

Univerzita Karlova v Praze
2. lékařská fakulta

Studijní obor: Radiologický asistent



**Úloha radiologického asistenta při perfuzní scintigrafii
myokardu u dětí**

Bakalářská práce

Autor práce: Josef Kryštůfek
Vedoucí práce: MUDr. Kateřina Michalová

2009

Anotace

Tato práce je zaměřena hlavně na úlohu radiologického asistenta při SPECT vyšetření myokardu, kdy se zde uplatňuje v celém rozsahu od přípravy pacienta, nahrávání dat, kontroly kvality a zpracování studie.

Cílem vlastní práce bylo vyhodnocení vyšetření perfuzního SPECT-zobrazení myokardu u dětí vyšetřených na Klinice nukleární medicíny a endokrinologie ve Fakultní nemocnici v Motole v letech 2002-2008 – jejich počtu, indikací a výsledků, co se týče poruch perfuze a funkce myokardu levé komory srdeční. Bylo provedeno srovnání normálních hodnot ejekční frakce (EF) metodou gated SPECT (za použití softwaru 4D - MSPECT) s fyziologickými hodnotami echokardiografickými.

Byl analyzován soubor 37 dětí ve věku od 7 do 18 let vyšetřených v letech 2002 – 2008 metodou perfuzního SPECTu myokardu. Nejčastějšími indikacemi k vyšetření byly: anomální odstup levé koronární artérie z plicní tepny, transpozice velkých tepen po anatomické korekci, Kawasakiho nemoc, EKG zátěžové změny a bolesti na hrudi. Z třiceti sedmi pacientů mělo normální nález 19 pacientů, abnormální nález mělo 18 pacientů. Počet vyšetření SPECT - zobrazení myokardu je 68 (někteří pacienti měli klidové i zátěžové vyšetření). Z toho bylo 53 hradlovaných (gated) studií - 35 zátěžových, 18 klidových. Non gated studií bylo 15.

Srovnání normálních hodnot EF metodou gated SPECT s fyziologickými hodnotami 3D echokardiografickými provedeno u 15 pacientů vyšetřených v posledních 2,5 letech za použití vyhodnocovacího programu 4D - MSPECT. Normální hodnoty ejekčních frakcí levé komory srdeční stanovené metodou gated SPECT jsou vyšší než 70%. U 3D echokardiografie je normální hodnota průměrně 60%. Vyšší hodnoty EF při použití metody gated SPECT jsou dány malou levou komorou, kdy v důsledku rozptýleného záření dochází k podhodnocení objemu levé komory a abnormálně vysoké hodnotě ejekční frakce.

Annotation

This thesis is focused mainly on the role of radiology assistant in myocardial SPECT examinations, which are here applied in its entirety, from preparing the patient, recording of data, quality control and processing studies.

The aim of this study was to analyse cardiac gated SPECT imaging at children examined in the Clinic of Nuclear Medicine and Endocrinology in the University Hospital Motol in years 2002-2008 – their numbers, indications and results concerning of impairment of perfusion and function of myocardium of the left ventricle. There were compared normal values of ejection fractions (EF) of gated SPECT (evaluated by software 4D-MSPECT) with normal values of 3D echocardiography.

37 children aged 7 to 18 years underwent cardiac gated SPECT imaging in the Clinic of Nuclear Medicine and Endocrinology in the University Hospital Motol in years 2002-2008. The main indications for examinations were: anomalous origin of the left coronary artery, transposition of the great arteries after arterial switch operation, Kawasaki disease, stress related ST depression on ECG and chest pain. From 37 patients had normal result 19 children, abnormal result 18. The total count of cardiac SPECT studies are 68 (some patients had stress and rest examination). 53 studies are gated (35 after stress, 18 in the rest). 15 patients underwent non gated SPECT study. At 15 children who underwent gated SPECT study in the last 2,5 years evaluated by use of 4D-MSPECT software we compare normal values of ejection fraction calculated by gated SPECT to normal values of EF of echocardiography. The normal values of EF LV of gated SPECT are higher than 70%. The normal values of 3D echocardiography are approximately 60%. This difference is explained on the basis of smaller hearts, with high rate of scatter which causes underestimation of volume of the left ventricle and abnormal high values of ejection fraction.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci zpracoval/a samostatně a použil jen uvedené prameny a literaturu. Současně dávám svolení k tomu, aby tato diplomová práce byla umístěna v Ústřední knihovně UK a používána ke studijním účelům.

V Praze dne 29.3.2009

Josef Kryštůfek

Poděkování

Děkuji vedoucí práce MUDr. Kateřině Michalové, hlavně za její trpělivost, cenné rady, připomínky a čas, který mi věnovala při zpracování této bakalářské práce.

Dále bych také chtěl poděkovat panu Ing. Jaroslavu Zimákovi Csc. a všem radiologickým asistentům a sestřičkám na oddělení NME FN Motol, kteří byli vždy ochotni odpovídat na mé otázky a pomohli mi tím dokončit bakalářskou práci.

Obsah

1. Úvod	8
2. Anatomie – Srdce	10
3. Perfuzní scintigrafie myokardu	17
4. Radiofarmaka užívaná k vyšetření myokardu	
4.1 Látky značené ^{99m} Tc	17
4.2 ²⁰¹ Tl – Thálium	17
4.3 Vyšetřovací protokoly	18
5. Způsob provedení zátěže	20
5.1 Fyzická zátěž	20
5.2 Farmakologická zátěž	20
5.3 Kombinovaná zátěž	21
5.4 Kontraindikace provedení zátěžových testů	22
6. Příprava nemocného k vyšetření	23
7. Scintigrafický záznam	
7.1 Příprava	24
7.2 Synchronizovaný SPECT – Gated SPECT	24
7.3 Rekonstrukce obrazu	25
7.4 Interpretace scintigrafického nálezu	26
7.5 Zdroje chyb při SPECT myokardu	28
8. Perfuzní scintigrafie myokardu	
8.1 Perfuzní SPECT myokardu v klidu	30
8.2 Perfuzní SPECT myokardu po ergometrické zátěži	32
8.3 Perfuzní SPECT myokardu po farmakologické zátěži dobutaminem ...	36
8.4 Perfuzní SPECT myokardu po farmakologické zátěži dipyridamolem .	39
9. Zvláštnosti při vyšetření dítěte	43
10. Úloha radiologického asistenta při SPECT myokardu	44
11. Vlastní práce	46
12. Závěr	52

Přílohy

1. Úvod

Nukleární kardiologie používá principy nukleární medicíny tzn. použití otevřených zářičů uvnitř těla, které jsou snímány scintilační kamerou (gamakamerou). Scintilační kamerou jsou snímány mapy prostorového rozložení aplikovaného radiofarmaka ve vyšetřované anatomické části těla pacienta.

Metody nukleární medicíny (tedy i nukleární kardiologie) jsou založeny na takzvaném indikátorovém nebo stopovacím principu, který objevil maďarský chemik György Hevesy v roce 1913. Jeho podstatou je shodné chemické chování izotopů. Radioaktivní izotopy reagují chemicky stejně jako stabilní izotopy téhož prvku. Na rozdíl od stabilních prvků jsou ale radionuklidy viditelné prostřednictvím jejich záření, které vzniká při radioaktivní přeměně jejich atomových jader a je vyzařováno do okolí. Sloučeniny označené radioaktivním prvkem lze proto sledovat a jejich množství měřit detektory gama záření. Za objev indikátorového principu a jeho využití dostal roku 1943 G. Hevesy Nobelovu cenu za chemii.

Perfuzní scintigrafie myokardu je dnes nejpoužívanější metodou nukleární kardiologie. Slouží k zobrazení regionální distribuce myokardiální perfuze po intravenózním podání radiofarmaka, které je pak snímáno za pomoci jednofotonové emisní tomografie (SPECT), při níž se scintilační detektor kamery otáčí v postupných krocích kolem pacienta. Technikou ekg-gated SPECT lze po aplikaci perfuzního radiofarmaka posoudit nejen perfuzi, ale i funkci levé komory během jednoho vyšetření.

Největší měrou se používá při vyšetřování pacientů s ischemickou chorobou srdeční. Zde má význam především v diagnostice a rizikové stratifikaci, a tím umožňuje zpřesnit způsob terapie. Současně s bouřlivým rozvojem kardiologie v posledních letech dochází i k významnému pokroku v radionuklidovém zobrazování myokardu, zejména u zátěžové jednofotonové emisní výpočetní tomografie (SPECT). Tento vývoj se dotýká nejen samotné techniky zobrazování myokardiální perfúze a funkce (metoda gated SPECT) a nových programů pro kvantitativní hodnocení, ale i klinického využívání a počtu provedených vyšetření.

SPECT myokardu při vyšetření dětí je celkem vzácný, má odlišné indikace a je vázán na pracoviště pečující o nemoci srdce u dětí. Vyšetření slouží k ověření regionálního prokrvení myokardu u některých onemocnění kardiovaskulárního systému: Kawasakiho nemoc, transpozice velkých tepen po anatomické korekci, transplantace srdce, kardiomyopatie, bolesti na hrudi, srdeční traumata, anomální odstup levé koronární artérie z plicní tepny.

2. Anatomie

SRDCE

Makroskopický popis

Srdce je dutý svalově vazivový orgán kuželovitého tvaru, uložené ve střední části hrudníku ve vazivovém vaku osrdečníku - perikardu. Na boční plochy osrdečníku naléhá pravá a levá plíce, které od osrdečníku jsou odděleny poplicnicí - pleurou. V předu srdce s perikardem dosahuje až ke sternu. Na srdci rozeznáváme dorzokraniálně basic cordis, což je místo, kde vstupují a vystupují velké cévy do a ze srdce. Tato část je tvořena převážně pravou a levou srdeční předsíní. Kaudálně je srdce tvořeno pravou a levou srdeční komorou, které přecházejí v srdeční hrot – apex cordis. Hrot sahá vlevo do 5. mezižebří. Pravá a levá boční plocha srdce, je konfigurována hlavně plochou pravé a levé komory srdeční. Přední plocha pravé komory přechází ostře do zadní plochy komory – margo acutus. Na rozdíl od toho přední a zadní plocha levé komory v sebe přecházejí po vlně – margo obtusus.

Na povrchu srdce jsou patrné dva příčné žláby. Jsou to sulcu atrioventricularis (coronarius) dexter a sinister, které procházejí napříč srdcem. Pravý odděluje pravou předsíň od pravé komory a levý odděluje levou předsíň od komory levé. Dalšími žláby jsou sulcu interventricularis anterior a posterior. Probíhají podélně na přední a zadní ploše srdce. Žláby rozdělují srdce na pravou a levou předsíň a pravou levou komoru. Ve žlábcích probíhají hlavní kmeny koronárních tepen, žil a lymfatických cév.

Plochy srdce jsou následující: přední, vypouklá, obrácená ke sternu a k žebřím, spodní ležící na bránici – diafragmatická, zadní – vertebrální, obrácená k hrudním obratlům a boční obrácené k pravé a levé plíci, které jsou kryty poplicnicí. Levá plocha srdce se otiskuje do levé plíce – impressi cardiaca.

Hmotnost srdce závisí na množství srdeční svaloviny a subepikardiálního tuku a na tělesné konstituci. Pohybuje se mezi 250 – 390 g, v průměru dosahuje 300 gramů. Hmotnost srdce stoupá věkem, ve stáří se lehce snižuje. ⁽¹⁾

Srdeční dutiny a průtok krve srdcem

Lidské srdce má čtyři dutiny: dvě síně (atria) a dvě komory (ventriculi). Pravá síň a pravá komora tvoří tzv. pravé srdce, oddělené síňovou a komorovou přepážkou (septem) od levé síně a komory, které vytvářejí tzv. levé srdce.

Mezi pravou síní a pravou komorou je trojcípá chlopeň, mezi levou síní a komorou je dvojcípá chlopeň – mitrální. Cípy chlopní jsou nálevkovitě vpáčené do komor. Proti vyvrácení chlopní do síní při zpětném nárazu krve jdou od okraje chlopní tenká vazivová vlákna – šlašinky, které se upínají ke svalovým výrůstkům uvnitř komorových dutin.

Do pravé srdeční síně přitéká horní a dolní dutou žilou odkysličená krev z orgánů a tkání těla. Smrštěním pravé síně je krev vypuzena do pravé komory a po jejím smrštění plicnicovým kmenem a plicními tepnami do plic.

Na začátku plicního kmene je kapsovitá poloměsíčitá chlopeň zabraňující zpětnému toku krve z kmene do pravé komory.

Z plic se vrací okysličená krev čtyřmi plicními žilami do levé srdeční síně. Při kontrakci levé síně je krev přečerpávána do levé komory. Z levé komory začíná aorta, kterou je krev rozváděna do celého těla. Také na začátku aorty je kapsovitá poloměsíčitá chlopeň obdobné funkce jako chlopeň v plicnicovém kmenu.

Obě srdeční síně mají poměrně slabou stěnu, především svalovinu. V síních se krev hromadí a při stahu stěny síně přetéká do komor. Síně vybíhají v malé výdutě, kterým říkáme srdeční ouška. Pro funkci síní nemají ouška žádný mimořádný význam, ale jsou místy operačního přístupu do srdečních dutin.

