nukleární kardiologie byl vypracován na základě rešerše odborných článků. Vyhledávání probíhalo v období od května 2015 do listopadu 2015. Při jejich vyhledávání byly využity databáze BMČ MEDLINE, Pub Med, EBSCO host a internetové vyhledávače, zejména Google Scholar. Jako



vyhledávací jazyk byl zvolen jazyk český a slovenský. Vyhledávací období bylo stanoveno na období od roku 2007 do současnosti.

## 1. HISTORIE

Poprvé použil radionuklid, konkrétně radioaktivní plyn radon, v medicíně Blumgart. Po jeho intravenózní aplikaci studoval rychlost krevního proudu u člověka. K jeho detekci sloužila Wilsonova mlžná komora. V roce 1947 Myron Prinzmetal pomocí Geiger-Mullerovy trubice umístěné do prekordia zaznamenal průchod bolusu radioaktivního albuminu označeného radioaktivním jodem srdcem a popsal první radiokardiogram. Po vyhodnocení výšky a tvaru bolusové křivky bylo možné odhadnout objem krve v plicích a funkci srdce. V roce 1948 Hofstader vylepšil kvalitu testu nahrazením Geiger-Mullerovy trubice scintilačním detektorem s krystalem jodidu sodného a dosáhl větší účinnosti detekce záření. První zařízení, které vytvářelo obraz distribuce radioaktivity pomocí zápisu hustoty čar na papíře s názvem pohybový gamagraf sestrojil v roce 1950 Benedict Cassen. Toto zařízení využil v roce 1958 Rejali na vyšetření hypertrofie levé komory a k průkazu perikardiálního výpotku. Systém měření celkového průtoku krve myokardem zavedl v roce 1958 Cohen. Systém používal dva páry detektorů. Jeden pro měření tělního pozadí byl umístěný zepředu a zezadu nad pravou plicí a druhý pár umístěný stejným způsobem, ale nad srdcem, měřil radioaktivitu myokardu i s pozadím. Distribuce perfuze myokardu byla poprvé pořízena v roce 1962 Carrem a spolupracovníky. V šedesátých letech nastal překotný rozvoj. Sestrojení zobrazovací kamery k měření srdečního tranzitního času-1965, měření ejekční frakce levé komory, kdy je radionuklid aplikován přímo do komory-1969 a v roce 1971 již bylo radiofarmakum aplikováno do periferní žíly a tím odpadla nutnost katetrizace. Začátkem sedmdesátých let je záznam synchronizovaný pomocí EKG signálu, což umožnilo měření regionální kinetiky levé komory a změny globální i regionální funkce při zátěži, takže bylo možné vytvořit objemovou křivku a tím zpřesnit hodnocení funkce srdce. Zavedla se zátěžová perfuzní scintigrafie myokardu a

zobrazení regionální poruchy perfuze myokardu. Díky rozvoji výpočetní techniky a moderních softwarů je možné zobrazení distribuce perfuze myokardu na planárních scintigramech a nověji v posledních desetiletích se zavádí jednofotonová emisní výpočetní tomografie (SPECT), nebo pozitronová emisní tomografie (PET). K zobrazení zátěži navozené poruchy perfuze myokardu se používá fyzická zátěž pomocí bicyklové ergometrie. Vzhledem ke stárnutí populace a nemožnosti provést fyzickou zátěž (věk, ortopedické operace, diabetická neuropatie, amputace DKK, ischemická choroba DKK) se zavedla farmakologická zátěž. Perfuzní scintigrafie myokardu se využívá i k rizikové stratifikaci u pacientů s podezřením na ICHS. V devadesátých letech se zavádějí radiofarmaka značená  $^{99m}\text{Tc}$ . Díky tomografickému záznamu synchronizovanému s EKG záznamem je možné nejen zobrazit perfuzi, ale také hodnotit funkci myokardu (např. ejekční frakce levé komory, systolický a diastolický volum a další funkční parametry).

V současné době máme možnost provádět i pozitronové zobrazování PET pomocí fluorodeoxyglukózy (FDG) na posouzení intenzity metabolismu v myokardu (Lang, Kamínek a Trojanová, 2008, s. 9-10), především jako doplněk klidového vyšetření perfuze myokardu u pacientů s perfuzním defektem, který akumuluje 50% aktivity techneciového radiofarmaka a to k posouzení viability myokardu.

## **2. JEDNOFOTONOVÁ EMISNÍ VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE (SPECT)**

Vyšetření SPECT má důležitou roli při diagnostice ICHS a při zjišťování viability myokardu u pacientů s dysfunkcí levé komory a nízkou ejekční frakcí. Dále se využívá při detekci ischemie u pacientů po koronární revaskularizaci a k posouzení prognózy u pacientů s pravděpodobnou nebo již koronarograficky prokázanou ICHS (Kamínek, Fikrle, 2008, s. 5). Jelikož ICHS je jedno z nejčastěji se vyskytujících onemocnění v ČR a je příčinou přibližně 40% všech úmrtí, je vyšetření SPECT myokardiální perfuze jedním z nejčastěji indikovaných kardiologických vyšetření (Budíková, 2012, s. 6).

Perfuzní scintigrafie myokardu zobrazuje regionální distribuci myokardiální perfuze po podání radiofarmaka intravenózně (Kamínek, Fikrle, 2008, s. 5). V současnosti je již standardem EKG-gated SPECT, kterým lze po aplikaci perfuzního radiofarmaka posoudit nejen perfuzi, ale i funkci levé komory v rámci jednoho vyšetření. Přispívá k rozhodování o dalším terapeutickém postupu kvantifikací rozsahu a závažnosti perfuzních defektů a stanovením sumačního zátěžového a rozdílového skóre. U pacientů s normální nebo mírně abnormální perfuzí a normální pozátěžovou funkcí levé komory je upřednostňována medikamentózní léčba. Při zjištění rozsáhlé ischemie nebo pozátěžového omráčení levé komory je preferována invazivní strategie (Kamínek et al., 2010, s. 513). Pokud není pacient s dysfunkčním viabilním myokardem revaskularizován, má signifikantně horší prognózu než ten, který prodělal revaskularizaci, nebo než nemocný s dysfunkčním neviabilním myokardem. Zátěžové SPECT vyšetření nám umožní posoudit viabilitu myokardu, ale i rozsah a závažnost ischemie v jednotlivých koronárních povodích. Pokud není pacient schopen zátěže, nebo je dotaz pouze na viabilitu, provádíme pouze klidové SPECT vyšetření (Kamínek, Fikrle, 2008, s. 12). Dysfunkční segmenty s fixním defektem, který akumuluje méně, než 50% aktivity radiofarmaka je považován za neviabilní a známkou jizvy po infarktu myokardu. Zatímco hibernující myokard akumuluje více než 50% perfuzního radiofarmaka a je považován za viabilní. (Kamínek a kol., 2010, s. 520)

## **2. 1. PŘÍPRAVA PACIENTA NA VYŠETŘENÍ SPECT MYOKARDU**

Vyšetření je prováděno na základě řádně vyplněné žádanky, která musí obsahovat: jméno pacienta, výšku, váhu, u žen vyloučení gravidity, základní a vedlejší diagnózy, důvod a očekávaný přínos vyšetření, identifikace odesílajícího zařízení, specifikace požadované metody, medikaci, výsledek EKG, popis průběhu ergometrie a výsledky dalších vyšetření.

Pacienti jsou s dostatečným předstihem písemně informováni o přípravě, časové náročnosti a termínu vyšetření. Pacient přichází na lačno a přinese si s sebou tučnější svačinu. Svačinu sní 15 minut po aplikaci radiofarmaka na klidové vyšetření, podpoří tak evakuaci žlučníku, ve kterém se hromadí radiofarmakum a tím ruší signál ze snímané

oblasti. Diabetici si dodrží svůj obvyklý režim. Pokud není kontraindikace (o možnosti vysazení rozhoduje kardiolog), pacienti vysadí na 48 hodin betablokátory a 12 hodin před vyšetřením farmakologickou zátěží pacient nepožívá potraviny a preparáty s obsahem methylxantinových derivátů a kofeinu (čokoláda, káva, čaj, banány, theophyllin ....) ([www.fnol.cz/pdf/rn-vyšetření-a-terapie.doc](http://www.fnol.cz/pdf/rn-vyšetření-a-terapie.doc))

## **2. 2. PERFUZNÍ RADIOFARMAKA POUŽÍVANÁ V NUKLEÁRNÍ KARDIOLOGII**

Radiofarmakum je jakýkoliv léčivý přípravek, který obsahuje jeden nebo více radionuklidů které se využívají pro lékařské účely. Je to skupina léčiv, při jejichž přípravě, výrobě a manipulaci s nimi je nutné respektovat požadavky na práci ze zdroji ionizujícího záření. Pracovníci v nukleární medicíně využívají tří metod ochrany před ionizujícím zářením: čas, vzdálenost, stínění. Množství aplikovaného radiofarmaka pacientovi musí být voleno tak, aby při co nejnížší radiační zátěži byla zaručena dostatečná diagnostická informace. Výpočet vychází z diagnostické referenční úrovně, to je hodnota aktivity určená pro pacienta o hmotnosti 70 kg a ta by neměla být překračována (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2007, s. 28-31)

Thalium chlorid ( $^{201}\text{TI}$ ) je metabolický analog draslíku a do buněk vstupuje aktivním transportem na základě sodíko-draslíkové pumpy. Jeho důležitou vlastností je redistribuce. Po aplikaci se  $^{201}\text{TI}$  rychle vychytává v myokardu v přímé závislosti na perfuzi (Kuníková, Lang, 2009, s. 9). V normálním myokardu se rychle akumuluje a pomalu se z něj vyplavuje, v ischemickém je iničiální akumulace nižší a i následné vyplavování je zpomaleno. Výhodou je, že po jedné aplikaci radiofarmaka získáme obraz o stavu regionální perfuze myokardu v zátěži i v klidu (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2007, s. 28-31). Jde o cyklotronový produkt a jeho nevýhodou je nutnost dovozu na pracoviště nukleární medicíny a nelze jím pokrýt potřebu vyšetření v průběhu celého pracovního týdne (Kamínek, Fikrle, 2008, s. 7). Další nevýhodou je nízká energie záření (69-83 keV), která způsobuje velkou absorpci záření ve tkáních a tím snižuje kvalitu

scintigramů s četnými artefakty. Fyzikální poločas rozpadu 73 hodin vede k vyšší radiační zátěži pacientů (Budíková, 2013, s. 15)

V současné době se používají radiofarmaka značená  $^{99m}\text{Tc}$  ( $^{99m}\text{TcMIBI}$  – methoxyisobutylisonitril a  $^{99m}\text{Tc}$  – tetrofosmin). Jedná se o lipofilní kationty, které vstupují do buněk pasivním transportem umocněným negativním potenciálem buněčné membrány, akumulují se v mitochondriích. (Kuníková, Lang, 2009, s. 8). Jejich distribuce v myokardu je relativně konstantní několik hodin a „zmrazí“ perfuzní situaci myokardu v době aplikace na vrcholu zátěže (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2007, s. 62). Redistribuce těchto radiofarmak je zanedbatelná a pro zobrazení zátěží navozeného defektu perfuze musí být provedena dvojitá aplikace radiofarmaka (Kamínek, Fikrle, 2008, s. 7). Dříve používaný dvoudenní protokol, kdy se klidové vyšetření provádělo i několik dní po zátěžovém vyšetření, zvyšoval možné riziko oddálení časné diagnózy u akutních stavů a tím zvýšenou mortalitu pacientů. Proto je v současné době preferován protokol jednodenní, při kterém je v jednom dni provedeno zátěžové vyšetření a za 3 hodiny po aplikaci 2,5 vyšší dávky proběhne i akvizice dat za klidových podmínek (Budíková, 2013, s. 15).

## **2. 3. VOLBA OPTIMÁLNÍ METODY ZÁTĚŽE U SPECT MYOKARDIÁLNÍ PERFUZE**

Preferovanou technikou nukleární kardiologie k zobrazení myokardiální perfuze při zátěži je jednoznačně byciklová ergometrie. Je fyziologická, může vyprovokovat symptomy, pro které je pacient vyšetřován a vypovídá o pracovní toleranci (Kamínek a kol., 2000, s. 42-43).