Svalovina komor je několika násobně silnější než svalovina síní. Nejsilnější svalovinu má levá komora (3 – 4 cm), která vypuzuje krev do aortálního oběhu. Pravá komora zabezpečuje cirkulaci krve v malém plicním oběhu. Obě komory svými stahy nasávají a vypuzují krev do velkého i malého oběhu. Vzhledem k obrovské práci, kterou vykonávají, je i látková výměna srdeční svaloviny značná. Myokard je proto velmi dobře zásoben tepennou krví přiváděnou věnčitými – koronárními tepnami.

Srdeční sval má dvě základní vlastnosti: dráždivost a stažlivost. Dráždivostí rozumíme schopnost srdečního svalu se na vhodný podnět zkrátit, smrstit se. Za nor-

málních okolností je podnětem ke smrštění – kontrakci elektrický impuls vycházející ze zvláštních oblastí myokardu. Elektrické impulzy se vytvářejí ve tkáni malého uzlíku, který je uložen při ústí horní duté žíly ve stěně pravé síně. Tento sinoatriální uzlík je prvním úsekem specializované srdeční svaloviny, schopné tvořit elektrické vzruchy. Této svalovině říkáme převodní srdeční systém. ⁽²⁾

Převodní srdeční systém

Převodní srdeční systém se skládá ze sinoatriálního a atrioventrikulárního uzlu a ze síňového svazku s jeho raménky a vlákny. Sinoatriální uzel leží ve stěně pravé předsíně při ústí horní duté žíly do pravé komory. Atrioventrikulární uzel leží na rozhraní pravé síně a komory, v zadním úseku srdeční přepážky. Z atrioventrikulárního uzlu začíná Hisův svazek, který se v septu dělí na pravé a levé raménko. Vlákna obou ramének jdou ke svalovině komor a pokračují rozvětvením do sítě Turkyňových vláken. Pravé i levé raménko probíhá pod endokardem komor. Purkyňovými vlákny se vedou elektrické impulsy do svaloviny komor, kde tato vlákna končí.

Mikroskopickou stavbou se tkáň převodního systému podobá některými znaky svalové tkáni, ze které vznikla, jinými funkčními znaky nervové tkáni, jejíž funkci převzala. Převodní systém je tkání, která svým metabolismem dokáže rytmicky navozovat tvorbu elektrických vzruchů, které vedou ke smrštění srdečního svalu. Látková výměna, na jejímž základě vznikají v sinoatriálním uzlu vzruchy, je rozhodující pro klidový rytmus srdečních stahů. Uzel vysílá asi 70 elektrických impulsů za minutu, které vyvolávají stejný počet systol. Protože sinusový uzel určuje základní rytmus srdeční činnosti, nazýváme jej „časovačem rytmu“ nebo uzlem primární srdeční automacie. Atrioventrikulární uzel vysílá do myokardu komor pouze asi 40 až 50 impulsů. Tento impulsový rytmus se za normálních podmínek neprojevuje je překrytý impulsy z primárního sinusového uzlu. ⁽²⁾

Srdeční tepny (arteriae coronariae cordis)

Srdeční stěna je vyživována dvěma věnčitými tepnami – artérie coronaria dextra a artérie coronaria sinistra. Kmeny koronárních tepen probíhají v subepikardiálním tuku, jehož množství věkem přibývá.

Arteria coronaria dextra

Tepna odstupuje ze sinus aortae dexter. Ve svém začátku má průměr kolem 4 mm. Prochází do pravého sulcus coronarius, kde probíhá pravé ouško. Pokračuje pak přes margo acutus na spodní, to je diaphragmatickou plochu srdce. Zde vstupuje do sulcu interventricularis posterior a variabilně končí v dolní třetině žlábků, nad apex cordis. Konečný úsek arteria coronaria dextra se za průběhu v sulcu interventricularis posterior nazývá arteria (ramus) interventricularis posterior.

Za svého průběhu tepna vydává větvičky pro pravé atrium. První a nejsilnější z předšňových tepének zásobuje v 60% případů sinoatriální uzel. Za předozadního průběhu z kmene tepny vystupují větve zásobující přední stěnu pravé komory, margo acutus a zadní stěnu pravé komory. Z konečného úseku tepny v interventrikulárním žlábků odstupují septální tepny, vyživující zadní část mezikomorové přepážky.

Arteria coronaria sinistra

Tepna odstupuje ze sinus aortae sinister a při odstupu dosahuje průměru 4,5 – 5 mm. Kmen tepny jde dopředu po levém boku truncus pulmonalis a po krátkém průběhu 0,5 – 4 cm se dělí ve dvě hlavní větve: ramus interventricularis anterior (ramus descendens) a ramus circumflexus.

Ramus interventricularis anterior (v klinické nomenklatuře se používá zkratky RIA) prochází v předním interventrikulárním žlábků k apex cordis a může přesahovat přes apex na zadní stěnu komor. Po celé délce žlábků vydává větve pro přilehlý úsek pravé komory, pro přední stěnu komory levé a větve pro přední část mezikomorové přepážky. Ramus circumflexus jde v sulcu coronarius sinister přes margo obtusus na diaphragmatickou plochu srdce a končí před sulcu interventricularis posterior. Za svého průběhu vydává větve pro levou předšň, marginální tepnu pro margo obtusus a větve pro spodní plochu levé komory.

Oblasti srdce zásobované pravou a levou koronární tepnou

Arteria coronaria dextra zásobuje pravé atrium, část levého atria při interatriálním septu, stěnu pravé komory kromě malého proužku při sulcus interventricularis anterior, zadní třetinu septum interventriculare, proužek stěny levé komory.

Arteria coronaria sinistra vyživuje stěnu levého atria, k septu přiléhající část pravé předsíně, stěny levé komory, kromě zadní stěny při sulcus interventricularis posterior. Naopak zásobuje proužek stěny pravé komory při sulcus interventricularis anterior. Zásobuje oba papilární svaly levé komory a částečně i musculus papillaris anterior komory pravé. Z daného vyplývá, že musculus papillaris posterior komory levé, stejně jako interatriální a interventrikulární septum přijímají větve z obou koronárních tepen.

(1)

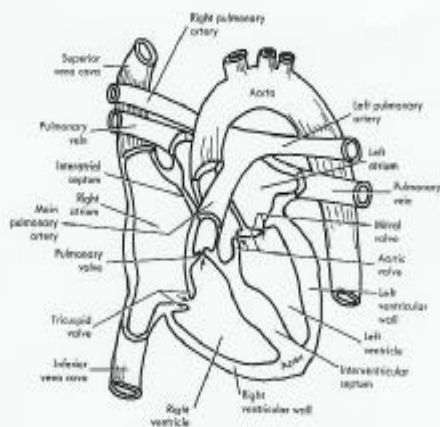


Figure 12-1 Gross anatomy of the heart.

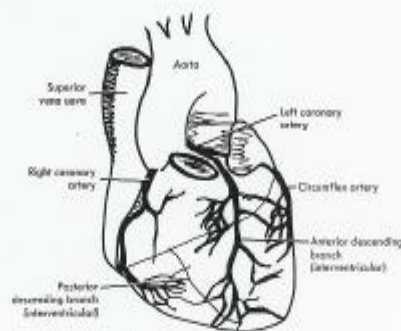


Figure 12-2 Coronary arteries.

Obr. arteriae coronariae cordis ⁽³⁾

Dětský věk

Základ srdce se tvoří velice časně. Již ve třetím a čtvrtém týdnu vývoje zárodku vzniká ze srdeční kličky čtyřdutinové srdce, které zabezpečuje cirkulaci krve v těle embrya. Velmi rychlý vývoj srdeční pumpy souvisí s rychlým rozvojem cévního řečiště, které musí zvládnout značné nároky látkové výměny prudce rostoucího organismu.

Srdce novorozence má přibližně kulovitý tvar. Podélná délka srdce od odstupu aorty ke hrotu je asi 4,3 cm, největší příčný rozměr dosahuje 3,7 cm. Hmotnost novorozeneckého srdce je 20 – 25 g. Dětské srdce roste rychleji do délky. Ve třech letech má oválný tvar a mezi sedmým až dvanáctým rokem postupně nabývá typický komorový tvar dospělého srdce. Rychlý růst srdce v pubertě vede opět ke vzniku oválného tvaru, který je často provázen drobnými, většinou bezvýznamnými funkčními odchylkami. Komorový tvar nabývá srdce zase asi po sedmnáctém roce.

O velikosti srdce orientuje až do dospělosti jednoduché pravidlo: srdce je v každém věku velké asi jako sevřená pěst. Novorozenec má větší objem síní než komor. Nápadně velký síňový oddíl je i z vnějšku zdůrazněn hlubokým zářezem oddělujícím síně a komory. S přestavbou obou předsíňových oušek se ve třech letech velikostní nepoměr stírá.

V srdečních dutinách se postupně přestavuje chlopňový aparát a upevnění chlopní. V podstatě jde o zvětšení plochy chlopní, změny v jejich stavbě a síle a změny v poloze a velikosti svalů, na které se chlopně připínají tenkými šlachami.

Mění se i síla srdeční svaloviny. Především roste mohutnost myokardu komor, který je ve srovnání se svalovinou síní u novorozence poměrně slabý. Mimořádně roste síla myokardu levé komory. Zvětšuje se i tloušťka svalových vláken.

V průběhu dětství se postupně redukuje rozsah cévních sítí srdečního svalu. Přestože i v dospělosti je cévní zásobení myokardu obrovské, množství anastomoz mezi jednotlivými větvemi věnčitých tepen rychle klesá. Mezi třetím až sedmým rokem věku dítěte je tento pokles největší. Do jednoho roku je dětské srdce uloženo příčně. Tato

poloha je podmíněna vysokým uložením bránice i jiným tvarem dětského hrudníku. Šikmou polohu, která je typická i v dospělosti, zaujímá srdce asi v pěti až šesti letech.

S růstem srdce a změnou jeho tvaru souvisí i změny funkční výkonnosti srdce. Srdce novorozence vzhledem ke své stavbě nepracuje příliš ekonomicky.

Slabá svalovina komor a malý objem dutin dovolují u novorozence přečerpat při jedné systole levé komory pouze asi 5 ml krve (u dospělého 60 – 80 ml). Růstem komor se tato hodnota (systolický srdeční objem) mění – v jednom roce asi na 10 ml, v deseti letech na 45 ml. Tepová frekvence novorozence je velmi vysoká – 135 tepů za minutu. Při fyzické zátěži tyto hodnoty ještě dále rostou.

Ze základních údajů o stavbě a funkcích dětského srdce jasně vyplývá, že zatě-
žování dětského organismu musí velmi přísně respektovat možnosti oběhové soustavy a věkové rozdíly v její výkonnosti. ⁽²⁾

3. Perfuzní scintigrafie myokardu

Perfuzní scintigrafii myokardu je dnes nejvíce používanou metodou nukleární kardiologie a jednou z nejčastěji používaných neinvazivních vyšetřovacích metod v kardiologii vůbec. ⁽⁴⁾

Celosvětově je pozorován trvalý nárůst počtu SPECT vyšetření myokardu, na čemž se podílí mimo jiné i významná úspora prostředků při racionálním využívání této metody, jak prokázaly výsledky studií cenové efektivity. ⁽⁵⁾

Zátěž zářením je srovnatelná s rentgenologickým vyšetřením, a je podstatně nižší, než u angiografie nebo CT vyšetření. ⁽⁶⁾

Princip perfuzní scintigrafie srdce

Zobrazujeme distribuci aktivity radiofarmaka v myokardu převážně levé komory srdeční. Distribuce radioaktivity je úměrná relativní distribuci tkáňové perfuze, v některých případech závisí na integritě buněčných membrán, především na aktivitě adenosintrifosfatasy, nebo na přítomnosti tkáňového metabolismu. ⁽⁷⁾

Rozložení radiofarmaka v myokardu zjišťujeme pomocí scintigrafické techniky (dnes již výhradně SPECT). Neměříme tedy absolutní průtok krve, ale pouze jeho relativní rozložení v myokardu, které je za normálních okolností homogenní.

V klidu je homogenní rozložení perfuze i u významné stenózy koronárního řečiště, neboť je udržován dostatečný průtok myokardem pomocí kompenzatorní vazodilatace v poststenotickém úseku a není významnější rozdíl v průtoku stenotickou a normální tepnou.