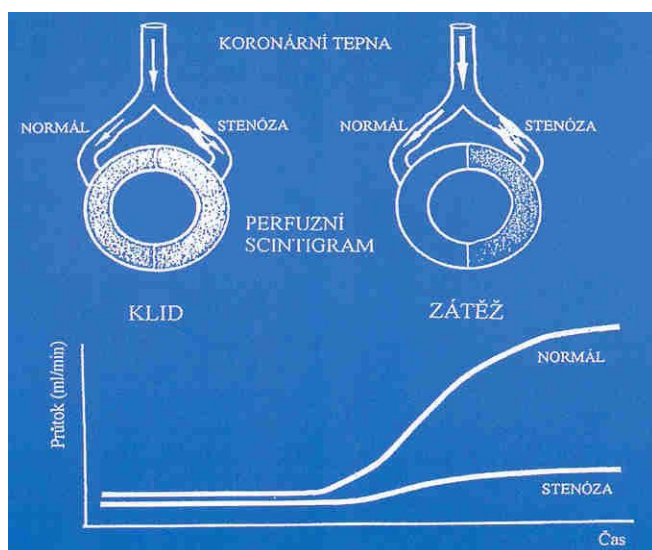
Pacienti neschopní adekvátní fyzické zátěže (ortopedické problémy, nevykonnost, nespolupracující, klaudikační bolesti při ischemické chorobě dolních končetin, bolesti páteře, amputace končetin, nemožnost vysadit beta blokátory) jsou indikováni k farmakologické zátěži. Nejčastěji používanou látkou při farmakologické zátěži je dipyridamol nebo adenosin. Způsobují přímou vasodilataci koronárního řečiště. Při kontraindikaci použití dipyridamolu a adenosinu (CHOPN, hypotenze) se používá dobutamin (Kamínek a kol., 2010, s. 520). V současné době je nejnovějším preparátem

regadenoson, který má méně kontraindikací a může se provádět i u pacientů s CHOPN. (Budíková, 2012, s. 14). Navíc má kratší plazmatický poločas a tudíž má menší výskyt nežádoucích účinků.

**Tab. 1** Pořadí volby druhu zátěže při vyšetření myokardiální perfuze.

1. Fyzická zátěž
2. Dipyridamol/adenosin – u pacientů neschopných adekvátní fyzické zátěže a u pacientů s LBBB
3. Dobutamin – u pacientů neschopných adekvátní fyzické zátěže s kontraindikací k dipyridamolovému testu (asthma bronchiale)

In: Lang, Kamínek, Trojanová, 2008, s. 57



**Obr. 1** Princip zátěžového vyšetření myokardiální perfuze

In: Lang, Kamínek, Trojanová, 2008, s. 54

### 2.3.1. FYZICKÁ DYNAMICKÁ ZÁTĚŽ

Nejčastěji používanou metodou je bicyklová ergometrie. Při kontinuálně stupňované zátěži dochází k nepřímé vazodilataci vlivem nárůstu kyslíkové spotřeby myokardu. V průběhu zátěže monitorujeme a hodnotíme EKG, krevní tlak a tepovou frekvenci. Dokumentujeme záznam všech 12 svodů EKG před zátěží, v průběhu zátěže i

v restituční fázi pro evidenci akutní ischemie a arytmie. Před vyšetřením zavádíme pacientovi do horní končetiny i. v. kanylu pro přísně intravenózní podání radiofarmaka (Kamínek a kol., 2000, s. 41)

Máme k dispozici různé typy protokolů s různě vystupňovanou zátěží. Počáteční zátěž při bicyklové ergometrii je nastavena na 25-50 W a zátěž se zvyšuje individuálně podle výkonnosti pacienta každé 2 minuty. Na vrcholu zátěže (překročení 85% maximální tepové frekvence) podáme přísně intravenózně radiofarmakum. Zátěž by od začátku do podání radiofarmaka měla trvat více než 4 minuty, po aplikaci radiofarmaka pokračujeme v zátěži u  $^{201}\text{Tl}$  1 minutu a u  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  značených radiofarmak 1,5 až 2 minuty. V případě vzniku symptomů typu stenokardií a dušnosti, hypotenze nebo zvýšení krevního tlaku na kritické hodnoty, výrazných EKG změn ST segmentu je nutné radiofarmakum ihned naaplikovat a zátěž ukončit.

Pracoviště je vybaveno pomůckami a léky pro kardiopulmonální resuscitaci a personál je pravidelně školený v akutní medicíně (Lang a kol., 2008, s. 54-55).

**Tab. 2** Aplikované aktivity

Váha	Aplikované aktivity $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ , $^{99\text{m}}\text{Tc-tetrofosmin}$ (MBq)		
	Zátěž: 3 MBq/kg	Klid (1denní protokol): 8 MBq/kg	Klid (samostatný, před zátěží): 4 MBq/kg
≤70	210	630	280
75	225	675	300
80	240	720	320
85	255	765	340
90	270	810	360
95	285	855	380
100	300	900	400
105	315	945	420
110	330	990	440
115	345	1035	460
120	360	1080	480
125	375	1125	500
≥130	400	1170	520

In: radiologické standardy FN Olomouc, 2015

### 2.3.2. FARMAKOLOGICKÁ ZÁTĚŽ

Někteří pacienti nejsou schopni adekvátní zátěže potřebné ke správnému provedení zátěžového vyšetření při bicyklové ergometrii. To bývá příčinou falešně negativních nálezů, proto je u těchto pacientů prováděna farmakologická zátěž látkami s přímým vazodilatačním účinkem (Kamínek a kol., 2000, s. 41).

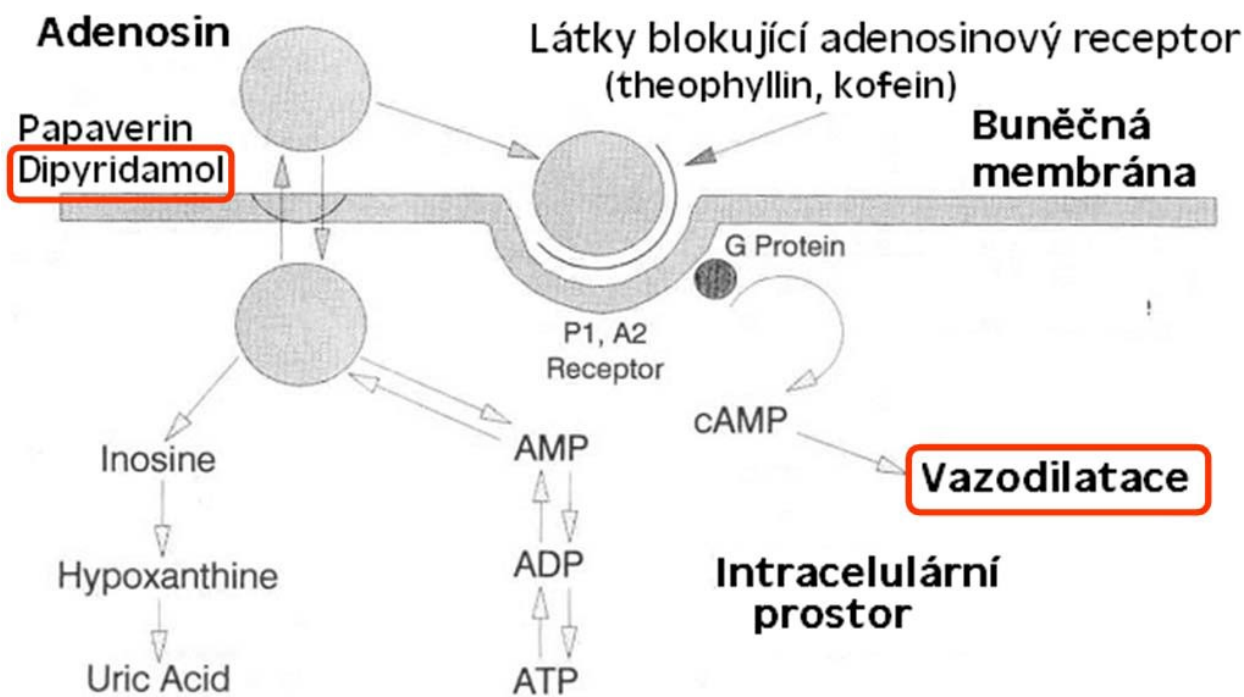
Dipyridamol je nejčastěji používaná látka s přímým vasodilatačním účinkem . Při poučení pacienta musíme zdůraznit zákaz užívání látek obsahujících kofein a ostatní methylxantinové deriváty, které by interferovaly s vazodilatačními látkami (Kamínek a kol., 2000, s. 41). Princip účinku dipyridamolu je založen na zabránění odbourávání adenosinu ve svalových buňkách, což vede k nahromadění endogenního adenosinu v oběhu, způsobí vazodilataci odporových cév a tím zvýší prokrvení a průtok koronárním řečištěm až 4x.

Aplikujeme infuzí po dobu 4 minut do předem zavedené kanyly přísně intravenózně v dávce 0,56mg/kg hmotnosti pacienta. Za další 4 minuty po skončení aplikace dipyridamolu, kdy je jeho účinek optimální, naaplikujeme radiofarmakum. Dipyridamol se používá hlavně u pacientů s LBBB a v případě, že nelze přerušit podávání betablokátorů. Před podáním je nutné zjistit, jestli se pacient neléčí s astma bronchiale nebo CHOPN a měříme krevní tlak. Dipyridamol působí na hladké svalstvo bronchů a tím způsobuje bronchospazmus a snižuje krevní tlak (Kuníková, Lang, 2009, s. 9). Při výskytu vedlejších či nežádoucích účinků můžeme účinek dipyridamolu vyblokovat intravenózní frakcionovanou aplikací 100-300 mg aminophyllinu.

Další možností farmakologické zátěže je použití adenosinu. Pro jeho krátký plasmatický poločas je jeho použití výhodnější, protože jeho vedlejší účinky odeznívají rychle po přerušení infuze (Kamínek a kol., 2000, s. 41). Nejnověji byly vyvinuty selektivní A<sub>2A</sub> adenosiny, ty nevyvolávají arytmie, systémovou vazodilataci a bronchokonstrikci. První selektivní A<sub>2A</sub> adenosin, který je komerčně dodáván, má generický název regadenoson. Jeho aplikace je velice snadná a nijak se neupravuje podle hmotnosti pacienta. Spočívá v podání 0,4 mg regadenosonu ve formě intravenózního bolu s následným proplachem fyziologickým roztokem, za 10-20 sekund



naaplikujeme radiofarmakum. Regadenoson má plasmatický poločas 2,5 minuty, proto má výrazně méně nežádoucích účinků než dipyridamol (Budíková, 2012, s. 14).



**Obr. 2** Schéma účinku adenosinu a dipyridamolu.

In: Budíková, 2012, s. 12

Dobutamin je sympatikomimetikum, které svým účinkem zvyšuje srdeční frekvenci, čímž zvyšuje spotřebu kyslíku v buňkách myokardu, což vede k nepřímé vazodilataci. Vysazení beta blokátorů je nutné 48 hodin před vyšetřením. Aplikaci provádíme pomocí infuzní pumpy intravenózně postupně 5, 10, 20, 30, 40  $\mu\text{g}/\text{kg}$  hmotnosti pacienta. Dávku zvedáme každé 3 minuty, než dosáhneme požadované tepové frekvence. Pokud nenarůstá tepová frekvence je možno aplikovat atropin intravenózně až do dávky 1 mg. Radiofarmakum aplikujeme 1-2 minuty před ukončením protokolu (Kuníková, Lang, 2009, s. 10). Jestliže dojde k nežádoucím účinkům, je možné podat metoprolol v dávce 1-5 mg. Po celou dobu testu monitorujeme krevní tlak, tepovou frekvenci a EKG křivky (Kamínek a kol., 2000, s. 42).

### **2.3.3. KOMBINOVANÁ**

Dipyridamol a následná fyzická zátěž

Při použití farmakologické zátěže dochází k hromadění radiofarmaka v játrech, což ovlivňuje kvalitu získaných obrazů, a proto je vhodnější volit zátěž kombinovanou, kdy pacient vykonává alespoň minimální pohyb. Fyzická zátěž zvyšuje krevní tlak, tudíž nedochází k nežádoucím účinkům v podobě poklesu krevního tlaku.

Fyzická zátěž s podáním atropinu

Pokud nedochází k potřebnému zvýšení tepové frekvence a k jejímu dosažení chybí málo, je možné podat intravenózně 1 mg atropinu jako u dobutaminové zátěže. Uspoříme tím čas, kdy by bylo nutné nechat pacienta zklidnit a připravit ho na farmakologickou zátěž (Kuníková, Lang, 2009, s. 10).

## **2. 4. OŠETŘOVATELSKÉ PROBLÉMY PŘI ZÁTĚŽOVÝCH TESTECH**

Při vyšetření dochází k deficitu některých potřeb pacienta. Radiologický laborant má důležitou roli při zajišťování psychické i fyzické pohody pacienta v průběhu vyšetření. Spolupráce personálu s pacientem a snaha o rovnováhu a harmonii potřeb pacienta může výrazně ovlivnit průběh i výsledek celého vyšetření.

Anonymní dotazník vyplnilo 200 pacientů z různých pracovišť v průběhu jednoho měsíce. Otázky byly zaměřeny na uspokojení potřeb biologických, psychických, sociálních i spirituálních.