Při zátěži se díky vyšší spotřebě kyslíku zvyšuje krevní průtok v normálním koronárním řečišti, zatímco v oblasti zásobované zúženou tepnou se v důsledku maximální klidové vazodilatace průtok zvýšit nemůže. Myokard zásobovaný intaktním koronárním řečištěm a kumuluje tedy při zátěži více radiofarmaka než ten, který je zásobován zúženou tepnou. Rozložení aktivity v myokardu je v tomto případě na scintigramu heterogenní s „defektem“ v oblasti zásobené koronární tepnou s významnou stenózou. Při patologickém scintigramu po aplikaci radiofarmaka při zátěži je nutné srovnání s vyšetřením v klidu. ⁽⁴⁾

4. Radiofarmaka užívané k vyšetření myokardu

4.1 Látky značené pomocí ^{99m}Tc

V současnosti jsou užívány v klinické praxi dvě, a to:

- ^{99m}Tc - MIBI (methoxyisobutylisonitril)
- ^{99m}Tc - tetrofosmin

Fyzikální charakteristiky ^{99m}Tc jsou:

- gamma záření o energii 140 keV
- fyzikální poločas přeměny $T_{1/2} = 6$ hodin

Označení těchto látek pomocí ^{99m}Tc umožňuje aplikovat vyšší aktivitu, a tím i získat kvalitnější scintigrafické záznamy. Počáteční distribuce těchto látek je úměrná distribuci krevního průtoku v myokardu. Po i.v. injekci se akumulují kromě v myokardu také v játrech a jsou vylučována následně do žlučového traktu. Obě látky se dostávají do myokardiální buňky pasivní difuzí a vážou se relativně stabilně na nitrobuňčné struktury. Myokardiální distribuce MIBI a tetrofosminu je relativně konstantní po několik hodin. Znamená to, že distribuce myokardiálního průtoku v době injekce radiofarmaka zůstává jakoby „zmrazena“ a může být zobrazena během několika dalších hodin. Z toho vyplývá, že pro posouzení myokardiálního průtoku při zátěži a v klidu jsou nutné dvě samostatné injekce radiofarmaka v časovém odstupu. ⁽⁴⁾

4.2 ^{201}Tl -thallium

Fyzikální charakteristiky ^{201}Tl jsou:

- 88% X záření ^{201}Hg o energii 69-83 keV
- 12% záření gamma o energii 135, 165 a 167 keV
- fyzikální poločas přeměny $T_{1/2} = 74$ hod

^{201}Tl -thallium je radionuklid produkovaný v cyklotronu, který se chová podobně jako kalium. Dostává se do myokardiální buňky aktivním transportem přes buněčnou membránu pomocí Na^+/K^+ -ATPázové pumpy. Extrakční frakce myokardem je nejvyšší

ze všech používaných radiofarmak. Scintigramy získané časně a pozdně po injekci poskytují rozdílnou patofyziologické informace:

- časné (hned po inj.) - odpovídají distribuci regionálního krevního průtoku v myokardu
- pozdní (2 – 24 hod. po inj.) - odpovídají distribuci „draslíkového poolu“, a tím i myokardiální viabilitě

Po i.v. aplikaci si thallium rychle akumuluje v myokardu s normálním průtokem a pomalu se z něj vyplavuje. V ischemickém myokardu je iniciální akumulace Tl nižší než v normálním myokardu, ale i následné vyplavování je zpomalené. Rozdíl mezi ischemickým a normálním myokardem se tak s časem zmenšuje a perfuzní defekt se „vyplňuje“. Nevýhodou ^{201}Tl -thallia je relativně dlouhý fyzikální poločas rozpadu, a tím i vyšší radiční zátěž. Proto je nutné při vyšetření aplikovat podstatně nižší aktivita než u $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -preparátů a scintigramy mají horší kvalitu. Z těchto důvodů se dnes na většině pracovišť dává přednost Tc-preparátům před thaliem. ⁽⁴⁾

4.3 Vyšetřovací protokoly

Nejčastějším způsobem vyšetření je srovnání distribuce prokrvení myokardu na vrcholu zátěže a v klidu.

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ značené preparáty

Dvě samostatné injekce pro zátěžové a klidové vyšetření:

- s odstupem 24 hod. (dvoudenní protokol), kdy můžeme aplikovat dostatečně vysokou aktivitu pro obě vyšetření
- s odstupem 3-4 hod. (jednodenní protokol), kdy při první aplikaci je nutno podat relativně nízkou aktivitu, což může vést k horší kvalitě scintigramů. Jako první lze provést buď klidové nebo zátěžové vyšetření. Scintigramy provádíme po zátěži za 15-30 min. a po aplikaci v klidu za 45-60 min

²⁰¹Tl-thallium

Při vyšetření pomocí thallia stačí jediná injekce při zátěži a snímání se provádí do 10 min. po injekci (zátěžový scintigram) a za 3 – 4 hod. po inj. (redistribuční scintigram). Jde tedy o jednodenní protokol.

Kombinace ²⁰¹Tl-thallium/^{99m}Tc značené preparáty

Jde o kombinaci scintigrafie po aplikaci thallia a v klidu a následné scintigrafie po aplikaci ^{99m}Tc-MIBI, resp. ^{99m}Tc-tetrofosminu při zátěži. Jedná se rovněž o jednodenní protokol. Tento typ vyšetřovacího protokolu má nevýhodu aplikace různých radionuklidů o různé vysoké aktivitě, a tím i srovnání různě kvalitních zátěžových a klidových scintigramů. ⁽⁴⁾

Tabulka Radiofarmaka používaná k SPECT myokardu ⁽⁸⁾

	Obvyklá dávka	Efektivní dávka	Kritický orgán	Dávka na kritický orgán
²⁰¹ Tl chlorid	70-140MBq i.v.	0,23mSv/MBq dospělí	ledviny	0,54mGy/MBq dospělí
^{99m} Tc MIBI	300-700MBq i.v.	0,0085mSv/MBq dospělí	žlučník	0,54mGy/MBq dospělí
^{99m} Tc tetrofosmin	300-700 MBq i.v.	0,0067mSv/MBq dospělí	žlučník	0,031mGy/MBq dospělí

Stanovení a hodnocení radiační zátěže dospělé osoby a 5-letého dítěte ⁽¹¹⁾

Scintigrafie myokardu ^{99m} Tc-MIBI		
	Orgán s nejvyšší absorbovanou dávkou [mGy/MBq]	Efektivní dávka [mSv/MBq]
Dospělí	0,039 žlučník	0,0079 zátěžové vyšetření
Děti 5 let	0,1 žlučník	0,023 zátěžové vyšetření

Low dose CT: CTDI = 2,19 mGy

5. Způsob provedení zátěže

Správné provedení dostatečné zátěže je klíčové pro kvalitu vyšetření, nedostatečná či špatně provedená zátěž výrazně snižuje diagnostickou výtěžnost zátěžové perfuzní scintigrafie myokardu. ⁽⁴⁾

5.1 Fyzická zátěž

Fyzická zátěž se nejčastěji provádí na bicyklovém ergometru, event. na běhacím pásu. Metodika provedení je shodná s klasickým EKG – zátěžovým ergometrickým testem, musí být dosaženo dostatečné zátěže. Tomuto způsobu zátěže se dává přednost vzhledem k její nejfyziologičtější povaze. Řada vyšetřovaných však není schopna dostatečné fyzické zátěže z extrakardiálních příčin, proto se provádí stále častěji zátěž farmakologická. ⁽⁴⁾

5.2 Farmakologická zátěž

Vazodilatační látky – adenosin, dipyridamol

Účelem použití těchto vazodilatačních látek je zvýšení hladiny adenosinu. Toho lze dosáhnout buď přímo jeho i. v. podáním nebo nepřímo zvýšením endogenního adenosinu po podání dipyridamolu. Dipyridamol brání intracelulárnímu odbourávání endogenního adenosinu (především v erytrocytech). Zvýšená hladina adenosinu vede aktivací specifických receptorů k vazodilataci, a tím i ke zvýšení koronárního průtoku 3-5krát proti klidovým podmínkám.

Při onemocnění koronárního řečiště jsou cévy distálně od hemodynamicky významné stenózy již v klidu maximálně dilatovány, aby udržely normální koronární průtok. U těchto pacientů adenosin či dipyridamol nemůže vyvolat další vazodilataci v postižené části koronárního řečiště. V okolním myokardu zásobovaném intaktními koronárními tepnami dochází po podání těchto látek naopak významnému vzestupu průtoku krve. To má za následek heterogenitu v regionálním krevním průtoku myokardem (myokard zásobovaný postiženými tepnami je relativně hypoperfundován oproti zdravému myokardu). Farmakologická vazodilatace adenosinem či dipyridamolem ve

většině případů nevyvolává ischemii, ale jen změnu (heterogenitu) v distribuci průtoku krve myokardem. ⁽⁴⁾

Adenosin způsobuje dilataci koronárního řečiště stimulací A2A receptorů na buňkách hladké svaloviny cévní stěny. Vedle toho ale aktivuje neselektivně i A1, A2B a A3 receptory. Stimulací těchto receptorů mohou vzniknout nežádoucí účinky (bronchospasmus, a-v blok, hypotenze, cephalea). Proto jsou dnes ve stadiu klinického zkoušení léky (binodenoson), které stimulují selektivně pouze A2A receptory a mají výrazně nižší výskyt vedlejších účinků.

Xantinové deriváty a kofein blokují adenosinové receptory, a brání tak účinku adenosinu či dipyridamolu.

Kontraindikací podání adenosinu či dipyridamolu je a-v blok II. a III. Stupně, aktivní astma bronchiale a vstupní hypotenze (systolický TK nižší než 90 mm Hg.)

Sympatikomimetika – dobutamin, arbutamin

Dobutamin a arbutamin jsou látky s pozitivním chronotropním a inotropním účinkem. Zvyšují spotřebu kyslíku v myokardu, a tím vedou ke zvýšení koronárního průtoku podobně jako fyzická zátěž. Vedlejšími účinky jsou především arytmie (supraventrikulární či komorové extrasystoly, supraventrikulární či komorová tachykardie). *Kontraindikací* podání je nekorigovaná arteriální hypertenze, tachyarytmie v anamnéze a těsná aortální stenóza. ⁽⁴⁾

5.3 Kombinovaná farmakologická a fyzická zátěž

Zátěž pomocí vazodilátorů se může kombinovat s nižší fyzickou zátěží. Důvodem je snížení výskytu vedlejších účinků dipyridamolu či adenosinu (především hypotenze a arytmií). Je také lepší kvalita scintigramů v důsledku zlepšení kontrastu mezi normálním a hypoperfundovaným myokardem díky snížení extrakardiální akumulace radiofarmaka. Dochází tak ke zvýšení senzitivity v detekci reverzibilních defektů perfuze a ke zkrácení doby nutné mezi aplikací radiofarmaka a vlastním scintigrafickým záznamem. Proto by alespoň nižší fyzická zátěž měla být přidána k farmakologické vazodilatační zátěži u všech nemocných, kteří jsou toho schopni. Výjimkou jsou nemocní

s kompletním blokem levého raménka Tawarova a nemocí s kardiostimulací v oblasti pravé komory (které imituje blok levého raménka Tawarova), kde fyzická zátěž způsobuje řadu nesprávně pozitivních nálezů. ⁽⁴⁾

5.4 Kontraindikace provedení zátěžových testů

Fyzická zátěž - dle kritérií ACC/AHA 1997 - první 4 dny po akutním IM, nestabilní angina pectoris, stenóza kmene levé koronární tepny, akutní zánětlivé srdeční onemocnění, akutní plicní embolie, nekontrolovaná arteriální hypertenze - systolický TK > 200, diastolický > 115, závažné arytmie s hemodynamickými důsledky, nedostatečně kompenzované srdeční selhání, extrakardiální příčiny.

Farmakologická zátěž - ke kontraindikacím platným pro zátěž fyzickou je nutno přidat následující kontraindikace: při zátěži dipyridamolem - hypotenze - systol. TK 90 mm Hg, aktivní asthma bronchiale, plicní hypertenze (těžší forma), a-v blok II-III st., nepřerušovaná léčba teofyllinovými preparáty, při zátěži ino/chronotropními látkami (dobutamin) - komorová tachyarytmie (i v anamnéze), hypertrofická kardiomyopatie, nepřerušovaná léčba beta blokátory. ⁽⁹⁾

6. Příprava pacienta na vyšetření

Nezbytná přesná informace pacientovi o průběhu a smyslu vyšetření, možných rizicích (zejména u zátěžového vyšetření). Při zátěži vhodné oblečení. Odstranění všech záření stínících předmětů resp. informace o nich (uvnitř těla). Před zátěžovými testy zavedení žilní kanyly a infuze běžných roztoků k zajištění žíly. ⁽⁸⁾

Před provedením perfuzní scintigrafie myokardu by měl nemocný být na lačno, 24 hodin před vyšetřením bez kofeinových nápojů, bez požití čaje či potravin obsahujících xantinová deriváty (čokoláda, kakao, banány), pacient by sebou měl mít tučnější svačinu. Pokud jde o vyšetření diagnostické, vysadit antianginózní léčbu na 48 hodin (beta blokátory, blokátory vápníkového kanálu, nitráty). Při farmakologické zátěži je nutné vysadit na 48 hodin i léky blokující jejich účinek (syntophyllin atd.) a léky způsobující vazodilataci (agapurin atd.). ⁽⁴⁾

7. Scintigrafický záznam

7.1 Příprava

Mezi aplikací radiofarmaka a scintigrafickým záznamem by měl vyšetřovaný požit tučnější svačinu k urychlení vylučování nevychytaného radiofarmaka žlučovými cestami, k vyprázdnění žlučníku a ke snížení event. gastroduodenálního reflexu podaného radiofarmaka. K zrychlení střevní peristaltiky a odsunu aktivity z oblasti sousedící s obrazem srdce, kde by mohla rušit zpracování, vypít cca 200 ml vody nebo plnotučného mléka. ⁽⁴⁾

K detekci distribuce radiofarmaka vychytaného v myokardu v závislosti na krevním průtoku se téměř výhradně používá metoda jednofotonové emisní tomografie (SPECT). Planární scintigrafie se vzhledem k horší rozlišovací schopnosti již neprovádí. ⁽⁴⁾

Snímání probíhá z pravého předního šikmého pohledu po dráze 180° do levého zadního šikmého pohledu krokovým způsobem, velikost kroku je 3 – 6. A záznam 30 – 60 obrazů (optimální jsou dvoudekerové kamery se vzájemným uspořádáním detektorů v úhlu 90°). Pacient je v poloze na zádech s rukama za hlavou. Někdy je nutno k odlišení arteficiálního snížení aktivity v oblasti spodní stěny, většinou u mužů, provést také akvizici v poloze na břiše. U en představují riziko artefaktu mammy vzhledem k tkáňovému zeslabení záření. Délka trvání vyšetření závisí na aplikované aktivitě a tělesné konstituci, pohybuje se od 15 do 30 minut. ⁽⁷⁾

7.2 Synchronizovaný SPECT – Gate SPECT

Většina SPECT vyšetření je dnes prováděna tzv. ekg hradlovanou technikou, kdy počítač střádá scintigrafická data synchronizovaně s R kmitem na ekg. Srdeční cyklus je vymezen R-R intervalem a je rozdělen na 8, 12 či 16 dílčích intervalů. Výhodou je, že vedle informace o perfuzi myokardu získáme informaci i o funkci levé komory (enddiastolický a endsystolický objem, ejekční frakce, systolické ztluštění, pohyblivost srdeční stěny). Scintigrafické obrazy můžeme hodnotit v jednotlivých fázích srdečního cyklu (enddiastola, endsystola). Hradlovaný SPECT tak zlepšuje a zpřesňuje interpreta-

ci scintigrafického nálezu a pomáhá vyloučit některé artefakty. Tím zvyšuje jednak senzitivitu, ale především specifickou metodu. ⁽⁴⁾

7.3 Rekonstrukce obrazu

Pro rekonstrukci obrazů řezů se nejčastěji používá **filtrovaná zpětná projekce** (EBP, filtered backprojection), kdy se tomografické řezy kolmé na osu rotace vypočítávají tak, že četnosti nasnímané ve všech projekcích se pod úhlem odpovídajícím úhlu snímání promítnou zpět do vytvářeného řezu a všechny tyto hodnoty se v řezu sečtou. Současně se pomocí matematického filtru částečně odstraní šum z obrazů. ⁽¹⁰⁾

Výpočet náročnější, ale přesnější je použití **iterativních metod**, které z počátečního odhadu tomografického řezu výpočtu, jaké projekce by byly z takového řezu SPECT kamerou snímány, porovnají je se skutečně nasnímanými a korigují odhadu řezu tak, aby se minimalizovaly rozdíly mezi nasnímanými a vypočtenými projekcemi. Tento cyklus (výpočet projekcí, porovnání s nasnímanými projekcemi, korekce odhadů) se opakuje v několika iteracích. U iterativních metod je možno do výpočtu projekcí zahrnout i libovolnou degradaci záření, a tak korigovat jejich vliv na rekonstruovaný řez. Jedná se např. o korekci samoabsorbace ve tkáních, kterými záření prochází z místa své distribuce do detektoru, pomocí změřené mapy koeficientů zeslabení nebo o korekci rozptylu záření. ⁽¹⁰⁾

Řezy se standardně rekonstruují v rovině transversální, která je kolmá na osu rotace kamery, a z nich se data reformátují do řezů frontálních a sagitálních. U kardiologických vyšetření je ale třeba rekonstruovat tomografické řezy individuálně.

Srdce je uloženo v hrudníku u každého člověka jinak a jeho osy nekorespondují s žádnou tělní rovinou. Při tomografické rekonstrukci je nutno obraz srdce nejprve příslušným způsobem rotovat a pak teprve vytvořit řezy. Standardně rotujeme myokard tak, že dlouhá osa levé komory je horizontální, směřuje dozadním směrem a hrot je orientován ventrálně. Vytváříme řezy kolmé na dlouhou osu levé komory (short axis, SA) a rovnoběžné s dlouhou osou vertikální (vertical long axis, VLA) a horizontální (horizontal long axis, HLA). Na jednotlivých SA-řezích můžeme postupně přehlédnout celou komoru, na VLA-řezích dobře vidíme přední stěnu, hrot a spodní stěnu a na HLA-

řezech septum, hrot a boční stěnu. Zásadní výhodou tomografických obrazů ve srovnání s planárními je možnost dobře odlišit oblasti myokardu zásobované jednotlivými hlavními koronárními tepnami. Další výhodou je standardizace popisů lokalizace defektů. Levou komoru obvykle dělíme na pět základních oblastí – hrot, přední, boční, spodní stěnu a septum. Při podrobnějším popisu užíváme ještě dělení stěn komory na hrotovou, střední a bazální část jednotlivých stěn a septa. V současné době se pro účely kvantifikace používá 17-ti segmentový model levé komory. V podstatě se shoduje se 16-ti segmentovým modelem užívaným v echokardiografii, ke kterému se přidává jako 17. segment hrot levé komory.⁽¹⁰⁾

7.4 Interpretace scintigrafického záznamu

Perfuzní scintigramy jsou interpretovány jednak kvalitativně vizuálním hodnocením jednotlivých řezů a jednak kvantitativně pomocí polárních map srovnáním s databází normálních nálezů.(příloha č. 15 – 16)

Při interpretaci rozlišujeme normální nález a defekt.

Normální nález - je relativně homogenní rozložení akumulace radiofarmaka v myokardu levé komory.

Defekt - je oblast stěny levé komory se sníženou akumulací radiofarmaka proti okolnímu normálnímu myokardu. Stupeň snížené akumulace může být různý od mírně snížené až po úplné chybění. Při srovnání zátěžového a klidového vyšetření se vždy určuje, zda je defekt reverzibilní či fixní.

Fixní defekt

Jde o defekt, který je stejný při zátěži i v klidu. Je výrazem prodělané myokardiální léze, nejčastěji fibrózní tkáně („jizvy“) po prodělaném infarktu myokardu.

Reverzibilní defekt

Reverzibilní defekt je přítomný především na zátěžovém vyšetření a při klidovém vyšetření je menšího stupně či úplně vymizí. Indikuje zátěží podmíněnou poruchu perfuze myokardu.

Reverzní redistribuce

Při reverzní redistribuci je defekt perfuze přítomný především při klidovém vyšetření a při zátěži je menšího stupně nebo úplně vymizí. Tento typ redistribuce je pozorován u nemocných, kteří prodělali infarkt myokardu a časně jim byla zprůchodněna uzavřená tepna angioplastikou či trombolýzou. Defekt je představován směsí jizevnaté fibrózní tkáně a normálních viabilních myocytů, které jsou více prokrveny při zátěži než v klidu. Není výrazem zátěží podmněné ischemie, ale přítomností viabilního myokardu v oblasti defektu.

Tranzitorní ischemická dilatace levé komory – TID

Tranzitorní ischemická dilatace levé komory (transient ischemic dilatation) znamená, že je objem levé komory větší na zátěžových než na klidových scintigramech. Předpokládá se, že příčinou je snížená akumulace radiofarmaka v subendokardiální oblasti v důsledku difúzní subendokardiální ischemie při relativně stejném postižení všech tří koronárních tepen, což se projeví „ztenčením“ myokardu na zátěžových scintigramech proti klidovým.

Akumulace radiofarmaka v plicích

Za normálních okolností se v plicích akumuluje jen minimum podaného radiofarmaka. Pokud je zvýšená akumulace v plicích po zátěži je to výrazem zátěží vyvolané dysfunkce levé komory při závažném postižení většinou více koronárních tepen (nejčastěji při onemocnění 3 tepen).

Zobrazení pravé komory

Normálně se pravá komora zobrazuje minimálně, protože její hmota a krevní průtok jsou podstatně menší než u levé komory. Nápadnější zobrazení svaloviny pravé komory je většinou výrazem její hypertrofie, při fyzické zátěži však může být i normálním nálezem.

Kvantifikace poruch perfuze

Kvantifikaci provádíme srovnáním s normálovou databází a určujeme jednak rozsah poruchy perfuze (defekt extent) vyjádřeno v % postižení myokardu levé komory,

jedna stupeň postižení (defect severity) vyjádřeno velikostí směrodatné odchylky lišící se od normální databáze.

Sumační skóre

Dnešní vyhodnocovací systémy umožňují vyjádřit jak rozsah, tak i stupeň poruchy perfuze pomocí jednoho čísla, což je tzv. sumační skóre. Čím vyšší číslo, tím je výraznější porucha perfuze. Myokard levé komory je rozdělen do 17 segmentů a každý segment může mít 5 stupňů postižení (0 – 4). Součet postižení všech segmentů nám udává sumační skóre. ⁽⁴⁾ (viz. Příloha č. 15- 16)

Skóre můžeme vyjádřit v % z teoreticky maximálního (maximální skóre = 68, neboť $17 \times 4 = 68$) postižení levé komory.

- SSS (summed stress score) je sumační skóre pro zátěžové vyšetření
- SRS (summed rest score) je sumační skóre pro klidové vyšetření
- SDS (summed difference score) je součet rozdílů mezi jednotlivými segmenty při zátěži a v klidu. Udává rozsah a stupeň zátěží podmíněné poruchy perfuze.

Kvantifikace poruch funkce

Kvantifikaci poruch funkce myokardu levé komory lze provést pouze při provedení hrdlovaného scintigrafického záznamu. Počítačovým zpracováním tohoto záznamu získáme kvantitativní parametry levé komory viz. Příloha č. 15 - 16

- enddiastolický objem,
- endsystolický objem,
- ejekční frakci levé komory,
- systolické ztluštění myokardu,
- pohyblivost srdeční stěny ⁽⁴⁾

7.5 Zdroje případných chyb při SPECT myokardu

- paravenosní aplikace - alteruje kumulaci v myokardu vedoucí k nepřesným výsledkům
- pohyb pacienta - rozmazání obrazů vede k arteficiálním defektům
- suboptimální zátěž - nedosažení 85 % max. předpokládané srdeční frekvence snižuje sensitivitu vyšetření, obdobné je působení léků, které snižují účinek farmakolog. intervence
- nesprávné zpracování obrazů - nesprávná filtrace, nesprávná normalizace zátěžových a klidových testů snižuje jejich srovnatelnost
- attenuační artefakty - attenuace měkkými tkáněmi (prsy, obesita, břišní orgány apod.)
- posunuté obrazy (řezy) srovnávaných studií (zátěž, klid)
- nedostatečná kontrola základních dat - nutná nejlépe v cine modu - posouzení kvality základního záznamu, okolní struktury a orgány, pohyby atd.
- špatné umístění oblasti zájmu - při kvantitativním hodnocení, tvorbě polárních map degradace výsledků.
- postižení perfuze při nemoci tří tepen může při homogenní, celkově snížené distribuci radiofarmaka vést k falešně negativnímu nálezu ⁽⁸⁾

8. Perfuzní scintigrafie myokardu

Standardní operační postupy KNME FN MOTOL. Rozdělení podle způsobu zátěže.

8.1 Perfuzní SPECT myokardu v klidu

Vyšetření slouží k zobrazení rozložení perfuze myokardu v klidu.

Přístrojové vybavení

- měřič aktivity PTW - Curiementor 2 (v.č. 783-1097) a Curiementor E (v.č. 78241/130)

Hybridní kamera SPECT/CT vybavená kolimátory LEHR

Vyhodnocovací zařízení: esoft Turbo

Indikace

- při pozitivě zátěžové scintigrafie k odlišení hypoperfuze vyvolané zátěží (reverzibilní defekt) od klidové hypoperfuze (fixní defekt)

- hodnocení viability myokardu

kontrola efektu trombolýzy či akutní revaskularizace

Kontraindikace

- přecitlivělost na některou ze složek radiofarmaka
- relativní kontraindikací je gravidita (provedení jen z vitální indikace při minimalizaci aplikované aktivity RF) a laktace (dle ICRP se doporučuje přerušit kojení na dobu 12 hodin, dle příbalového letáku 24 hod).

Radiofarmakum

^{99m}Tc-MIBI (= 2-methoxy-isobutyl-isonitril)

- aplikovaná aktivita - dvoudenní protokol

- dospělí: dospělí u EKG hradlované studie 10 MBq/kg, 700 - 1000 MBq
- děti: dle hmotnosti 9,25 MBq/kg (Treves) nebo dle doporučení EANM
- minimální aplikovaná aktivita: 148 MBq (Treves)
- DRÚ 1000 MBq
- selhání ledvin je třeba brát v úvahu při aplikaci potřebného množství aktivity
- při stanovení viability myokardu se podává 3 minuty před aplikací RF sublinguálně nitroglycerin (1 tbl. = 0,5 mg pod jazyk, Nitromint spr 1-2 dávky - dle lékaře), u pacientů, kteří neužívají nitroglycerin běžně, se aplikace provádí v poloze vleže
- doba použitelnosti radiofarmaka
 - 6 hodin od přípravy CARDIO-SPECT kit, výrobce MEDI-RADIOPHARMA LTD, Maďarsko
 - 10 hodin od přípravy CARDIOLITE kit, výrobce Bristol-Myers Squibb Pharma Belgium Sprl

Příprava pacienta k vyšetření

- nalačno minimálně 4 hodiny před zátěží (není to nezbytné, diabetici dodrží svůj režim)
- děti poslední jídlo 2 hodiny před vyšetřením, mají pít (Treves)
- léky se nevysazují
- přinést s sebou malou svačinu, jogurt nebo mléko

Průběh vyšetření

Ověření osobních a zdravotních dat, ověření identity pacienta. Poučení pacienta o průběhu a významu vyšetření, získání souhlasu s vyšetřením v ústní formě (provádí kancelář a aplikující lékař).