**Tab. 3** Výskyt ošetřovatelských problémů v průběhu zátěžového testu v jednotlivých oblastech-jejich absolutní a relativní četnost.

	jednotlivé problémy (počet respondentů)	
	absolutní četnost	relativní četnost
dýchání	64	39,3 %
hygiena	15	9,2 %
tekutiny	83	50,9 %
bolest	55	33,7 %
zaživací potíže	6	3,7 %
poloha těla	34	20,9 %
teplota v místnosti	27	16,6 %
intimita	7	4,3 %
strach	65	39,9 %
informace	7	4,3 %
blízká osoba	6	3,7 %
komunikace	0	0,0 %
víra	1	0,6 %

In: Hynková, Kuníková, 2014, s. 1

Jeden z uvedených problémů považovali pacienti za nejzávažnější.

**Tab. 4** Výskyt nejzávažnějších ošetřovatelských problémů v průběhu zátěžového testu v jednotlivých oblastech-jejich absolutní četnost.

problém	absolutní četnost	relativní četnost
dýchání	48	35,0 %
hygiena	1	0,7 %
tekutiny	17	12,4 %
bolest	10	7,3 %
zaživací potíže	2	1,5 %
poloha těla	3	2,2 %
teplota v místnosti	8	5,8 %
intimita	0	0,0 %
strach	42	30,7 %
informace	1	0,7 %
blízká osoba	2	1,5 %
komunikace	0	0,0 %
víra	0	0,0 %
celkem	137	100,0 %

In: Hynková, Kuníková, 2014, s. 11

Celkový dojem z průběhu zátěžového testu

**Tab. 5** Celkový dojem pacientů z průběhu zátěžového testu-absolutní a relativní četnost (stupeň jedna=nejlepší, stupeň pět=nejhorší)

celkový dojem	možnosti				
	1	2	3	4	5
absolutní četnost	105	45	13	0	0
relativní četnost	64,4 %	27,6 %	8,0 %	0,0 %	0,0 %

In: Hynková, Kuníková, 2014, s. 12

Na základě zpracovaných výsledků z dotazníku vyplývá několik doporučení pro praxi, která zkvalitní ošetrovatelskou péči během zátěžových testů. Pro uspokojení biologických potřeb zajistíme dostatečné větrání a ideální teplotu v místnosti, umožníme podávání tekutin v průběhu celého vyšetření, upravíme polohu na ergometru, aby byla co nejpohodlnější, a budeme respektovat věk a fyzickou zdatnost pacienta. Psychické potřeby se snažíme uspokojit dostatečnou informovaností, klidným jednáním, opakovaně vysvětlujeme a podáváme informace a pacienta dostatečně chválíme a povzbuzujeme, tím omezíme pocit úzkosti a nejistoty (Hynková, Kuníková, 2014, s. 9-13)

## 2. 5. AKVIZICE GATED SPECT MYOKARDU

### Kontrola kvality scintilační kamery SPECT

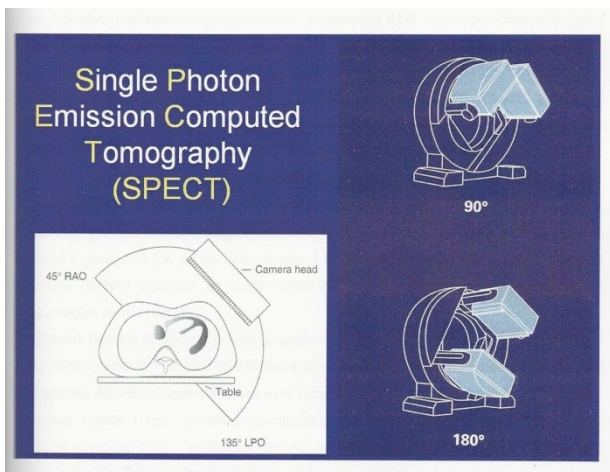
Na pracovišti nukleární medicíny je nezbytně nutné zajistit plynulý a nepřetržitý provoz a přístroje musí splňovat dostatečnou kvalitu pro vyšetřování. Jedná se o jejich diagnostické parametry a konstrukční části. Jsou vypracované metodiky pro ověřování kvality, které popisují postup kontroly jednotlivých parametrů přístroje. S jejich pomocí je

možné odhalit případné změny či poruchu přístroje. Proto je nutná pravidelná kontrola a údržba přístroje. Předejdeme tak případné chybné interpretaci výsledků, které by mohly negativně působit na celkové vyšetření pacienta. Kontroly kamer se provádí pravidelně v různých časových intervalech – denní, týdenní, měsíční, půlroční až roční (Fiala, Ptáček, Koranda, Přidal, 2008, s. 11).

#### Akvizice

Po aplikaci radiofarmaka na vrcholu zátěže pokračujeme v zátěži ještě 1-1,5 minuty. Potom pacientovi pomůžeme sesednout z ergometru, uložíme ho na lehátko a necháme vydýchat. Synchronizace s EKG křivkou vyžaduje zpomalení tepové frekvence. Při akvizici leží pacient na vyšetřovacím lůžku na zádech a ruce má uložené nad hlavou. EKG křivku snímáme třemi elektrodami. Hrudník stáhneme gumovým pásem, což nám umožní upravit polohu prsů u žen a umožní detektorům větší přiblížení k hrudníku a omezíme arteficiální defekt perfuze v oblasti přední stěny myokardu (Kuníková, Lang, 2009, s. 10)

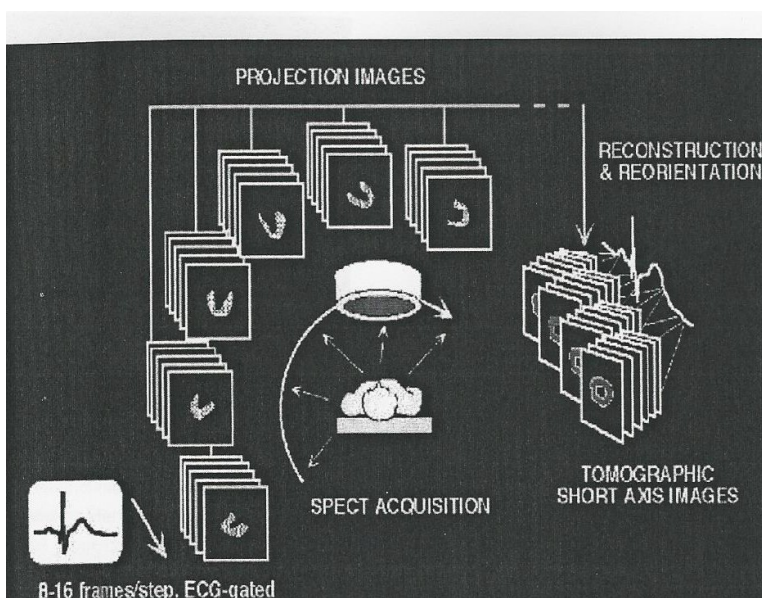
Původně jednodetektorové SPECT kamery byly v posledních deseti letech nahrazeny dvoudetektorovými s variabilním uspořádáním detektorů.



**Obr. 3** Snímání dat při SPECT myokardu probíhá z pravé přední šikmé projekce (RAO 45°) do zadní šikmé projekce(LPO 45°). Dvoudetektorové variabilní kamery je možné pro kardiologická vyšetření upravit sklonem detektorů v úhlu 90°(L mode). Lze tak získat dvojnásobnou naměřenou hustotu impulzů nebo zkrátit dobu akvizice.

In: Kamínek a kol. , 2010, s. 514

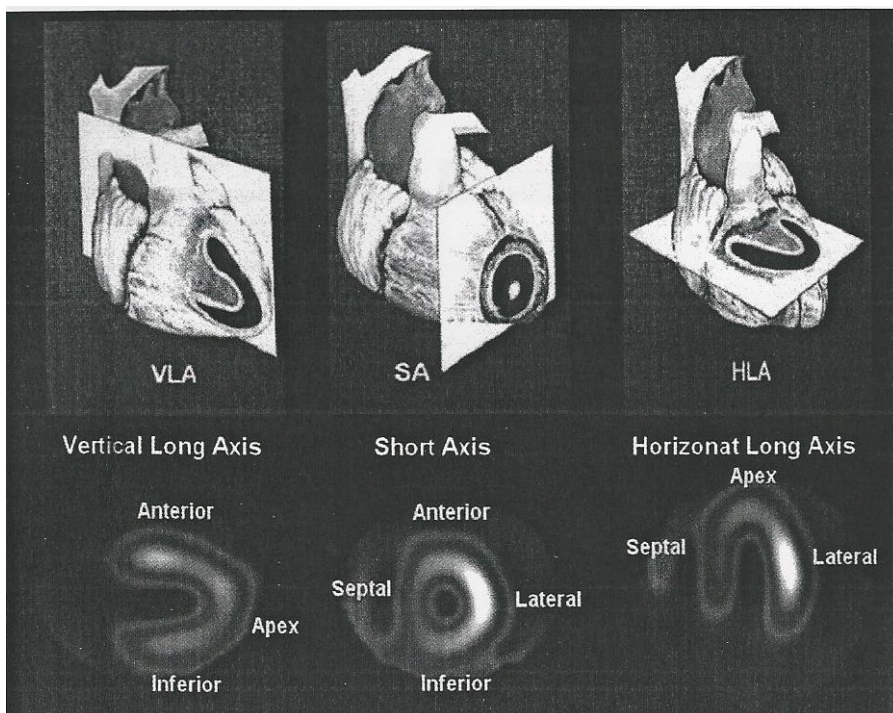
Lze tak získat daleko kvalitnější obrazy za stejnou dobu nastřádáním dvojnásobné hustoty impulzů. Rozvinula se i výpočetní technika a rekonstrukci gated SPECT obrazů zvládá téměř okamžitě (Kamínek a kol., 2010, s. 515). Detektory se při akvizici otáčejí v postupných krocích kolem hrudníku pacienta a snímají rozložení radiofarmaka. Nahrávání dat je synchronizováno s EKG záznamem obvykle jako 8 nebo 16 frame gating.



**Obr. 4** Schéma akvizice gated SPECT myokardu: detektor kamery se postupně otáčí kolem pacienta, obrazy získané v jednotlivých projekcích jsou díky EKG synchronizaci rozděleny na dalších 8-16-podobrazů.

In: Kamínek, Fikrle, 2008, s. 7

V průběhu akvizice je nastřádáno 32 – 64 projekcí v úhlu rotace 180° z pravé přední šikmé projekce 45°(RAO 45°) do levé zadní šikmé projekce 45°(LPO 45°). Při rekonstrukci používáme standardní orientaci jako při tomografickém zobrazení myokardiální perfuze.

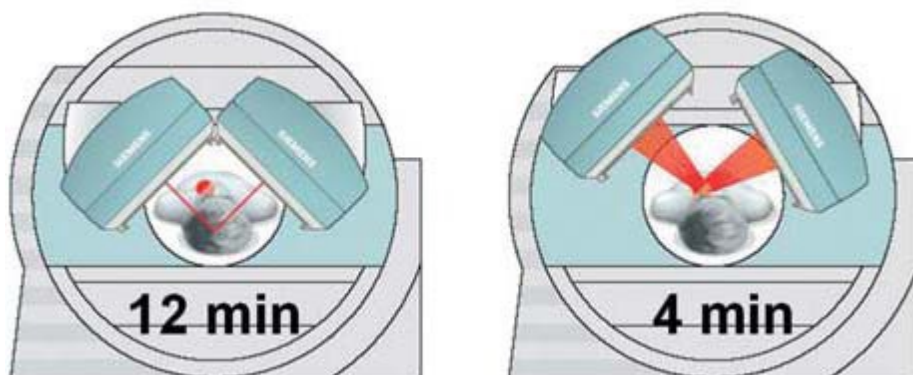


**Obr. 5** Standartní orientace pro SPECT zobrazování myokardu.

In: Kamínek a kol., 2010, s. 514

V průběhu jednoho reprezentativního srdečního cyklu je možné sledovat obrazy perfuze od end-diastoly přes end-systolu po end-diastolu dalšího srdečního cyklu. Pomocí systolického nárůstu hustoty impulzů posuzujeme systolické ztlušťování levé komory (wall thickening index) a dále posuzujeme hybnost stěn levé komory (wall motion). Moderní programy umožňují automatickou kalkulaci ejekční frakce a objemy levé komory. Můžeme tedy posoudit nejen perfuzi, ale i funkci levé komory po zátěži a za klidových podmínek a posoudit event. pozátěžové zhoršení funkce levé komory (Kamínek, Fikrle, 2008, s. 7). U pacientů s nepravidelnou srdeční akcí s fibrilací síní a četnými supraventrikulárními nebo komorovými extasystolami nelze nahrát kvalitní studii, proto jsou údaje o regionální kinetice a ejekční frakci pouze orientační (Budíková, 2012, s. 16). Nové typy kamer spolu s novými rekonstrukčními algoritmy umožňují i při snížení aplikované aktivity radiofarmaka zkrácení akviziční doby při stejné nebo i lepší kvalitě obrazu. Snížení aplikované aktivity sníží i radiční zátěž pacienta a personálu. V současnosti aplikujeme aktivitu 300-500 MBq  $^{99m}\text{TcMIBI}$  což odpovídá efektivní

dávce 2,4-4 mSv, u nových technologií bude možné snížit efektivní dávku až na <2mSv. Metoda zátěžového SPECT vyšetření se stále vyvíjí (Kamínek a kol., 2010, s. 515)



**Obr. 6** Konstrukčně nové typy kamer (vlevo standardní kolimátor s paralelními otvory, vpravo konvergentní kolimátor) a nové rekonstrukční algoritmy umožňují podstatné zkrácení akviziční doby, resp. aplikované aktivity radiofarmaka.