Anamnéza zaměřená na kontraindikace vyšetření a na onemocnění, pro které se vyšetření provádí, včetně současné léčby (provádí lékař NM).

Postup vyšetření

Aplikace RF

- Aktivitu pro pacienta stanovuje lékař, do stříkačky natahuje sestra, ověřuje ji pomocí měřiče aktivity (kalibrátoru).
- I.v.aplikace radiofarmaka (provádí sestra).

Poloha pacienta při vyšetření (zodpovídá radiologický asistent)

Pacient leží na zádech, levou horní končetinu (nebo obě HK) má vzpaženou (-é).

Akvizice (provádí radiologický asistent)

- Za 60 minut po i.v. podání radiofarmaka, je možno i později – do 3 hodin.
- Z oblasti hrudníku se odstraní kovové a silikonové předměty.
- Ženy se vyšetřují bez podprsenky, příliš velké mammy je možno stáhnout bavlněnou rouškou.
- Připojí se 3 elektrody tak, aby elektrody a svody nebyly v zorném poli.
- Poloha detektorů 90 stupňů (90 degrees rotation), dráha detektorů 180 stupňů nekruhová.
- Nastavení srdce do horní poloviny zorného pole.
- Před spuštěním vlastního snímání proběhne stanovení délky srdečního cyklu. Je třeba vyčkat do doby, než se ustálí tepová frekvence.

Zpracování a rekonstrukci dat (provádí radiologický asistent)

Vyhodnocení zpracovaných dat (provádí lékař)

8.2 Perfuzní SPECT myokardu po ergometrické zátěži

Vyšetření slouží k zobrazení rozložení perfuze myokardu při fyzické zátěži.

Přístrojové vybavení

Měřič aktivity PTW - Curiementor 2 (v.č. 783-1097) a Curiementor E (v.č. 78241/130)

Hybridní kamera SPECT/CT vybavená kolimátory LEHR
vyhodnocovací zařízení: e.soft Turbo

Indikace

- zjištění lokalizace, rozsahu a závažnosti ischemie a její reverzibilita
- diagnostika ICHS (potvrzení či vyloučení diagnózy) - důvodem je zpravidla bolest na hrudi nebo pozitivní zátěžové EKG bez klinických projevů
- posouzení hemodynamické významnosti hraniční stenózy
- zjištění, která ze stenóz zapříčiňuje potíže nemocného (při vícetepenném postižení – „culprit lesion“)
- hodnocení rizika náhlé srdeční příhody, posouzení vhodnosti a naléhavosti revaskularizačního výkonu
- hodnocení provedené revaskularizace u pacientů s rekurencí symptomů nebo s pozitivním či nedignostickým zátěžovým EKG
- hodnocení viability

Kontraindikace

- přecitlivělost na některou ze složek radiofarmaka
- kontraindikace k bicyklové ergometrii
- relativní kontraindikací je gravidita (provedení jen z vitální indikace při minimalizaci aplikované aktivity RF) a laktace (dle ICRP se doporučuje přerušit kojení na dobu 12 hodin, dle příbalového letáku 24 hod).

Radiofarmakum

^{99m}Tc-MIBI (= 2-methoxy-isobutyl-isonitrit)

- aplikovaná aktivita - dvoudenní protokol
 - dospělí u EKG hradlované studie 10 MBq/kg, 700-1000 MBq
 - děti dle hmotnosti 9,25 MBq/kg (Treves) nebo dle doporučení EANM
 - minimální aplikovaná aktivita: 74 MBq (Treves)
 - DRÚ 1000 MBq

- selhání ledvin je třeba brát v úvahu při aplikaci potřebného množství aktivity
- aplikovaná aktivita - jednodenní protokol
 - časné vyšetření 350-400 MBq, pozdní vyšetření za 4-6 hodin 1000-1100MBq (3x vyšší aktivita u druhé injekce)
 - maximální podaná aktivita by neměla překročit 1480 MBq
 - není vhodný pro kojence
- doba použitelnosti radiofarmaka
 - 6 hodin od přípravy CARDIO-SPECT kit, výrobce MEDI-RADIOPHARMA LTD, Maďarsko
 - 10 hodin od přípravy CARDIOLITE kit, výrobce Bristol-Myers Squibb Pharma Belgium Sprl

Příprava pacienta k vyšetření

- dospělí i děti poslední jídlo 2 hodiny před vyšetřením, mají pít, dospělým je doporučováno pojit jen lehce; není to nezbytné, diabetici dodrží svůj režim
 - 4 hodiny před vyšetřením nekouřit
 - úprava medikace – provádí ošetřující lékař: chce-li diagnostikovat zátěžovou ischemii, měl by vysadit betablokátory 48 hodin před vyšetřením, nitráty 24hodin před vyšetřením.
- U hypertoniků je třeba medikaci upravit tak, aby zátěž nebyla předčasně ukončena pro hypertenzní reakci.
- Chce-li lékař ověřit prokrvení myokardu při medikaci, pak léky nevysazuje.

Průběh vyšetření

Ověření osobních a zdravotních dat, ověření identity pacienta. Poučení pacienta o průběhu a významu vyšetření, získání souhlasu s vyšetřením v ústní formě (provádí kancelář a aplikující lékař).

Anamnéza zaměřená na kontraindikace vyšetření a na onemocnění, pro které se vyšetření provádí, včetně současné léčby (provádí lékař NM).

Postup vyšetření

Aplikace RF

- Před ergometrickou zátěží se pacientovi zavede i.v. kanyla (provádí sestra).
- Aktivitu pro pacienta stanovuje lékař, do stříkačky natahuje sestra, ověřuje ji pomocí měřiče aktivity (kalibrátoru). Na kardiologické pracoviště se stříkačky dopravují v olověném kontejneru.
- Ergometrická zátěž – provádí kardiolog, pro zachování validity testu nutno dosáhnout 85 % MAC.
- I.v. aplikace radiofarmaka (provádí sestra nebo lékař z KNME) těsně před vrcholem ergometrické zátěže tak, aby pacient vydržel ještě 1-2 minuty s co největší zátěží
- Po skončení vyšetření se kardiologické pracoviště proměří měřičem povrchové kontaminace a hodnota se zaznamená (provádí sestra).

Poloha pacienta při vyšetření (zodpovídá radiologický asistent)

Pacient leží na zádech, levou horní končetinu (nebo obě HK) má vzpaženou (-é).

Akvizice (provádí radiologický asistent)

- Za 15 minut po i.v. podání radiofarmaka, je možno i později – do 1 hodiny.
- Z oblasti hrudníku se odstraní kovové a silikonové předměty.
- Ženy se vyšetřují bez podprsenky, příliš velké mammy je možno stáhnout.
- Připojí se 3 elektrody tak, aby elektrody a svody nebyly v zorném poli.
- Poloha detektorů 90 stupňů (90 degrees rotation), dráha detektorů 180 stupňů nekruhová.
- Nastavení srdce do horní poloviny zorného pole.
- Před spuštěním vlastního snímání proběhne stanovení délky srdečního cyklu.

Zpracování a rekonstrukci dat (provádí radiologický asistent)

Vyhodnocení zpracovaných dat (provádí lékař)

8.3 Perfuzní SPECT myokardu po farmakologické zátěži dobutaminem

Vyšetření slouží k zobrazení rozložení perfuze myokardu při farmakologické zátěži dobutaminem.

Přístrojové vybavení

Měřič aktivity PTW - Curiementor 2 (v.č. 783-1097) a Curiementor E (v.č. 78241/130)

Hybridní kamera SPECT/CT vybavená kolimátory LEHR

vyhodnocovací zařízení: e.soft Turbo

Indikace

- užívá se v případě neschopnosti nemocného adekvátní fyzické zátěže s kontraindikací k dipyridamolovému testu (např. astma bronchiale, a-v blokáda vyššího stupně- Elhendy)
- u pacientů s nedostatečným nárůstem TF (pod 85 % MAC) lze podat atropin i.v. až do dávky 1 mg

Kontraindikace

- přecitlivělost na některou ze složek radiofarmaka

Radiofarmakum

^{99m}Tc-MIBI (= 2-methoxy-isobutyl-isonitril)

- aplikovaná aktivita – dvoudenní protokol
 - dospělí dle hmotnosti pacienta 10 MBq/kg, 700 - 1000 MBq
 - děti: dle hmotnosti 9,25 MBq/kg (Treves) nebo dle doporučení EANM
 - minimální aplikovaná aktivita: 148 MBq (Treves)
 - DRÚ 1000 MBq
 - selhání ledvin je třeba brát v úvahu při aplikaci potřebného množství aktivity

- doba použitelnosti radiofarmaka
 - 6 hodin od přípravy CARDIO-SPECT kit, výrobce MEDI-RADIOPHARMA LTD, Maďarsko
 - 10 hodin od přípravy CARDIOLITE kit, výrobce Bristol-Myers Squibb Pharma Belgium Sprl

Příprava pacienta k vyšetření

- Úprava medikace – provádí ošetřující lékař - vysazení betablokátorů 48 hodin před vyšetřením, nitráty 24hodin. U hypertoniků je třeba medikaci upravit tak, aby zátěž nebyla předčasně ukončena pro hypertenzní reakci.
- Nalačno minimálně 4 hodiny před zátěží (není to nezbytné, diabetici dodrží svůj režim).
- Děti poslední jídlo 2 hodiny před vyšetřením, mají pít (Treves).

Průběh vyšetření

Ověření osobních a zdravotních dat, ověření identity pacienta. Poučení pacienta o průběhu a významu vyšetření, získání souhlasu s vyšetřením v ústní formě (provádí kancelář a aplikující lékař).

Anamnéza zaměřená na kontraindikace vyšetření a na onemocnění, pro které se vyšetření provádí, včetně současné léčby (provádí lékař NM)

Postup vyšetření

Aplikace RF

- Před farmakologickou zátěží se pacientovi zavede i.v. kanyla + trojcestný kohout nasazený přímo na kanylu (provádí sestra).
- Aktivitu pro pacienta stanovuje lékař, do stříkačky natahuje sestra, ověřuje ji pomocí měřiče aktivity (kalibrátoru). Na kardiologické pracoviště se stříkačky dopravují v olověném kontejneru.
- Farmakologická zátěž dobutaminem - provádí kardiolog na kardiologickém pracovišti za monitorování EKG; TK a P.

- Dobutamin se podává v infuzi od nízkých dávek – 10 ug/kg/min á 3 min se postupně koncentrace dobutaminu zvyšuje o 10 ug/kg/ min až do 40 ug/kg/min.
- U pacientů s nedostatečným nárůstem TF (pod 85 % MAC) lze podat atropin i.v. až do dávky 1 mg.
- Vedlejší účinky dobutaminu je možné vyblokovat metoprololem (1-5 mg) (Betalloc 1 g/ml inj.).
- Radiofarmakum se podá 1 - 2 minuty před ukončením protokolu.
- I.v. aplikace radiofarmaka (provádí sestra nebo lékař z KNME) 1-2 minuty před ukončením protokolu přes boční výstup trojcestného kohoutu, který je nasazen přímo na kanylu (aby se nespláchl obsah dobutaminu v hadičce při aplikaci RF).
- Po skončení testu se kardiologické pracoviště proměří měřičem povrchové kontaminace a hodnota se zaznamená (provádí sestra).
- Za 30 minut po aplikaci RF se pacient nají a dostatečně napije.

Poloha pacienta při vyšetření (zodpovídá radiologický asistent)

Pacient leží na zádech, levou horní končetinu (nebo obě HK) má vzpaženou (-é).

Akvizice (provádí radiologický asistent)

- Za 15 – 30 minut po i.v. podání radiofarmaka, je možno i později – do 1 hodiny.
- Z oblasti hrudníku se odstraní kovové a silikonové předměty.
- Ženy se vyšetřují bez podprsenky, příliš velké mammy je možno stáhnout.
- Připojí se 3 elektrody tak, aby elektrody a svody nebyly v zorném poli.
- Nastavení srdce do horní poloviny zorného pole.
- Před spuštěním vlastního snímání proběhne stanovení délky srdečního cyklu. Je třeba vyčkat do doby, než se ustálí tepová frekvence.

Zpracování a rekonstrukci dat (provádí radiologický asistent)

Vyhodnocení zpracovaných dat (provádí lékař)

8.4 Perfuzní SPECT myokardu po farmakologické zátěži dipyridamolem

Vyšetření slouží k zobrazení rozložení perfuze myokardu při farmakologické zátěži dipyridamolem.