In: Budíková, 2012, s. 18

## 2. 6. OBRAZOVÉ ARTEFAKTY

Obrazové artefakty vycházejí z několika zdrojů, dělíme je na faktory vyplývající z techniky vyšetření a faktory způsobené vyšetřovaným pacientem.

### 2. 6. 1. TECHNICKÉ ARTEFAKTY

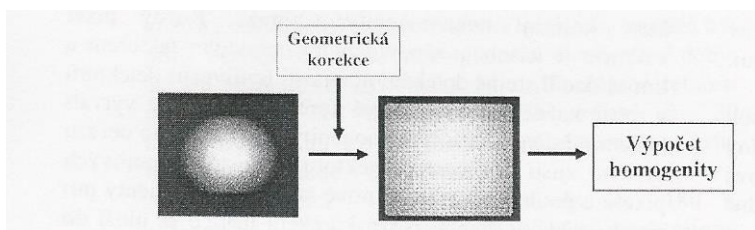
Pro omezení technických artefaktů je důležitá pravidelná kontrola všech technických parametrů gamakamery a pečlivé zpracování dat.

Denně provádíme vnější měření homogenity zorného pole pomocí plošného radioaktivního zdroje  $^{57}\text{Co}$ . Druhý způsob měření homogenity je vnitřní bez kolimátorů s použitím  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  bodového zdroje. Hodnotíme integrální homogenitu-největší relativní rozdíl mezi dvěma body v zorném poli detektoru a diferenciální homogenitu (lokální nehomogenitu)-největší relativní rozdíl dvou sousedních bodů v zorném poli. Při ideálně homogenním obrazu by byla homogenita (nehomogenita) nulová. V současné době je u



scintilačních kamer měřená integrální homogenita pod hranicí 3 % a diferenciální ještě nižší.

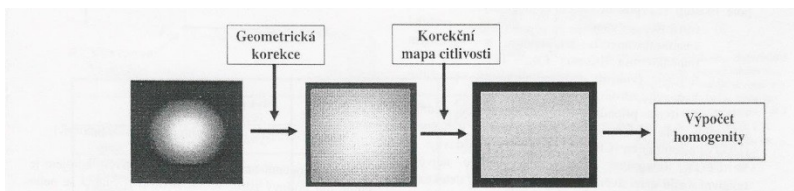
Každý měsíc je při kontrole homogenity pomocí bodového zdroje o aktivitě 1,6 MBq vytvořena nová korekční matice a ta je používána do vytvoření další matice za měsíc. Akvizice je nastavená na 200 milionů impulzů, matice 1024x1024 pixelů, okno 140keV, šířka okna 15%.



**Obr. 7** Postup při stanovení výpočtu homogenity při měsíční kontrole. Vlevo bodový zdroj před geometrickou korekcí, uprostřed po provedení korekce.

In: Fiala a kol., 2008, s. 12

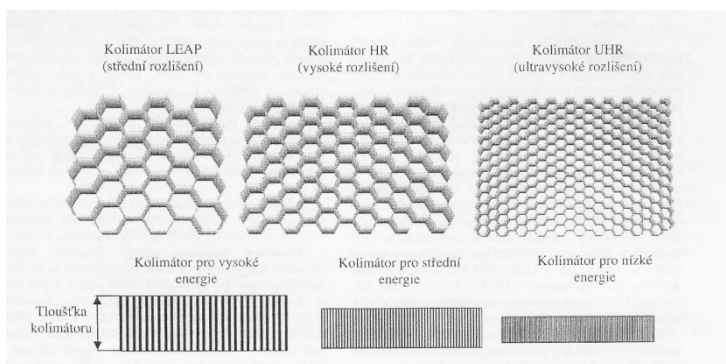
Týdenní kontrola se liší od měsíční sníženým počtem impulzů na 16 milionů a je použita korekční mapa citlivosti. Použitím korekce citlivosti, která ovlivní kvalitu obrazu, bývá dosaženo lepších hodnot homogenity než při měsíční kontrole.



**Obr. 8** Stanovení homogenity při týdenní kontrole. Vlevo obraz bodového zdroje před geometrickou korekcí, uprostřed po korekci a vpravo korigovaný mapou citlivosti

In: Fiala a kol., 2008, s. 12

Planární prostorová rozlišovací schopnost a linearita (vizuálně). Rozlišení SPECT kamery ovlivňuje vnitřní rozlišení detektoru, geometrické rozlišení kolimátoru a vzdálenost zdroje od kolimátoru. Podle konstrukce kolimátoru je dáno jaké vlastnosti bude mít výsledný obraz. Měříme pomocí plošného zdroje  $^{57}\text{Co}$  s aktivitou 400MBq a Bar fantomu. Akvizice 10 milionů impulzů matice 512x512 pixelů, okno 122keV, šířka okna 20%.



**Obr. 9** Typy kolimátorů podle prostorové rozlišovací schopnosti-nahoře, podle energie-dole.

In: Fiala a kol., 2008, s. 14

Kvantitativní test na prostorovou rozlišovací schopnost se realizuje pomocí liniového zdroje (plexisklová deska s meandrovitě upevněnou silikonovou trubičkou naplněnou radioaktivním roztokem).

Citlivost detektoru s kolimátorem je měřena pro každý typ kolimátoru a je porovnána s údaji výrobce kamery (Fiala a kol., 2008, s. 17)

## 2. 6. 2. ARTEFAKTY ZPŮSOBENÉ PACIENTEM

Pacientovy měkké tkáně způsobují zeslabení a rozptyl záření (polovrstva tuku pro  $^{99m}\text{Tc}$  je 4 cm). Závažnost artefaktů způsobených pacientem závisí na tvaru, uložení, a hustotě zeslabující struktury. Zeslabující strukturou bývá hmota prsou u žen, tuk boční stěny u obézních pacientů a vysoký stav bránice u mužů. Artefakty způsobené prsy u žen jsou vzhledem k jejich variabilitě různé. Při záznamu zátěžových i klidových obrazů může být poloha prsu stejná a je patrný arteficiální fixní defekt, ale pokud je poloha prsu u každého vyšetření jiná, můžeme detekovat arteficiální reverzibilní defekt. Pokud je to možné a tkáň prsu je měkká můžeme pomocí stahovacího pásu docílit rozprostření hmoty prsu po hrudníku nebo pomocí pásu vysunout prsy kraniálně aby nepřekrývaly myokard. Před akvizicí je nutné zjistit, jestli nemá pacientka prsní implantát, nebo jestli není po mastektomii levého prsu, kdy by bylo výhodnější výsledek vyšetření srovnávat s normálovou databází pro muže. Tuk boční stěny hrudníku je rovnoměrně rozložen, a proto zeslabení nemá vysloveně ložiskový charakter. U obézních pacientů způsobuje

vyšší stav bránice fixní defekt na spodní stěně v důsledku atenuace záření. Pro vyloučení defektu zopakujeme akvizici v poloze pacienta na břicho – prone pozice.

Radiofarmakum se vylučuje játry do žluče a střeva. Akumulace v játrech nebo ve slezinném ohbí může působit problémy při rekonstrukci obrazů.

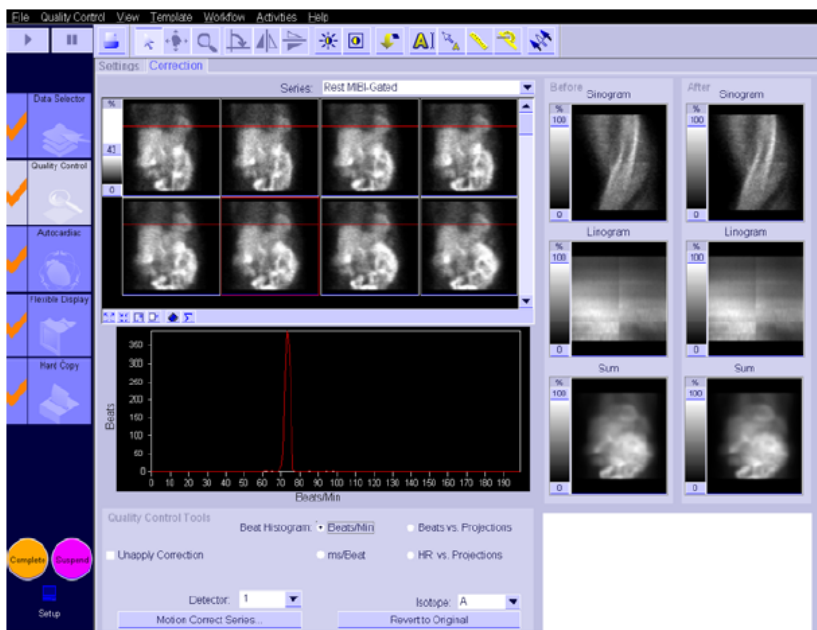
Pohyb pacienta např. způsobený kašlem může být dalším problémem při interpretaci výsledků. Podle jeho závažnosti se rozhoduje o případném opakování akvizice. Při menším pohybu dokáže software posun automaticky korigovat.

Lokalizovaná hypertrofie myokardu se označuje jako horké ložisko (hot spot) podle zvýšené radioaktivity. Při vyhodnocení se obraz normalizuje k nejvyšší radioaktivitě a zbytek myokardu se zdá jako hypoperfundovaný.

Zvláštní skupinu tvoří pacienti s blokádou levého Tawarova raménka. Často je u nich detekován defekt v oblasti septa bez stenózy příslušné koronární tepny. Toto je způsobeno funkční hypoperfuzí septa při asynchronní kontrakci levé komory. Při tachykardii, kdy se zkracuje délka diastoly a průtok krve v septu dále klesá je hypoperfuze nejvýznamnější. Pokud tedy zjistíme u pacienta LBBB indikujeme farmakologickou zátěž pomocí dipyridamolu, kdy se příliš nezvyšuje tepová frekvence (Lang, Kamínek, Trojanová, 2008, s. 45-46).

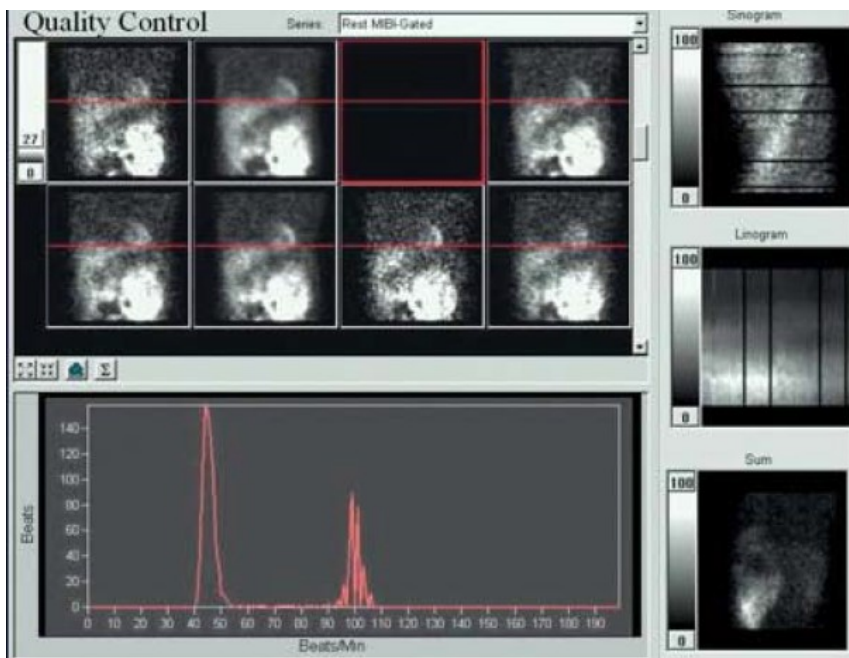
## **2. 7. REKONSTRUKCE DAT A HODNOCENÍ VYŠETŘENÍ**

Při nahrávání dat mohou vznikat různé artefakty, které je třeba rozpoznat a posoudit celkovou kvalitu studie před rekonstrukcí dat. Proto hodnotíme histogram tepové frekvence. Případná arytmie v průběhu akvizice by negativně ovlivnila přesnost hodnocení funkce levé komory, její kinetiku a ejekční frakci (Kamínek a kol., 2010, s. 521).