Přístrojové vybavení

Měřič aktivity PTW - Curiementor 2 (v.č. 783-1097) a Curiementor E (v.č. 78241/130)

Hybridní kamera SPECT/CT vybavená kolimátory LEHR

vyhodnocovací zařízení: e.soft Turbo

Indikace

- Užívá se v případě neschopnosti nemocného fyzické zátěže z důvodů extrakardiálních i kardiálních.
- U pacientů s BLRT je jedinou možností zátěže, neboť dipyridamol nezvyšuje zpravidla významně tepovou frekvenci, a tím neakcentuje hypoakumulaci radiofarmaka v oblasti septa.
- U dětí při neschopnosti fyzické zátěže nebo je-li kontraindikována (Kawasakiho nemoc komplikovaná postižením srdečních tepen, kongenitálně abnormální koronární cirkulace).

Kontraindikace

- přecitlivělost na některou ze složek radiofarmaka
- **kontraindikace k podání dipyridamolu:**
 - přecitlivělost na dipyridamol nebo na některou z dalších složek přípravku (kyselina tartarová, makrogol, kyselina chlorovodíková),
 - poruchy vedení vzruchu - a-v blok druhého a třetího stupně, sick sinus syndrom, pokud pacienti nemají funkční pacemaker
 - bazální hypotenze (systolický TK méně než 90 mm Hg)

- recentní neobjasněná synkopa (do 4 týdnů) nebo recentní tranzitorní ischemická ataka
- akutní infarkt myokardu (do 4 týdnů), nestabilní angina pectoris, hypertrofická obstrukční kardiomyopatie, těsná aortální stenóza, závažná mitrální vada (SNM)
- hemodynamická nestabilita - nekompensované srdeční selhání
- anamnéza vážného bronchospasmu, plicní onemocnění (astma bronchiale, chronická obstrukční nemoc bronchopulmonální, plicní hypertenze)
- myasthenia gravis
- těhotenství a laktace.

Radiofarmakum

^{99m}Tc-MIBI (= 2-methoxy-isobutyl-isonitril)

- aplikovaná aktivita – dvoudenní protokol
 - dospělí dle hmotnosti pacienta 10 MBq/kg, 700 - 1000 MBq
 - děti dle hmotnosti 9,25 MBq/kg (Treves) nebo dle doporučení EANM
 - minimální aplikovaná aktivita: 74 MBq (Treves)
 - DRÚ 1000 MBq
 - selhání ledvin je třeba brát v úvahu při aplikaci potřebného množství aktivity
- doba použitelnosti radiofarmaka
 - 6 hodin od přípravy CARDIO-SPECT kit, výrobce MEDI-RADIOPHARMA LTD, Maďarsko
 - 10 hodin od přípravy CARDIOLITE kit, výrobce Bristol-Myers Squibb Pharma Belgium Sprl

Příprava pacienta k vyšetření

- 24 hodin nutno vynechat kávu, čaj, čokoládu, kakao, limonády (coca-cola...) banány

- léky obsahující methylxantiny alespoň 2 dny (např. Afonilum, Euphyllin, Spophyllin, Teotard, Theoplus, Aminophyllin, Syntophyllin...), dipyridamol v perorální formě 24 hodin
- léky s kofeinem (analgetika např. Acifein, Alnagon, Ataralgin, Coldrex, Ibufein, Panadol extra..., Kinedryl)
- léky s pseudoefedrinem (např. Clarinase , Disophrol, Modafen, Nurofen stopgrip, Panadol plus grip, Paralen plus...)
- není třeba vysazovat preparáty s pentoxifylinem (např. Agapurin, Trental, Pentomer) a s clopidogrelem (Plavix)
- úprava kardiologické medikace – nitráty vysadit 24 hodin. Betablokátory není nutné vysazovat. Chce-li lékař ověřit prokrvení myokardu při medikaci, pak léky nevysazuje.
- nalačno minimálně 4 hodiny před zátěží
- děti poslední jídlo 2 hodiny před vyšetřením, mají pít (Treves)

Průběh vyšetření

Ověření osobních a zdravotních dat, ověření identity pacienta. Poučení pacienta o průběhu a významu vyšetření, získání souhlasu s vyšetřením v písemné formě.

Anamnéza zaměřená na kontraindikace vyšetření a na onemocnění, pro které se vyšetření provádí, včetně současné léčby (provádí lékař NM)

Způsob aplikace RF

- Před farmakologickou zátěží se pacientovi zavede i.v. kanyla (provádí sestra).
- Aktivitu pro pacienta stanovuje lékař, do stříkačky natahuje sestra, ověřuje ji pomocí měřiče aktivity (kalibrátoru). Na kardiologické pracoviště se stříkačky dopravují v olověném kontejneru.
- Farmakologická zátěž se provádí na kardiologickém pracovišti za přítomnosti kardiologa – monitoruje se EKG, TK a P po dobu 15ti minut, potom je-li potřeba za 30 minut (Datz).

- Dipyridamol se naředí nejméně 1:2 fyziologickým roztokem do celkového objemu 20-50 ml (Datz) a podává se v dávce 0,567 mg/kg (maximálně 60 mg) po dobu 4 minut, pak je 3 - 4 minuty pauza a podá se radiofarmakum.
- Účinek dipyridamolu je možné zrušit aminophyllinem v pomalé infuzi nebo i.v. injekci (75 -100 mg, možno opakovaně), u dětí v dávce 3-5 mg/kg. Nejdříve však 1 minutu po podání radiofarmaka.
- Současná fyzická zátěž je možná - na bicyklu nebo „handgrip“.
- Za 30 minut po aplikaci RF se pacient nají a dostatečně napije.
- U malých dětí je nutná sedace, u kojenců ohled na nevyvinutý metabolismus jater
- Po skončení vyšetření se kardiologické pracoviště proměří měřičem povrchové kontaminace a hodnota se zaznamená (provádí sestra).

Poloha pacienta při vyšetření (zodpovídá radiologický asistent)

Pacient leží na zádech, levou horní končetinu (nebo obě HK) má vzpaženou (-é).

Akvizice (provádí radiologický asistent)

- Za 15 - 30 minut po i.v. podání radiofarmaka, je možno i později – do 1 hodiny.
- Z oblasti hrudníku se odstraní kovové a silikonové předměty.
- Ženy se vyšetřují bez podprsenky, příliš velké mammy je možno stáhnout.
- Připojí se 3 elektrody tak, aby elektrody a svody nebyly v zorném poli.
- Nastavení srdce do horní poloviny zorného pole.
- Před spuštěním vlastního snímání proběhne stanovení délky srdečního cyklu. Je třeba vyčkat do doby, než se ustálí tepová frekvence.

Zpracování a rekonstrukci dat (provádí radiologický asistent)

Vyhodnocení zpracovaných dat (provádí lékař) ⁽¹¹⁾

9. Zvláštnosti při vyšetření dítěte

Metody nukleární medicíny v dětském věku mají některé specifické problémy.

1. *Reakce dítěte na vyšetření*

Menší děti nejsou většinou přístupni logickým argumentům a jeho chování při vyšetření závisí na řadě činitelů – věku, výchově, povaze, momentální dispoziční, zkušenostech se zdravotníky a na chování vyšetřujícího personálu. Důležité je navázat pocit důvěry mezi dítětem a zdravotnickým personálem, někdy stačí klidný a laskavý přístup, jindy je nutné malého pacienta zabavit a uklidnit hračkou, obrázkem a podobně. Také může být často přínosná přítomnost rodičů při vyšetření. Přesto však bývá často nutné užít lehkého násilí, a pokud ani to nestačí, aplikovat tlumící léky.

2. *Aplikace radiofarmaka*

V kubitální jamce lze většinou najít vhodnou žílu je předloktí dítěte těžko fixovat, proto raději volíme aplikaci do žil na dorzu ruky, u velmi malých dětí pak žíly na hlavě.

Vzhledem k aplikaci malých objemů bývá používán trojcestný ventil ve spojení s kanylou a jehlou, stříkačkou s radiofarmakem a stříkačkou s fyziologickým roztokem. Tato aplikační soustava umožní lepší kanylaci žíly a vpravení radiofarmaka do organismu jako bolus s následným spláchnutím fyziologickým roztokem.

3. *Množství aplikovaného radiofarmaka*

Mladý pacient je radiosenzitivnější než dospělý, a proto je třeba minimalizovat absorbovanou dávku záření při vyšetření. To znamená pečlivě zvažovat volbu radiofarmaka a výši podané aktivity. Používá se tabulka pro určení aktivity dle tělesné hmotnosti doporučená European Association of Nuclear Medicine. U novorozenců by však často vypočítaná aktivita byla příliš malá pro zhotovení kvalitního snímku nebo by se neúspěšně prodloužil čas vyšetření. EANM proto doporučuje minimální aktivity, které ještě poskytuje statisticky hodnotitelné výsledky. Před radiací je nutné chránit i děti kojené, neboť řada radiofarmak přechází do mateřského mléka. ⁽⁴⁾

10. Úloha radiologického asistenta při SPECT myokardu

Nejprve vysvětlíme pacientovi, jak bude probíhat snímání. Pacienta požádáme, aby si odložil do půl těla. Z oblasti hrudníku odstraníme kovové a silikonové předměty. Ženy se vyšetřují bez podprsenky, příliš velké mammy je možno stáhnout. U dětí je nutný klidný a laskavý přístup, je nutné malého pacienta zabavit a uklidnit hračkou, obrázkem, během vyšetření lze poslouchat pohádky. Příznivý vliv má přítomnost rodičů.

Radiologický asistent zodpovídá za správné nastavení přístroje. Nejprve v PATIENT REGISTER zadáme příjmení, jméno, rodné číslo, datum narození, dále zadáme typ studie pro SPECT myokardu - MYOCARDIAL PERFUSION, klikneme na EXAM.

V ACQUISITION v SERIES INFORMATION zkontrolujeme údaje:

- SERIES: rest nebo stress
- ORGAN: cardiac
- ISOTOPE: zde zapíšeme podanou dávku, jednotky
- PHARMACEUTICUM: MIBI

Uložíme pacienta na vyšetřovací lehátko. Připojíme 3 elektrody tak, aby elektrody a svody nebyly v zorném poli gamakamery. Pacienta uložíme na záda, levou horní končetinu (nebo obě HK) musí mít vzpažené. Gantry nastavíme na polohu pro vyšetření srdce (90 stup.) a lůžko s pacientem nastavíme do vyšetřovací výše (13,1 cm) mezi hlavy gamakamery tak, aby srdce bylo v horní třetině zorného pole. Vymezíme CT hranici dle polohy srdce. Na monitoru v ovladovně zkontrolujeme, jestli se tepová frekvence pohybuje ve vymezeném okně (v BEAT HISTOGRAM v GATE). Spustíme akvizici PREPARE AQUISITION a START. Během snímání kontrolujeme pacienta.

Po dokončení snímání sejmem pacientovi elektrody EKG přístroje, necháme pacienta obléknout a odešleme ho do čekárny. Pacienta propouští lékař.

Dále provádí radiologický asistent zpracování dat a kontroly kvality. Nejprve vybereme data pro rekonstrukci, vkládají se – Stress, Stress gated, Stress AC Cardiac 6.0BO89, klikneme na RECON AC CORR (2 krát)

Vložená data musíme zkontrolovat, vybereme QUALITY CONTROL a pak najedeme červenou lištou na srdce a zkontrolujeme sinogram a linogram, kde vidíme jestli

se pacient při vyšetření hýbal. Při pohybu vybereme MOTION CORECT SERIES, čtveřekem najedeme na srdce, ukáže se sinogram a linogram po korekci, potvrdíme OK.

Dále jdeme do IMAGE REGISTRATION, kde provedeme kontrolu fúze obrazu CT a SPECT, musí přesně lícovat. V případě ručního dorovnání obrazů provedeme záznam do dokumentace pacienta.

Dále postupujeme do složky AUTOCARDIAC – SETTING, kontrolujeme, je – li srdce dobře vymezeno, dorovnáme vymezení hranic roztažením a posunem elips(srdce musí být v centru elipsy).

Když vymezíme hranice pokračujeme do složky REKONSTRUCTION, najdeme nejjasnější obrázek řezu srdce a srovnáme osy, horizontální i vertikální osy musí jít středem řezu dutiny srdeční. Dále provedeme vymaskování řezů srdce od okolních struktur - vybereme MASKING / CENTERING, přesně zarámujeme obraz srdce tahem za žlutý kroužek, aby obsahoval levou i pravou komoru srdeční. Poslední kontrolu řezů provedeme ve složce FLEXIBLE DISPLAY, kde zkontrolujeme polohu os vodorovných a svislých.

Tím je rekonstrukce a kontrola kvality dokončena, stiskneme COMPLETE. Odešleme k tisku záznam o radiační zátěži pacienta - FILMING, PATIENT PROTOCOL.

11. Vlastní práce

Bylo provedeno vyhodnocení vyšetření SPECTu myokardu u dětí vyšetřených ve FN Motol v letech 2002 – 2008 – jejich počtu, indikací a výsledků, co se týče poruch perfuze a funkce myokardu levé komory srdeční. Bylo provedeno srovnání normálních hodnot EF metodou gated SPECT (za použití programu 4DM SPECT) s fyziologickými hodnotami echokardiografickými.

Počet vyšetřených dětských pacientů od ve věku 7 do 19 ti let je za sledované období 2002 – 2008 celkem 37. Indikacemi k vyšetření byly: anomální odstup levé koronární artérie z plicní tepny, transpozice velkých tepen po anatomické korekci, Kawasakiho nemoc, ojediněle stav po operaci dalších vrozených vad – funkčně společná komora, aortopulmonální okno, píštěl z pravé koronární tepny do pravé síně. Někteří pacienti byli indikováni k vyšetření pro EKG zátěžové změny a podezření na ischemickou chorobu srdeční. V roce 2002 bylo vyšetřeno metodou SPECT šestnáct dětských pacientů, v roce 2003 jeden pacient, v roce 2004 pět pacientů, v roce 2005 tři pacienti, v roce 2006 čtyři pacienti, v roce 2007 pět pacientů a v roce 2008 devět pacientů. (viz.tab. č.2).

Z třiceti sedmi pacientů mělo normální nález 19 pacientů, abnormální nález mělo 18 pacientů. (viz.tabulka č.1).

Počet vyšetření SPECTů myokardu provedených za sledované období 2002 – 2008 je 68 (někteří pacienti měli klidové i zátěžové vyšetření). Z toho bylo 53 hradlovaných (gated) studií (třicet pět zátěžových, osmnáct klidových). Non gated studií bylo 15 (viz. tabulka č.3).

Z funkčních parametrů získaných metodou gated SPECT byla sledována hodnota ejekční frakce (EF). U většiny pacientů se hodnoty pohybují nad 60%. U 10ti pacientů jsou hodnoty pod 60% v rozmezí 38%-59% (viz tabulka č.1). Zajímalo nás, zda normální hodnoty ejekční frakce odpovídají normálním hodnotám echokardiografickým⁽¹¹⁾. Byli vyhodnoceni pacienti vyšetření v posledních 2,5 letech za použití vyhodnocovací metody 4D-MSPECT a mající hodnotu EF nad 60%. Pro srovnání s 3D echokardiogra-

fickými hodnotami ⁽¹¹⁾ pacienti rozdělení dle tělesného povrchu do 5ti skupin (viz tabulka č.4). Normální 3D ECHO hodnoty EF levé komory jsou :

u dětí s tělesným povrchem 0,5-0,75 m ²	60,5 (3,8)*
0,75-1,0 m ²	60,8 (3,2)*
1,0-1,25m ²	60,2 (3,4)*
1,25-1,5m ²	60,1 (3,2)*
více než 1,5 m ²	58,8 (3,4)*

*průměrná hodnota (směrodatná odchylka)

Normální hodnoty EF metodou gated SPECT perfuzní scintigrafie myokardu vyhodnocených programem 4DM SPECT jsou (viz. Tabulka č. 4):

u dětí s tělesným povrchem 0,5-0,75 m ²	
0,75-1,0 m ²	po zátěži 73,0 (5,0) v klidu 82,0
1,0-1,25m ²	po zátěži 74,0 (5,0) v klidu 70,0
1,25-1,5m ²	po zátěži 75,0 v klidu 73,0
více než 1,5 m ²	po zátěži 72,1 (3,5) v klidu 72,3

Vyšší hodnoty EF u dětí jsou dány malou levou komorou, kdy v důsledku rozptýleného záření dochází k podhodnocení objemu. Důsledkem je abnormálně vysoká hodnota ejekční frakce.

Dle literárních údajů ⁽¹²⁾ je hradlovaná perfuzní scintigrafie myokardu u dětí méně vhodná pro stanovení objemů levé komory srdeční a tedy méně spolehlivá ve stanovení ejekční frakce.

Tab. č.1 Perfuzní SPECT myokardu u dětí ve FN MOTOL za období 2002 - 2008

Jméno	Věk	SPECT Myok.	hmotnosť	výška	EF - celk.	EF - lid	normální nálezy	revorzi bilní	fixní defekt	Diagnóza
MC	17	GZ ...	5C		73%		N			EKG změny
DŠ	15	GZ ...	5E	177	73%		N			Akropalcično
P.O	#	GZ ...	24,5	124	63%		N			Transpozice v elkycertercer
MM	17	GZ GK	81	195	81%	87%	N			EKG změny
BMM	13	GZ GK	34	146	63%	65%	N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
KZ	16	GZ ...	52	170	71%		N			Óp. uzávěru pšále
I.VZ	16	76	6E	163	72%		N			Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
KČ	16	GZ ...	6k	177	72%		N	/	/	EKG změny
KT2	16	GZ GK	31	164	63%	71%	N			Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
A.J	14	GZ ...	64	180	63%		N			Kawesakino nemoc
LE	14	GZ ...	41		73%		N			EKG změny
DM2	12	GZ GK	57	155	73%	73%	N	/	/	Fluktré spolkomcra
JO	14	GZ GK			73%		N	/	/	Transpozice v elkycertercer
OF	12	GZ ...	4E	150	63%		N			EKG změny
MF	9	GZ ...			73%		N			Transpozice v elkycertercer
VL	10	GZ GK			63%	73%	N			Transpozice v elkycertercer
MG	9	GZ GK	2F	136	73%	82%	N			Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
JL	14	GZ GK			73%	73%	N	/	/	Transpozice v elkycertercer
KT 1	10	Z K	2E	137			N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
LV1	13	Z	5F	156			N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
LP1	10	GZ GK	52	171	64%	61%	N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
LP2	12	GZ GK	52	171	67%	63%	N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
DŽ	28	GZ GK	64	160	77%	77%	N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
B.M2	10	GZ	64	167		63%	N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
PS	#	Z K	2C	120			N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
ZH	12	Z GK	34	140		73%	N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
VH	12	Z K	32	136			N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
TB	5	... K	1F	108			N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
PK	13	GZ K	42	151	63%		N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
IV	15	Z K	5E	171			N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
DB	15	GZ GK	37	151	61%	61%	N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
JM	12	G K	32	142			N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
IT	18	GZ K	7F	183	61%		N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
AT	17	GZ GK	6E	166	63%	65%	N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
KT	15	GZ GK	47	162	63%	63%	N	/	/	Aromální část jpr levé kořetřiri atěrie
PS	7	GZ K	22	121	75%		N	/	/	Transpozice v elkycertercer
MO	16	GZ GK	5E	160	63%	67%	N			Art.St.plast. CA
PK	7	GZ ...	17	117	63%	62%	N	/	/	Transpozice v elkycertercer
LB	13	GZ GK	42		67%	62%	N	/	/	Spektrál CHE
TK	16	GZ GK	47		63%	63%	N	/	/	EKG změny
LŘ	10	GZ GK	7E		61%	65%	N	/	/	EKG změny

Počet pa- cientů	Jméno	Vyšetření 2002	Vyšetření 2003	Vyšetření 2004	Vyšetření 2005	Vyšetření 2006	Vyšetření 2007	Vyšetření 2008
1.	LJ			/				/
2.	LV							/
3.	OJ							/
4.	FM					/		
5.	KP				/			
6.	OM				/			
7.	ŘL			/				
8.	ŠP				/			
9.	KT			/				
10.	BL	/						
11.	OP							/
12.	GM							/
13.	ČM						/	
14.	ČK						/	
15.	EL						/	
16.	FO						/	
17.	JA						/	
18.	MB					/		
19.	ML					/		
20.	ŠD							/
21.	ZK					/		
22.	FK	/						/
23.	TK	/						
24.	VL		/	/				/
25.	PL	/		/				
26.	MB	/						/
27.	ŽD	/						
28.	SP	/						
29.	HZ	/						
30.	HV	/						
31.	BT	/						
32.	KP	/						
33.	VI	/						
34.	BD	/						
35.	MJ	/						
36.	TI	/						
37.	TA	/						
Cel- kem studií		16	1	5	3	4	5	9

Tabulka č. 2 Perfuzní SPECT myokardu

- Počet vyšetřených dětských pacientů za období 2002 - 2008

Počet pa- cientů	Jméno	Věk	GZ	GK	NGK	NGZ
1.	MČ	17	+			
2.	DŠ	15	+			
3.	PO	8	+			
4.	MM	17	+	+		
5.	BM1	13	+	+		
6.	KZ	16	+			
7.	LV2	16	+			
8.	KČ	16	+			
9.	KF2	16	+	+		
10.	AJ	14	+			
11.	LE	14	+			
12.	BM2	12	+	+		
13.	JO	14	+	+		
14.	OF	12	+			
15.	MF	9	+			
16.	VL	10	+	+		
17.	MG	9	+	+		
18.	JL	14	+	+		
19.	KF1	10			+	+
20.	LV1	13				+
21.	LP1	10	+	+		
22.	LP2	12	+	+		
23.	DŽ	28	+	+		
24.	BM2	19	+			
25.	PS	8			+	+
26.	ZH	12	+		+	
27.	VH	12			+	+
28.	TB	5			+	
29.	PK	13	+		+	
30.	IV	15			+	+
31.	DB	15	+	+		
32.	JM	12	+		+	
33.	IT	18	+		+	
34.	AT	17	+	+		
35.	KT	15	+	+		
36.	PŠ	7	+		+	
37.	MO	16	+	+		
38.	PK	7	+			
39.	LB	13	+	+		
40.	TK	16	+	+		
41.	LŘ	18	+	+		
Cel- kem studí			35	18	10	5

Tabulka č.3 Statistika perfuzních SPECT studií u dětských pacientů v letech 2002 - 2008

(GZ – hradlovaný perfuzní SPECT myokardu po zátěži, GK - hradlovaný perfuzní SPECT myokardu za klidových podmínek, NGZ – perfuzní SPECT myokardu po zátěži (non gated), NGK - perfuzní SPECT myokardu za klidových podmínek (non gated))

hmot- nost	výška	tělesný povrch	GZ-EF (%)	GK-EF (%)	ECH- EF(%)			
22,5	124	0,889	68,0		60,8			
25	136	0,994	78,0	82,0	60,8			
			Průměr	73,0	82,0	60,8		
			SD	5,0	0,0	3,2		
29	129	1,019	79,0		60,2			
36	143	1,203	69,0	70,0	60,2			
			Průměr	74,0	70,0	60,2		
			SD	5,0	0,0	3,4		
41	152	1,329	73,0		60,1			
45	158	1,422	63,0		60,1			
36	154	1,270	Průměr			75,0	73,0	60,1
			SD			70,3	73,0	3,2
55	177	1,682	72,0		58,8			
51	164	1,541	69,0	71,0	58,8			
55	165	1,598	70,0		58,8			
59	174	1,711	76,0		58,8			
62	185	1,827	73,0	73,0	58,8			
64	180	1,816	66,0		58,8			
57	155	1,551	79,0	73,0	58,8			
66	163	1,712	72,0		58,8			
			Průměr	72,1	72,3	58,8		
			SD	3,5	0,0	3,4		

Tab. č. 4 Srovnání průměrné hodnoty EF metodou GSPECT s normálními hodnotami dle 3D ECHOkardiografie pro jednotlivé velikosti dětí dle tělesného povrchu.

12. Závěr

Perfuzní scintigrafie myokardu je dnes nejvíce používanou metodou nukleární kardiologie. Největší měrou se používá při vyšetřování dospělých pacientů s ischemickou chorobou srdeční. Zde má význam především v diagnostice a rizikové stratifikaci a tím umožňuje zpřesnit způsob terapie. SPECT myokardu při vyšetření dětí je celkem vzácný, má odlišné indikace a je vázán na pracoviště pečující o nemoci srdce u dětí. Vyšetření slouží k ověření regionálního prokrvení myokardu u některých onemocnění kardiovaskulárního systému. V našem souboru jsou nejčastější indikace anormální odstup levé koronární artérie z plicní tepny, transpozice velkých tepen po anatomické korekci, Kawasakiho nemoc, EKG zátěžové změny a bolesti na hrudi. Při vyhodnocení se můžeme setkat s problémy způsobenými malým srdcem pacienta. Normální hodnoty ejekčních frakcí levé komory srdeční stanovené metodou gated SPECT jsou vyšší než 70%. U 3D echokardiografie je normální hodnota průměrně 60%. Vyšší hodnoty EF při použití metody gated SPECT jsou dány malou levou komorou, kdy v důsledku rozptýleného záření dochází k podhodnocení objemu levé komory a abnormálně vysoké hodnotě ejekční frakce.

Radiologický asistent se při SPECT vyšetření myokardu uplatňuje v celém rozsahu od přípravy pacienta, nahrávání dat, kontroly kvality a zpracování studie. Dále musí prokázat dobré komunikační schopnosti. Pokud přichází pacient s obavami a strachem z vyšetření, musí pacienta uklidnit a jeho obavy rozptýlit.