**Obr. 10** Kontrola kvality – ideální průběh akvizice. Sinogram a linogram mají normální tvar (nedošlo k pohybu pacienta) a histogram tepové frekvence má jeden vrchol.

In: Budíková, 2012, s. 20



**Obr. 11** Kontrola kvality – arteficiální gating u pacienta s významnou arytmií. Histogram má dva vrcholy.

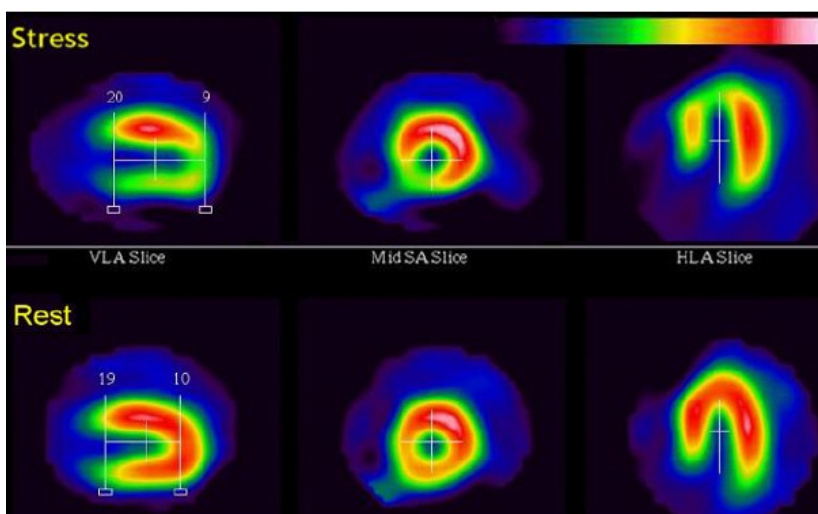
In: Budíková, 2012, s. 20



**Obr. 12** Standartní orientace pro SPECT zobrazování myokardu.

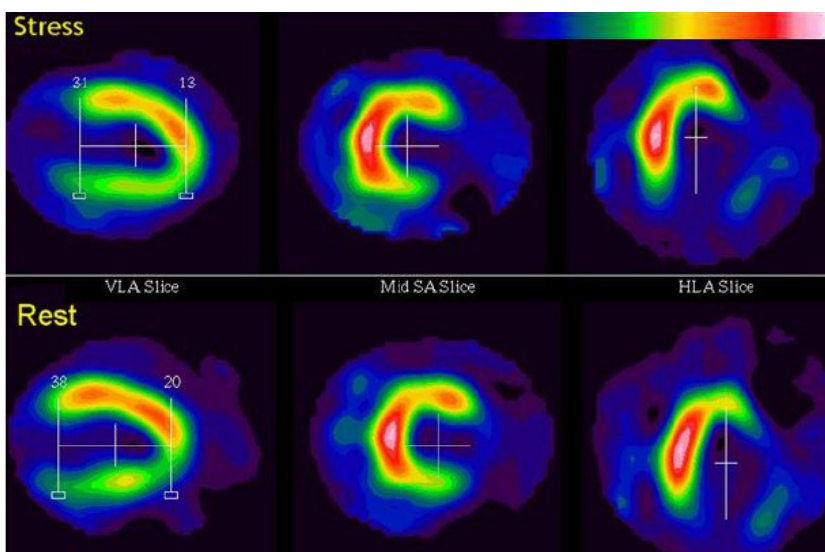
In: Kamínek, Fikrle, 2008, s. 7.

Dříve prováděná filtrovaná zpětná projekce je nahrazena iterativní rekonstrukcí s potlačením šumu a to nám umožní získání kvalitnějších scintigrafických obrazů při nižší hustotě impulzů. (Kamínek a kol., 2010, s. 521). Při vizuálním hodnocení jednotlivých tomografických obrazů perfuze myokardu hodnotíme charakter a lokalizaci perfuzního defektu levé komory ve třech na sebe kolmých rovinách. Pomocí barevné škály (každý pixel v digitálním obraze je zobrazen barvou podle počtu naměřených impulzů) posuzujeme regionální distribuci myokardiální perfuze. Nálezy dělíme na normální pozátěžovou perfuzi, reverzibilní defekt perfuze odpovídající ischemii a fixní defekt prokazující jizvu po infarktu myokardu.



**Obr. 13** Zátěží navozený reverzibilní defekt

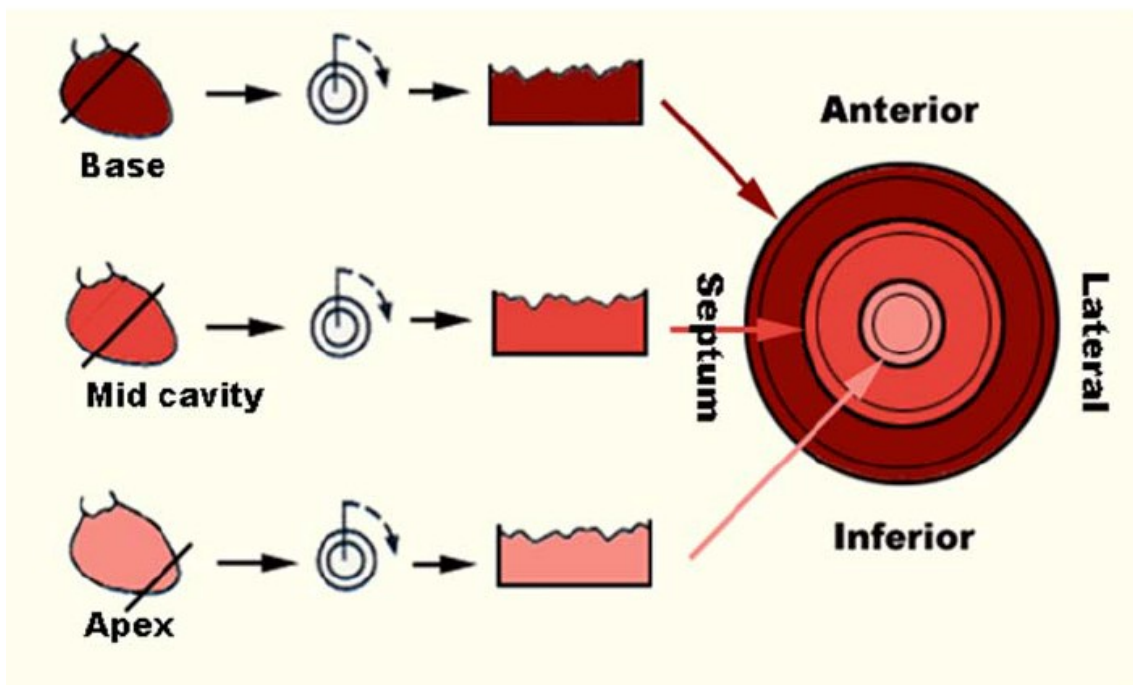
In: Budíková, 2012, s. 23



**Obr. 14** Fixní defekt odpovídající jizvě po infarktu

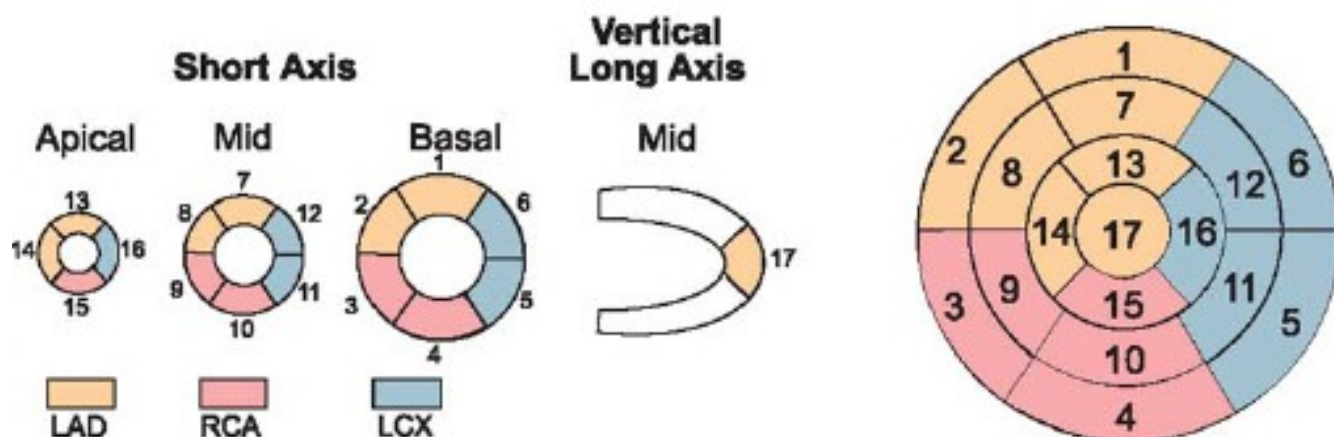
In: Budíková, 2012, s. 23

Pokud zobrazíme po zátěži perfuzní defekt, vyjadřujeme se k jeho rozsahu a závažnosti pomocí hodnocení polárních map a a porovnáváme s normálovou databází vycházející ze zdravé populace. Rozsah defektu kvantifikujeme pomocí tzv. defect blackout map. Ve srovnání s databází má defekt zhoršenou perfuzi o více než 2,5 standartních odchylek a tyto body jsou pak graficky vyjádřeny černě. Když porovnáváme zátěžové a klidové vyšetření a perfuze se upraví o 10% je tento defekt reverzibilní a v oblasti bez úpravy perfuze je defekt fixní. Použitím segmentálního skóring systému kvantifikujeme rozsah a závažnost defektu. Levá komora je rozdělena na 17 segmentů a v každém segmentu je perfuze porovnávána s normálovou databází a je k ní přiřazeno číslo 0 – 4 (0 – normální perfuze, 1 – nejednoznačný nález, 2 – abnormální perfuze, 3 – závažná alterace perfuze, 4 – absence vychytávání radiofarmaka). Po sečtení bodů ze všech segmentů je stanoveno sumační zátěžové skóre (summed stress score – SSS), sumační klidové skóre (summed rest score – SRS) a množství samotné ischemie ukazuje sumační rozdílové skóre (summed difference score – SDS).



**Obr. 15** Schéma konstrukce polárních map

In: Kamínek, Fikrle, 2008, s. 8

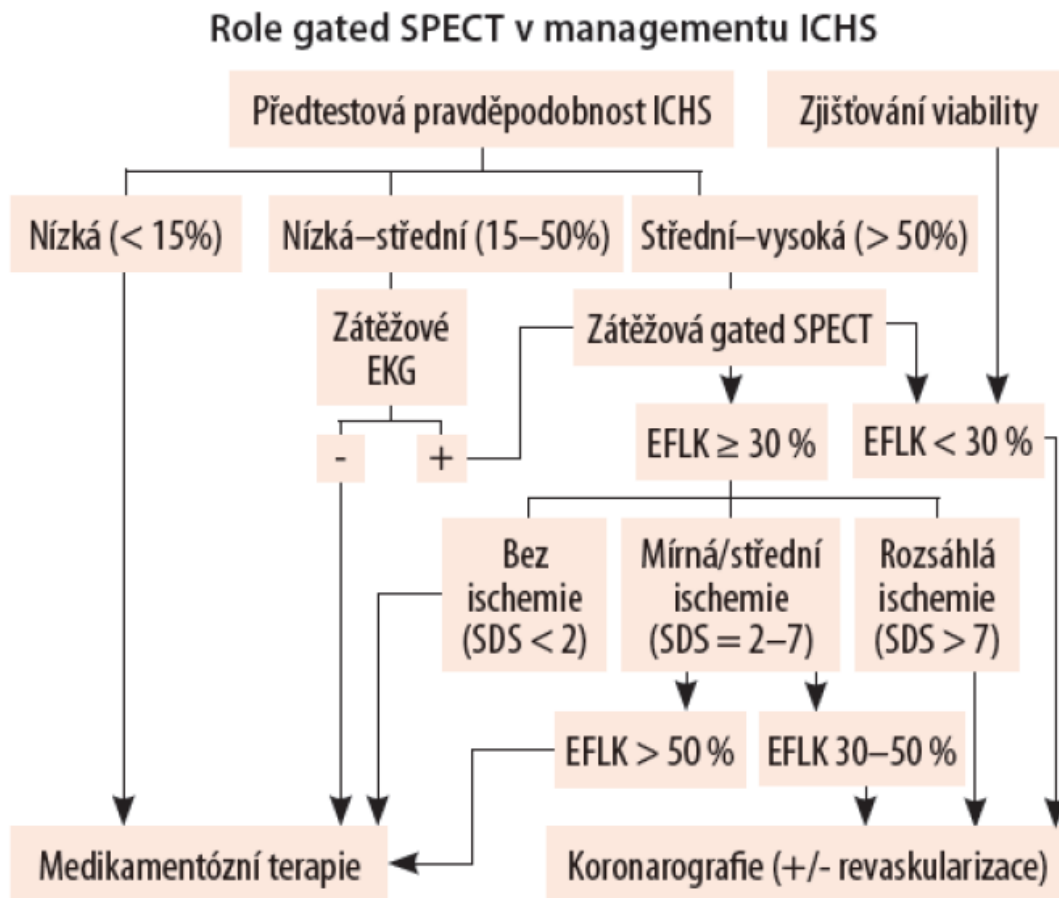


**Obr. 16** 17 segmentový model levé komory

In: Kamínek, Fikrle, 2008, s. 8

Při hodnocení SPECT myokardiální perfuze je důležité i hodnocení funkčních parametrů levé komory, které nás informují o regionální hybnosti stěn levé komory a o její ejekční frakci. U pacientů se závažnou nemocí koronárních tepen dochází na různě

dlouhou dobu k poischemickému omráčení myokardu. Toto omráčení ovlivňuje hybnost stěn levé komory a ejekční frakci, což je vždy prognosticky nepříznivá informace. Další získanou informací jsou objemy levé komory v end – diastole a end – systole a hodnota pozátěžové a klidové ejekční frakce levé komory. Data zjištěná při gated SPECT rozhodují o dalším postupu léčby u pacientů se suspektní ICCHS, kdy jsou pacienti s rozsáhlou reverzibilní poruchou, nebo i pacienti s mírnou až střední ischemií, pokud mají i sníženou pozátěžovou ejekční frakci pod 50%, odesílání k invazivnímu řešení (Kamínek, Fikrle, 2008, s. 7 – 10)



**Obr. 17** Využití perfuzních a funkčních dat zjištěných pomocí gated SPECT v managementu pacientů s ICCHS

In: Kamínek, Fikrle, 2008, s. 8



### 3. KORONÁRNÍ KALCIOVÉ SKÓRE

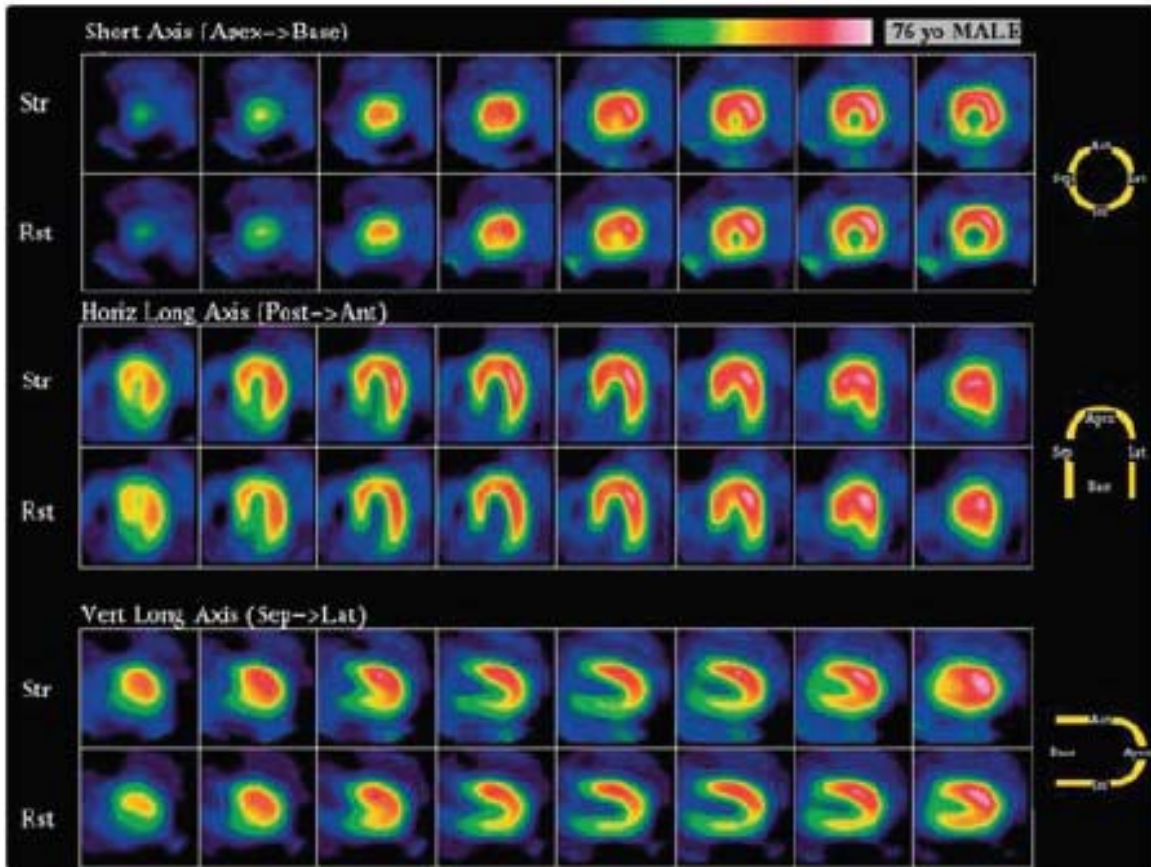
Nemoc koronárních tepen se nemusí projevovat klinickou symptomatologií a rovněž její závažnost nemusí odpovídat věku pacienta. 40% a více procentní stenózu koronárních tepen má až 19% mužů a 8% žen ve věku 30-34 let. Pacienti mohou prodělat nefatální infarkt nebo zemřou bez předchozích symptomů jako náhlá smrt. Je proto důležité tyto pacienty se subklinickou formou nemoci koronárních tepen vyhledávat. Ve zdravých srdečních tepnách se vápník nevyskytuje, a proto jeho nálezy při vyšetření kalciového skóre znamenají vždy přítomnost koronární nemoci. Vyšetření nevyžaduje podání kontrastní látky a je časově nenáročným (Branny, 2012, s. 3-4). Čím vyšší je hodnota kalciového skóre, tím je větší riziko kardiálních příhod. Stejně jako pacienti s již prokázanou ICHS, mají pacienti při kalciovém skóre >400 riziko kardiálních příhod ve 2% ročně, zatímco při nulovém skóre je riziko kardiálních příhod pouze 0,4% ročně (Budíková a kol., 2011, s.700-701). Vysoká hodnota kalciového skóre ale nevypovídá o tom, zda je přítomná obstruktivní či neobstruktivní ICHS a jestli bude mít pacient větší prospěch z koronární revaskularizace nebo medikamentózní léčby statiny. Proto u pacientů s kalciovým skóre >400 bez dalších symptomů doplňujeme SPECT zobrazení perfuze myokardu (Kamínek s kol., 2012, s. 70-71). Systematický screening pomocí kalciového skóre u všech asymptomatických pacientů se ale nedoporučuje a je třeba najít optimální využití této metody. U diabetiků s pozitivní rodinnou anamnézou při absenci dalších symptomů upřednostníme zátěžový SPECT myokardu. Jestliže prokážeme výraznou perfuzní abnormalitu, pak následuje koronarografie a pokud je výsledek koronarografie pozitivní, pak je dalším postupem revaskularizace. Čerstvé koronární léze nemusí být ještě kalcifikované a kalciové skóre může být nízké nebo nulové. U těchto pacientů používáme kalciové skóre jako doplňující informaci k zátěžovému SPECT myokardu. Pacienti s nemocí více tepen mají kalciové skóre vysoké, ale SPECT nálezy mohou být normální. U těchto pacientů posuzujeme podle Framinghamského skóre individuální 10leté riziko vzniku infarktu myokardu nebo srdeční smrti. Pokud je riziko 10-20%, předpokládáme, že jsme zobrazili preklinickou aterosklerózu a pacient má být léčen statiny. Ale například u diabetika s námahovou dušností, mohou být extenzivní kalcifikace při normálním SPECT nálezu jasným důvodem ke katetrizaci a případné koronární revaskularizaci (Budíková a kol., 2011, s.700-701). Se zvyšující se

dostupností hybridních přístrojů vybavených CT dostatečné kvality, se kalciové skóre začalo požívat jako součást SPECT vyšetření u symptomatických pacientů (Kamínek a kol., 2012, s. 71). V průběhu vyšetření leží pacient na vyšetřovacím stole na zádech, ruce má uložené za hlavou a je připojen na EKG. Topogramem vymezíme oblast zájmu a následně v nádechu nahráváme data. Vyhodnocovací program barevně označí kalcifikace. Podle hodnoty kalciového skóre rozdělujeme pacienty do kategorií s příslušným rizikem kardiovaskulárního onemocnění. Hodnota kalciového skóre pod 10 znamená minimální riziko, 11-100 mírné riziko (úprava životního stylu, snížení cholesterolu a kontrola glykemie), 101-400 (indikace k zátěžovému testu), 400 a více znamená závažnou koronární kalcifikaci a indikaci k dalším vyšetřením (Šochman a kol., 2006, s. 714 - 716).

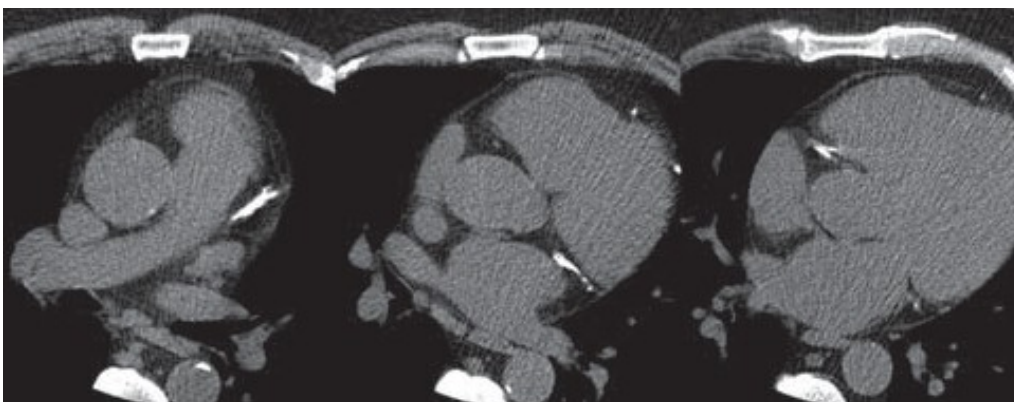


**Obr. 18** Výrazné kalcifikace v povodí všech tří tepen prokázané pomocí CT u 76letého asymptomatického rizikového muže, celkové koronární kalciové skóre 1 451.

In: Budíková, 2012, s. 53

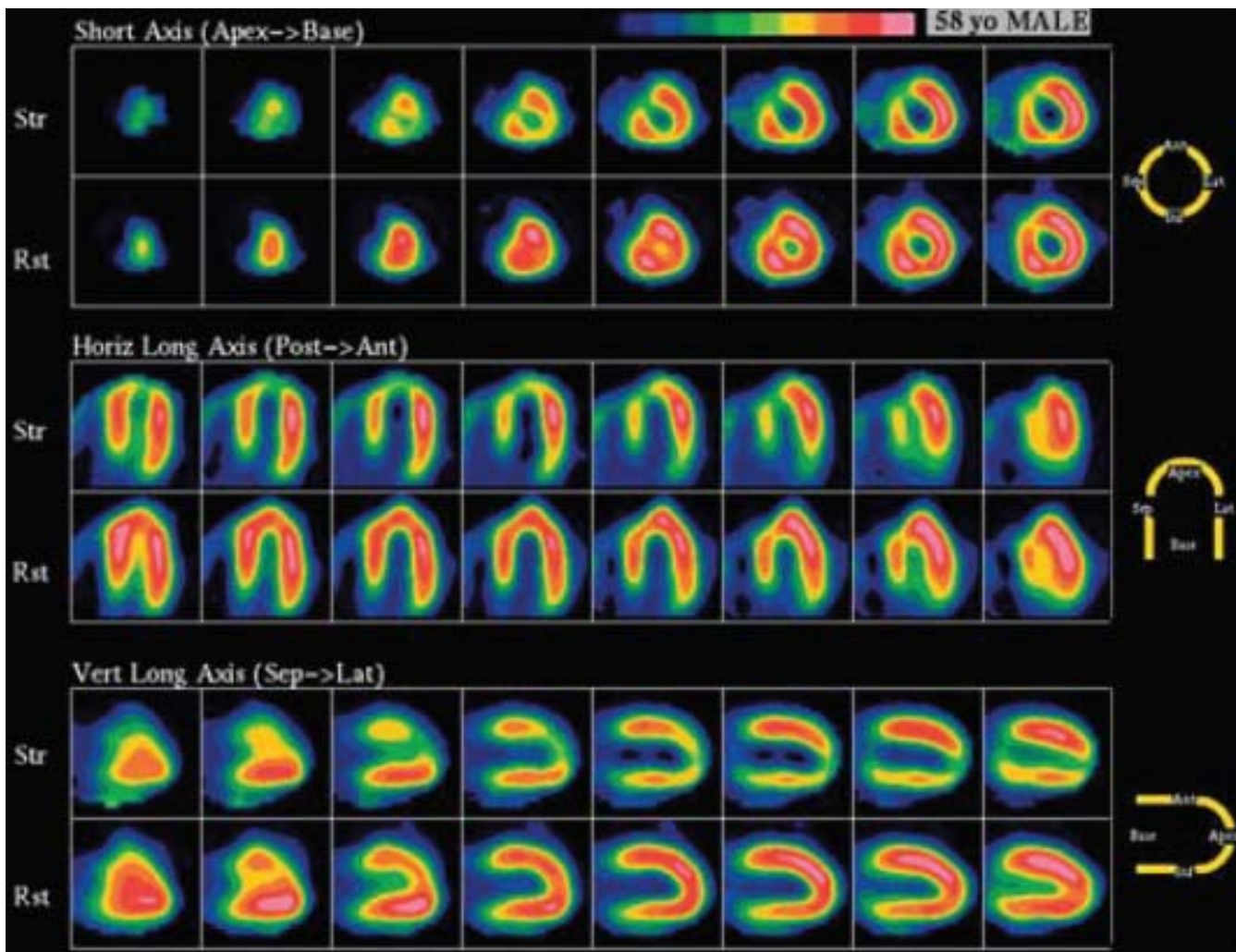


**Obr. 19** Zátěžové perfuzní SPECT vyšetření u téhož pacienta. Na tomografických řezech nebyla prokázána ischemie (sumační zátěžové i rozdílové skóre = 0). Byla doporučena léčba statiny a pacient byl bez kardiální příhody v průběhu dalšího tříletého sledování. In: Budíková, 2012, s. 53.



**Obr. 20** Extenzivní kalcifikace v povodí všech tří tepen prokázané CT u 58letého asymptomatického muže, celkové koronární kalciové skóre 2 474.

In: Budíková, 2012, s. 54.



**Obr. 21** SPECT vyšetření odhalilo výraznou reverzibilní poruchu perfuze anteroseptálně,

apikálně a inferiorně svědčící pro nemoc více koronárních tepen. Koronarograficky byla prokázána kritická kalcifikovaná bifurkační stenóza ramus interventricularis anterior, 75% stenóza v proximálním úseku ramus circumflexus (RC), uzávěr jedné z periferních větví RC, 50–60% stenóza gracilnějšího ramus marginalis sinister a 75% stenóza pravé koronární tepny. Pacient poté podstoupil kardiochirurgické řešení.

In: Budíková, 2012, s. 54.

## 4. POZITRONOVÁ EMISNÍ TOMOGRAFIE (PET)

Vyšetření PET je využíváno v kardiologii již více než 20 let. Využívá se při vyšetřování pacientů s ICHS, k detekci viability a neustále se rozšiřuje využití PET v molekulární biologii a experimentu (Lang, Kamínek, 2010, s. 511). PET má ve srovnání se SPECT při detekci viabilního myokardu vyšší senzitivitu a specifitu (Kamínek a kol., 2012, s. 69). Nevýhodou je nižší dostupnost a mnohonásobně vyšší cena vyšetření (Kuníková, Lang, 2009, s. 12). Největší využití se ukazuje u pacientů se závažnou dysfunkcí levé komory při ejekční frakci menší než 35% (Lang, Kamínek, 2010, s. 511).

### 4. 1. RADIOFARMAKA

Neutrální amoniak  $^{13}\text{N-NH}_3$  se používá k vyšetření perfuze myokardu déle než 20 let. Poločas přeměny je deset minut a takto krátká doba vyžaduje cyklotron na pracovišti, ale tato doba je zase natolik dlouhá, že je nutné udělat přestávku mezi klidovým a zátěžovým vyšetřením, což prodlužuje celkovou dobu vyšetření až na dvě hodiny.

Rubidium-82 nevyžaduje přítomnost cyklotronu na pracovišti, jelikož se vyrábí v generátoru, ve kterém je přítomný mateřský radionuklid 82 stroncium vyplachováno fyziologickým roztokem přímo do žíly pacienta. Jde o metabolický analog K stejně jako  $^{201}\text{Tl}$  využívané pro SPECT. Krátký poločas přeměny 78 sekund umožňuje během 30 minut provést klidové i zátěžové vyšetření. Generátor je použitelný čtyři týdny. Stejně jako u SPECT synchronizujeme data pomocí EKG a hodnotíme perfuzi a funkci levé komory.

Fluorodeoxyglukóza je díky využití v onkologické diagnostice dostupná na všech pracovištích PET a vstupuje do buněk stejně jako glukóza. Poločas přeměny  $^{18}\text{F}$  je 110 minut, což umožňuje její hromadnou výrobu na vzdáleném pracovišti a následný rozvoz na pracoviště PET. Akumulaci zvyšuje inzulinemie a je celkově ovlivněna metabolickým

stavem pacienta. Volné mastné kyseliny naopak akumulaci blokují (Lang, Kamínek, 2010, s. 508).

## **4. 2. PŘÍPRAVA PACIENTA**

Pacient přichází na vyšetření dostatečně hydratován nápoji bez obsahu kofeinu a na rozdíl od PET vyšetření u onkologických diagnóz nemá být pacient při PET myokardu nalačno. Doporučená je večeře a snídaně s omezením tuků. Diabetici si dodrží svůj obvyklý režim. Den před vyšetřením se pacient vyhýbá větší fyzické aktivitě. Důležité pro organizaci dalších vyšetření je příchod pacienta minimálně hodinu před plánovanou aplikací radiofarmaka. Za normálních okolností využívá myokard k získání energie volné mastné kyseliny a proto je našim cílem zajistit akumulaci <sup>18</sup>F-FDG v myokardu nastolením „ hyperinzulinemického euglykemického klampu“. Pacientovi podáme per os roztok obsahující 25-50g glukózy, nebo sacharózy. Za 45-60 minut po podání roztoku stanovíme odběrem kapilární krve hladinu glykémie a podle naměřených hodnot aplikujeme subkutánně 1-4 jednotky krátkodobě působícího inzulínu. U diabetiků aplikujeme inzulín podle aktuální hladiny glykémie bez podání glukózy, nebo dávku glukózy redukuje. Po podání inzulínu ihned aplikujeme fluorodeoxyglukózu (radiologické standardy FN Olomouc, 2015)

## **4. 3. PRŮBĚH VYŠETŘENÍ A HODNOCENÍ VIABILITY**

Za 45-90 minut po aplikaci radiofarmaka přistoupíme k akvizici PET skenů. Zhotovíme topogram k vymezení vyšetřované oblasti a CT ke korekci na zeslabení. Každá vyšetřovací pozice trvá 10 minut (radiologické standardy FN Olomouc, 2015)

<sup>18</sup>F-FDG PET nelze hodnotit bez předchozí znalosti perfúze a funkce levé komory, proto navazuje na perfuzní gated SPECT vyšetření myokardu, kdy byly na klidovém vyšetření SPECT myokardiální perfuze zjištěny perfuzní defekty s kumulací radiofarmaka pod úrovní 50% maxima. Vyšetřením PET je možné posoudit viabilitu myokardu po podání FDG u pacientů se závažnou dysfunkcí levé komory a nízkou EF.

Rozeznáváme čtyři typy nálezů v dysfunkčních segmentech: 1) normální perfuze a metabolismus (omráčení), 2) perfuzně-metabolický mismatch (hibernující myokard-pacient bude mít prospěch z revaskularizace), 3) perfuzně-metabolický match (nízká akumulace radiofarmaka při obou vyšetřeních-neviabilní myokard-jizva po infarktu myokardu), 4) reverzní mismatch (normální nebo lehká porucha perfuze a výrazná alterace metabolismu-považováno za známku omráčení) (Lang, Kamínek, Trojanová, 2008, s. 65)

Chronická ICHS je hlavní příčinou chronického srdečního selhání. Prognóza těchto pacientů je velmi špatná a mortalita u mužů je 59% a u žen 45%. Dysfunkce levé komory ale nemusí být důsledkem nevratného poškození myokardu. Pacienti s prokázaným viabilním myokardem mají prospěch z revaskularizace, ale pacienti bez viabilního myokardu nikoli. Jestliže je zachován metabolismus glukózy i když je prokázána porucha perfuze s dysfunkcí, jedná se o hibernující myokard a včasná revaskularizace zvyšuje šanci na zlepšení funkce myokardu (Lang, Kamínek, 2010, s. 510-511)

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo shrnout dostupné publikované poznatky v nukleární kardiologii, předložit přehled zátěžových testů a PET vyšetření myokardu a uvést výhody včasné diagnostiky viability myokardu.

Perfuzní scintigrafie myokardu je diagnosticky významné vyšetření u pacientů se susp. ICHS i u pacientů s prokázanou ICHS, kdy je možné detekovat restenozu u pacientů po revaskularizaci. Během jednoho vyšetření je možné díky EKG synchronizovanému nahrávání dat posoudit perfuzní i funkční parametry levé komory. Rovněž má toto vyšetření význam k posouzení viability myokardu. Nejčastěji používanou technikou zátěže je fyzická zátěž na bicyklovém ergometru, ale u pacientů neschopných fyzické zátěže z různých důvodů máme několik možností farmakologických zátěží. Vyšetření PET má při vyšetření viability myokardu o něco vyšší senzitivitu a specifitu než SPECT ale jeho cena je mnohonásobně vyšší a proto zatím

není možné, aby v běžném provozu nahradil SPECT. Koronární kalciové skóre jako doplňující vyšetření SPECT myokardu dokáže poskytnout informaci o postižení koronárních tepen kalcifikacemi. S rozvojem hybridních kamer je koronární kalciové skóre častěji indikováno a využíváno k přesnější diagnostice stenóz koronárních tepen.

Různou kombinací vyšetření upřesníme a urychlíme diagnostiku ICHS a ovlivníme další postup léčby pacienta. Tím snižujeme riziko komplikací při pozdní diagnóze a možných kardiálních příhod. Při včasné diagnóze a správné léčbě se zkracuje doba pobytu pacienta ve zdravotnickém zařízení a finanční náklady na jeho léčbu.

S vývojem nových radiofarmak a nových typů kamer spolu s novými rekonstrukčními algoritmy neustále snižujeme aplikovanou aktivitu radiofarmaka a tím snižujeme i radiační zátěž pacienta a personálu. Zkracuje se i akviziční doba a tím délka trvání celého vyšetření. Získaný obraz má stejnou nebo i lepší kvalitu. Nejnovější kadmium-zinek-telluridové SPECT kamery přinášejí nové možnosti v nukleární kardiologii ale jejich pořizovací cena je vysoká a nevýhodou je také menší vyšetřovací pole.



## BIBLIOGRAFICKÉ A ELEKTRONICKÉ ZDROJE

1. BRANNY, M. Kalciové skóre [online]. Copyright 200, Solen s.r.o. Intervenční a akutní kardiologie: open access journal, 2012, roč. 11, č. 3-4[cit. 23.3.2013]. Obrázek ve formátu PDF. Dostupné z:<http://www.iakardiologie.cz/pdfs/kar/2012/03/04.pdf>.
2. BUDÍKOVÁ, M., M. KAMÍNEK, E. SOVOVÁ, M. KALETOVÁ, I. METELKOVÁ, L. HENZLOVÁ, E. BURIÁNKOVÁ a R. FORMÁNEK, 2011. Prognostický význam koronárního kalciového skóre a zátěžového zobrazení myokardu pomocí jednofotonové emisní tomografie u asymptomatických rizikových pacientů. *Cor et vasa*. Roč. 53, č. 12, s. 698-702. ISSN 0010-8650.
3. FIALA, P., J. PTÁČEK, P. KORANDA a I. PŘIDAL, 2008. Kontrola kvality scintilační kamery SPECT zkušenosti na NM ve FN Olomouc. *Praktická radiologie*. Roč. 13, č. 1, s. 11-17. ISSN 1211-5053.
4. HUTYRA, M., T. SKÁLA, M. KAMÍNEK, D. HORÁK a J. LUKL, 2008. Význam stanovení viability myokardu před revaskularizací u pacientů s ischemickou kardiomyopatií a systolickou dysfunkcí levé komory srdeční. *Vnitřní lékařství*. Roč. 54, č. 4, s. 395-401. ISSN 0042-773X.
5. HYNKOVÁ, Š., I. KUNÍKOVÁ, 2014. Ošetrovatelské problémy u pacientů při zátěžových testech v rámci perfuzní scintigrafie myokardu. *Nukleární medicína*. Roč. 3, č. 1, s. 8-13. ISSN 1805-1146
6. KAMÍNEK, M., 2007. Srovnání zátěžové echokardiografie a SPECT myokardiální perfuze - editorial. *Vnitřní lékařství*. Roč. 53, č. 12, s. 1245-1247. ISSN 0042-773X.
7. KAMÍNEK, M. a A. FIKRLE, 2008. Vyšetření perfuze a funkce levé komory srdeční jednofotonovou emisní tomografií. *Kardioforum*. Roč. 6, č. 3, s. 5-14. ISSN 1214-2255.
8. KAMÍNEK, M., I. METELKOVÁ, M. BUDÍKOVÁ, L. HENZLOVÁ, E. BURIÁNKOVÁ a R. FORMÁNEK, 2012. Zobrazování myokardu pomocí SPECT a hybridního

- SPECT/CT a PET/CT vyšetření. *Intervenční a akutní kardiologie*. Roč. 11, č. 2, s. 68-74. ISSN 1213-807X.
9. KAMÍNEK, M., I. METELKOVÁ, M. BUDÍKOVÁ a O. LANG, 2010. Pokroky v zobrazování perfuze a funkce levé srdeční komory jednofotonovou emisní tomografií. *Cor et vasa*. Roč. 52, č. 9, s. 513-522. ISSN 0010-8650.
  10. KAMÍNEK, M., M. MYSLIVEČEK, J. KUBINYI, O. LANG, J. ZÁHLAVA a V. HUŠÁK, 2000. Metody zátěže používané v nukleární
  11. KAMÍNEK, M., M. MYSLIVEČEK a V. HUŠÁK, 2003. Kvantitativní hodnocení myokardiální perfuze, funkce a viability pomocí jednofotonové emisní výpočetní tomografie. *Intervenční a akutní kardiologie*. Roč. 2, č. 4, s. 190-197. ISSN 1213-807X.
  12. KASALICKÝ, J., 1999. Nukleární kardiologie. *Forum medicinae kardiologii. Cor et vasa*. Roč. 42, č. 1, s. 40-46. ISSN 0010-8650.. Roč. 1, 5/6, s. 56-67. ISSN 1212-4230.
  13. KOČOVÁ, R., 2014. Novinky v zobrazovacích metodách u srdečního selhání. *Postgraduální medicína*. Roč. 16, příloha č. 1, s. 13-21. ISSN: 1212-4184.
  14. KUNÍKOVÁ, I. a O. LANG, 2007. Záznam a následné počítačové zpracování obrazů SPECT myokardu - jak se vyhnout riziku artefaktů. *Praktická radiologie*. Roč. 12, č. 1, s. 28-30. ISSN 1211-5053.
  15. KUNÍKOVÁ, I. a O. LANG, 2009. Nejčastěji používané metody nukleární kardiologie. *Praktická radiologie*. Roč. 14, č. 4, s. 8-15. ISSN 1211-5053.
  16. KUNÍKOVÁ, I., O. LANG a H. SYSLOVÁ, 2012. Kvalita prováděných zátěžových testů u perfuzní scintigrafie myokardu. *Nukleární medicína*. Roč. 1, č. 1, s. 13-16. ISSN 1805-1146.
  17. LANG, O., M. KAMÍNEK, 2010. PET/CT v kardiologii. *Cor et vasa*. Roč. 52, č. 9, s. 506-512. ISSN: 0010-8650; 1803-7712.
  18. METELKOVÁ, I., M. KAMÍNEK, E. SOVOVÁ, M. HUTYRA, M. BUDÍKOVÁ, E. BURIÁNKOVÁ, R. FORMÁNEK, L. HENZLOVÁ a R. METELKA, 2010. Stratifikace rizika pomocí zátěžového SPECT zobrazení myokardu v kombinaci se stanovením koronárního kalciového skóre u rizikových pacientů s diabetem

a nebo ledvinným selháním. *Vnitřní lékařství*. Roč. 56, č. 11, s. 1122-1129.  
ISSN 0042-773X.

19. Radiologické standardy pro planární, SPECT a SPECT/CT vyšetření  
(Pracovní postup č. PP-MP-L019-01-01, vydání ze dne 5. 5. 2015)
20. Radionuklidová vyšetření a terapeutické aplikace  
prováděné na KNM FN Olomouc, [www.fnol.cz/pdf/rn-vyšetření-a-terapie.doc](http://www.fnol.cz/pdf/rn-vysetreni-a-terapie.doc)

## SEZNAM ZKRATEK

- A1 – adenosinový receptor pro atrioventrikulární uzel  
A2A – adenosinový receptor v koronárních arteriích  
A2B - adenosinový receptor v periferních cévách  
A3 – adenosinový receptor v plicích  
Ca- kalcium  
CT – počítačová tomografie (z angl. computed tomography)  
CZT – kadmium zinek telurid (z anl. Cadmium Zink Telurid)  
DM – diabetes mellitus  
EDV – end-diastolický objem (z angl. end-diastolic volum)  
EF – ejekční frakce (z angl. ejection fraction)  
EKG – elektrokardiogram  
ESV – end-systolický objem (z angl. end-systolic volum)  
18F-FDG – fluorodeoxyglukoza  
HLA - horizontální dlouhá osa  
HSA - horizontální krátká osa  
CHOPN - chronická obstrukční plicní nemoc  
CHSL – chronické selhávání ledvin  
ICHS – ischemická choroba srdeční  
IM – infarkt myokardu  
keV - kilo-elektronvolt  
KN – koronární nemoc  
KV – kardiovaskulární  
LBBB – blok levého Tawarova raménka (z angl. left bundle branch block)  
LEHR (kolimátor) – s vysokým rozlišením pro nízké energie (z angl. low energy high resolution)  
LPO 45° - levá zadní šikmá projekce v úhlu 45°  
LK – levá komora  
MBq – megabecquerel (jednotka aktivity radioaktivních látek)

MDCD - multidetektorové CT  
MIBI - metoxy-isobutyl-isonitril  
MR – magnetická rezonance  
13N-NH3 – amoniak značený dusíkem  
15O-H2O – kyslíkem značená voda  
PET – pozitronová emisní tomografie (z angl. positron emission tomography)  
PET/CT – pozitronová emisní tomografie – počítačová tomografie  
RAO 45° - pravá přední šikmá projekce v úhlu 45°  
82Rb – rubidium  
RC – ramus circumflexus  
SPECT – jednofotonová emisní výpočetní tomografie (z angl. single photon emission tomography)  
SPECT/CT – jednofotonová emisní výpočetní tomografie – počítačová tomografie  
SD – směrodatná odchylka (z angl. standard deviation)  
SDS – sumační rozdílové skóre (z angl. summed different score)  
SRS – sumační klidové skóre (z angl. summed rest score)  
SSS – sumační zátěžové skóre (z angl. summed stress score)  
99mTc-MIBI – techneciem značený methoxyisobutylisonitril  
TF – tepová frekvence  
TK – tlak krevní  
201Tl – thalium  
VLA - vertikální dlouhá osa

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Princip zátěžového vyšetření myokardiální perfuze

In: Lang, Kamínek, Trojanová, 2008, s. 54

Obr. 2: Schéma účinku adenosinu a dipyridamolu.

In: Budíková, 2012, s. 12

Obr. 3: Snímání dat při SPECT myokardu probíhá z pravé přední šikmé projekce (RAO 45°) do zadní šikmé projekce (LPO 45°). Dvoudetektorové variabilní kamery je možné pro kardiologická vyšetření upravit sklonem detektorů v úhlu 90° (L mode). Lze tak získat dvojnásobnou naměřenou hustotu impulzů nebo zkrátit dobu akvizice.

In: Kamínek a kol., 2010, s. 514

Obr. 4: Schéma akvizice gated SPECT myokardu: detektor kamery se postupně otáčí kolem pacienta, obrazy získané v jednotlivých projekcích jsou díky EKG synchronizaci rozděleny na dalších 8-16-podobrazů.

In: Kamínek, Fikrle, 2008, s. 7

Obr. 5: Standardní orientace pro SPECT zobrazování myokardu.

In: Kamínek a kol., 2010, s. 514

Obr. 6: Konstrukčně nové typy kamer (vlevo standardní kolimátor s paralelními otvory, vpravo konvergentní kolimátor) a nové rekonstrukční algoritmy umožňují podstatné zkrácení akviziční doby, resp. aplikované aktivity radiofarmaka.

In: Budíková, 2012, s. 18

Obr. 7: Postup při stanovení výpočtu homogenity při měsíční kontrole. Vlevo bodový zdroj před geometrickou korekcí, uprostřed po provedení korekce.

In: Fiala a kol., 2008, s. 12

Obr. 8: Stanovení homogenity při týdenní kontrole. Vlevo obraz bodového zdroje před geometrickou korekcí, uprostřed po korekci a vpravo korigovaný mapou citlivosti

In: Fiala a kol., 2008, s. 12

- Obr. 9: Typy kolimátorů podle prostorové rozlišovací schopnosti-nahoře, podle energie-dole.  
In: Fiala a kol., 2008, s. 14
- Obr. 10: Kontrola kvality – ideální průběh akvizice. Sinogram a linogram mají normální tvar (nedošlo k pohybu pacienta) a histogram tepové frekvence má jeden vrchol.  
In: Budíková, 2012, s. 20
- Obr. 11: Kontrola kvality – arteficiální gating u pacienta s významnou arytmií. Histogram má dva vrcholy.  
In: Budíková, 2012, s. 20
- Obr. 12: Standartní orientace pro SPECT zobrazování myokardu.  
In: Kamínek, Fikrle, 2008, s. 7
- Obr. 13: Zátěží navozený reverzibilní defekt  
In: Budíková, 2012, s. 23
- Obr. 14: Fixní defekt odpovídající jizvě po infarktu  
In: Budíková, 2012, s. 23
- Obr. 15: Schéma konstrukce polárních map  
In: Kamínek, Fikrle, 2008, s. 8
- Obr. 16: 17 segmentový model levé komory  
In: Kamínek, Fikrle, 2008, s. 8
- Obr. 17: Využití perfuzních a funkčních dat zjištěných pomocí gated SPECT v managementu pacientů s ICHS  
In: Kamínek, Fikrle, 2008, s. 8
- Obr. 18: Výrazné kalcifikace v povodí všech tří tepen prokázané pomocí CT u 76letého asymptomatického rizikového muže, celkové koronární kalciové skóre 1 451.  
In: Budíková, 2012, s. 53
- Obr. 19: Zátěžové perfuzní SPECT vyšetření u téhož pacienta. Na tomografických řezech nebyla prokázána ischemie (sumační zátěžové i rozdílové skóre = 0). Byla doporučena léčba statiny a pacient byl bez kardiální příhody v průběhu dalšího tříletého sledování.  
In: Budíková, 2012, s. 53

Obr. 20: Extenzivní kalcifikace v povodí všech tří tepen prokázané CT u 58letého asymptomatického muže, celkové koronární kalciové skóre 2 474.

In: Budíková, 2012, s. 54.

Obr.21: SPECT vyšetření odhalilo výraznou reverzibilní poruchu perfuze anteroseptálně, apikálně a inferiorně svědčící pro nemoc více koronárních tepen. Koronarograficky byla prokázána kritická kalcifikovaná bifurkační stenóza ramus interventricularis anterior, 75% stenóza v proximálním úseku ramus circumflexus (RC), uzávěr jedné z periferních větví RC, 50–60% stenóza gracilnějšího ramus marginalis sinister a 75% stenóza pravé koronární tepny. Pacient poté podstoupil kardiochirurgické řešení.

In: Budíková, 2012, s. 54.



## SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Pořadí volby druhu zátěže při vyšetření myokardiální perfuze.

In: Lang, Kamínek, Trojanová, 2008, s. 57

Tab. 2: Aplikované aktivity

In: radiologické standardy FN Olomouc, 2015

Tab. 3: Výskyt ošetrovatelských problémů v průběhu zátěžového testu v jednotlivých oblastech-jejich absolutní a relativní četnost.

In: Hynková, Kuníková, 2014, s. 1

Tab. 4: Výskyt nejzávažnějších ošetrovatelských problémů v průběhu zátěžového testu v jednotlivých oblastech-jejich absolutní četnost.

In: Hynková, Kuníková, 2014, s. 11

Tab. 5: Celkový dojem pacientů z průběhu zátěžového testu-absolutní a relativní četnost (stupeň jedna=nejlepší, stupeň pět=nejhorší)

In: Hynková, Kuníková, 2014, s. 12