Použitá literatura

1. NAŇKA, Ondřej, ELIŠKOVÁ, Miloslava. *Přehled anatomie*. [s.l.] : [s.n.], 2006. 309 s. ISBN 978-80-246-1216-4.
2. Somatologie 1, Dylevský, Trojan
3. BERNIER R., Donald, CHRISTIAN E., Paul, LANGAN K., James. *Nuclear medicine : Technology and techniques*. [s.l.] : [s.n.], 1997. 309 s.
4. KUPKA, Karel, KUBINYI, Jozef, ŠÁMAL, Martin. *Nukleární medicína*. [s.l.] : [s.n.], 2007. 185 s.
5. KAMÍNEK, M., FIKRLE, A. Vyšetření perfuze a funkce levé komory srdeční jednofotonovou emisní tomografií. *Kardiologické fórum* [online]. KF 2008; 6(3):5-14 [cit. 2009-03-18]. Dostupný z WWW: <http://www.kardiologickeforum.cz/pdf/kf_08_03_02.pdf>.
6. Ústav nukleární medicíny : 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze [online]. 2008 [cit. 2009-03-21]. Dostupný z WWW: <<http://unm.lf1.cuni.cz/vysetreni/1.html>>.
7. BLÁHA, V., et al. *Nukleární medicína*. [s.l.] : [s.n.], 1997. 90 s. ISBN 80-7184-369-5.
8. Česká společnost nukleární medicíny : Radionuklidová diagnostika ischemické choroby srdeční [online]. c1999-2009 [cit. 2009-03-15]. Dostupný z WWW: <http://www.csnm.cz/26/Radionuklidova-diagnostika-ischemicke-choroby-srdecni_33.aspx>.
9. Trojanová H. Přístrojová technika, s.24-34. Zpracování počítačem st..35-48 in: Lang O. et al. *Nukleární kardiologie*. Praha, Galén, 2008.
10. SOP – FN Motol, Klinika nukleární medicíny a endokrinologie
11. Poutanen T., Jokinen E, et al. Left atrial and left ventricular function in healthy children and young adults assessed by three dimensional echocardiography. *Heart* 2003;89:544-549.
12. Kiratli P.O. Assessment of cardiac parameters using gated myocardial perfusion and echocardiography in children. *Cardiol. Young* 2009; 19:53-59.

Seznam příloh

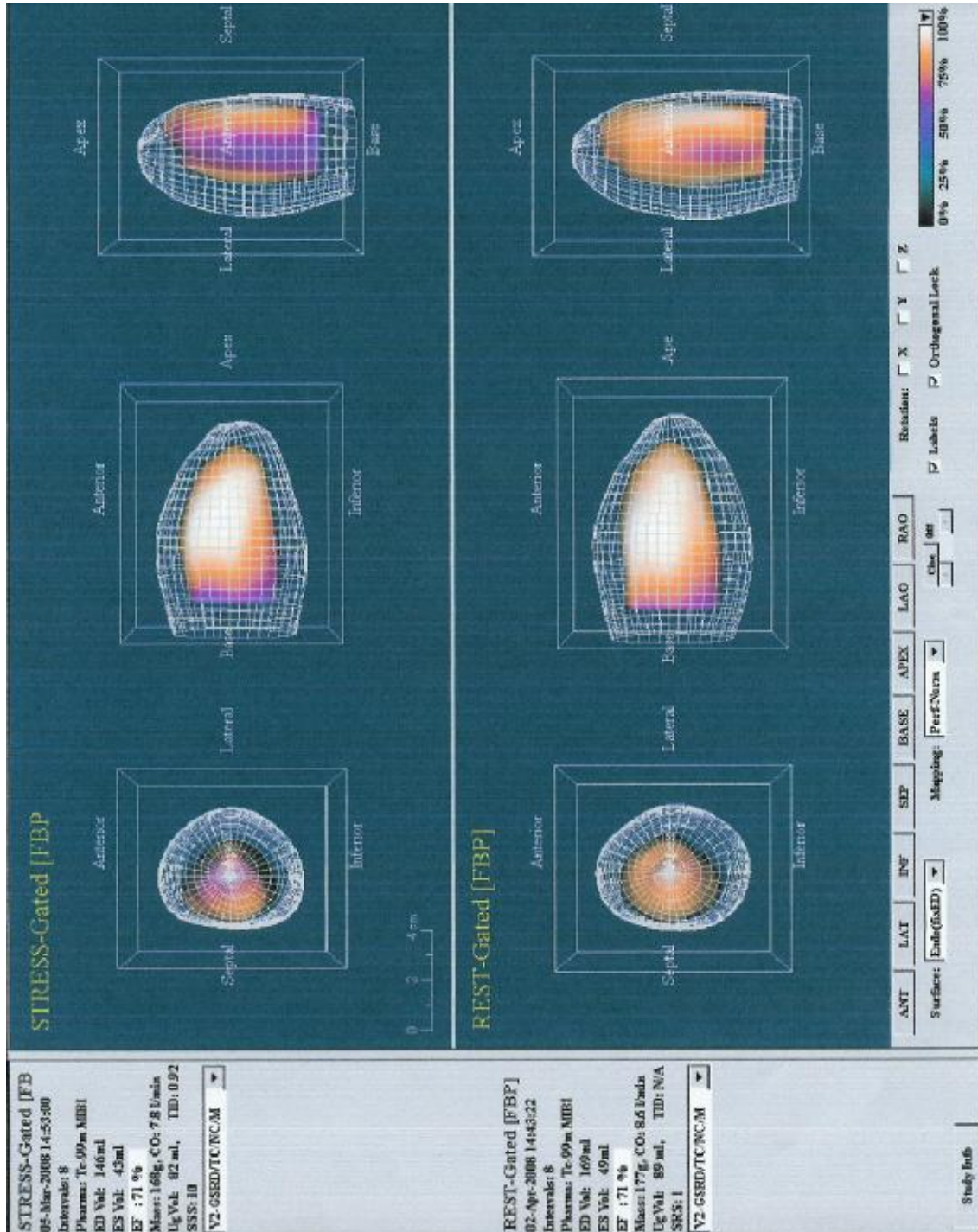
Příloha č. 1 – 14 – gated SPECT 3D zobrazení endokardiálního povrchu v ED a ES za použití programu 4D – MSPECT u dětí vyšetřených v letech 2006 – 2008. Hradlovaný SPECT umožňuje posoudit funkci levé komory – pohyblivost stěn a stanovení objemů včetně ejekční frakce

Příloha č. 15 – tomografické řezy a polární mapy z levé komory srdeční, vyhodnocené za použití programu 4D-MSPECT

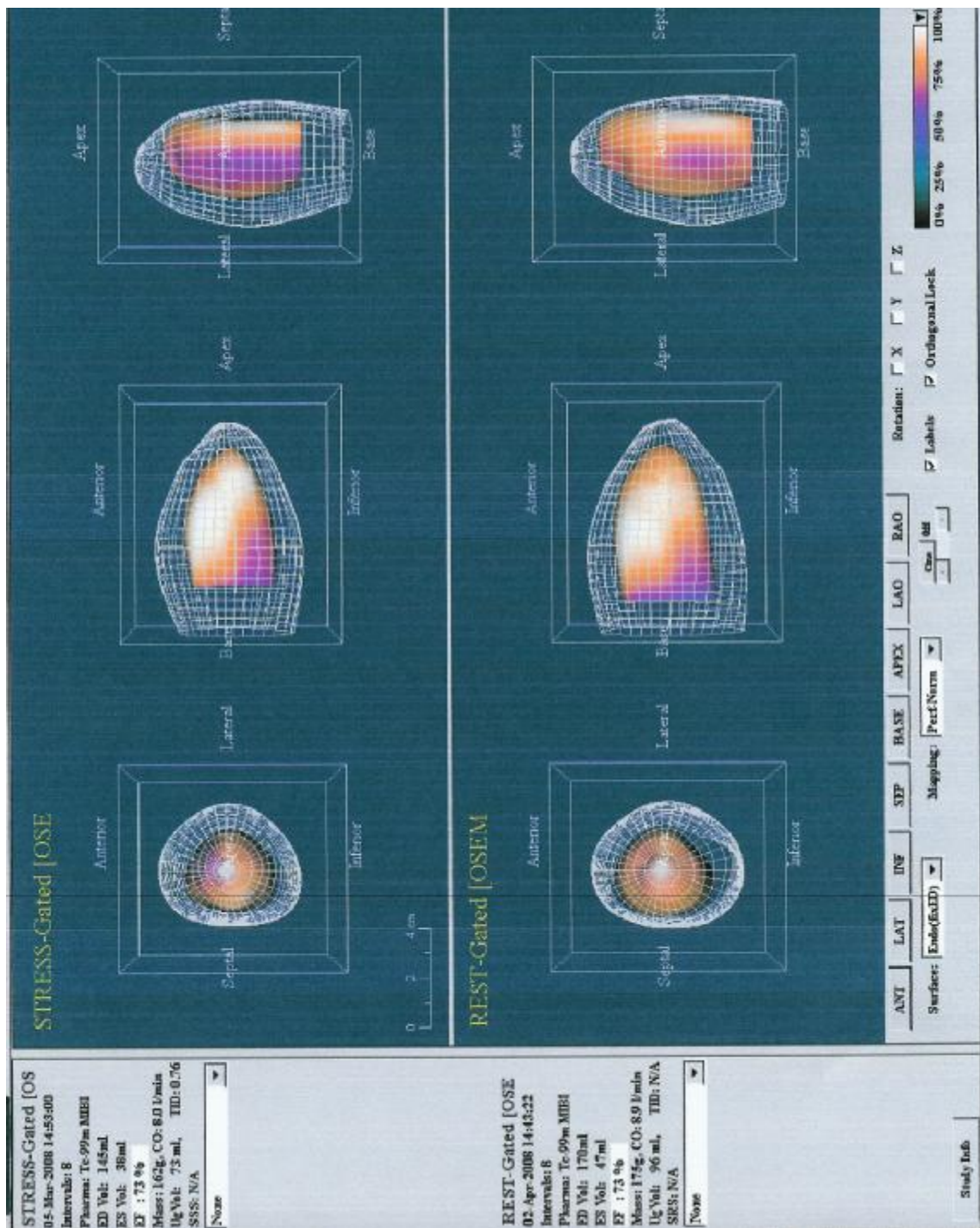
Příloha č. 16 – testy kvality

Přílohy

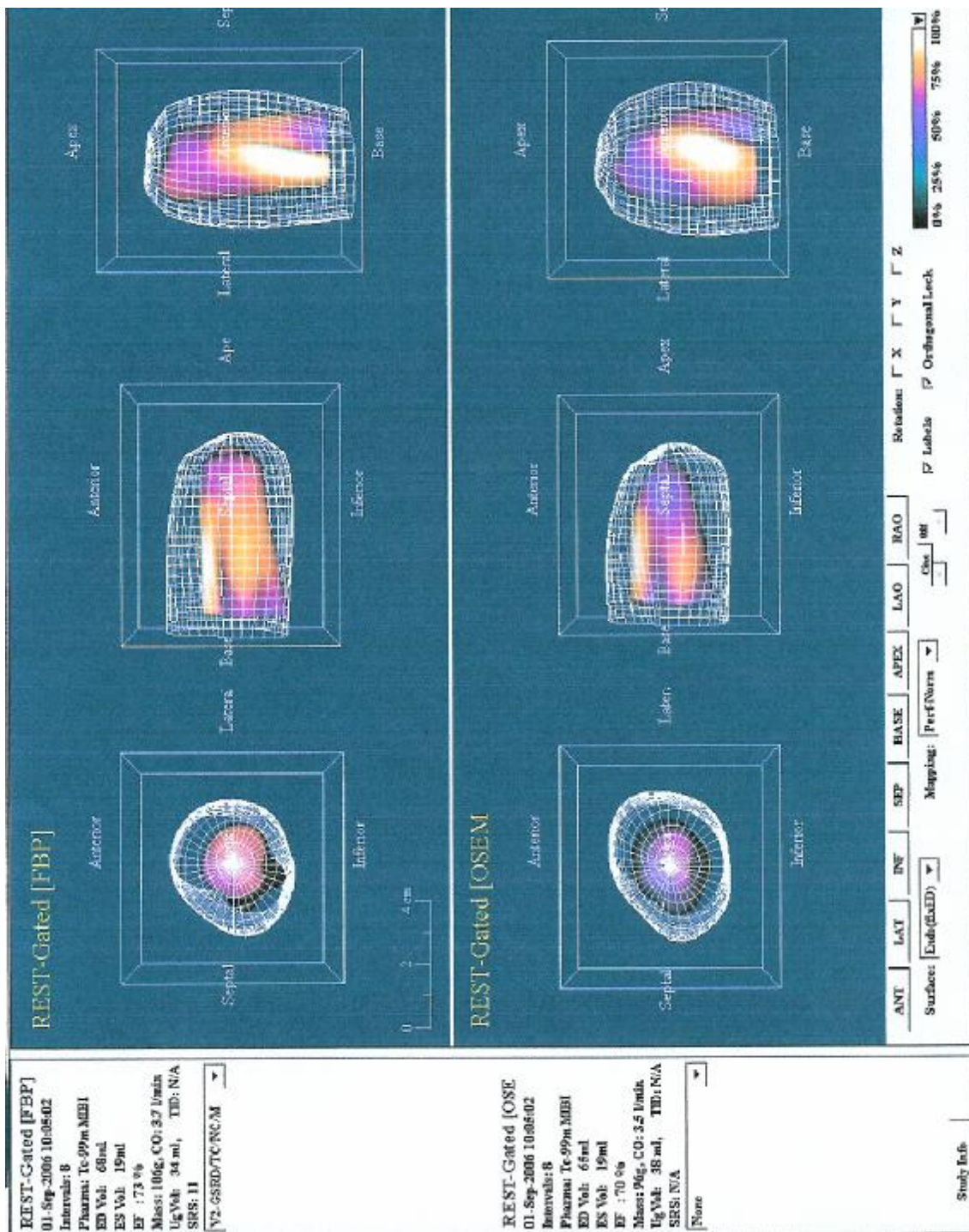
Příloha č. 1



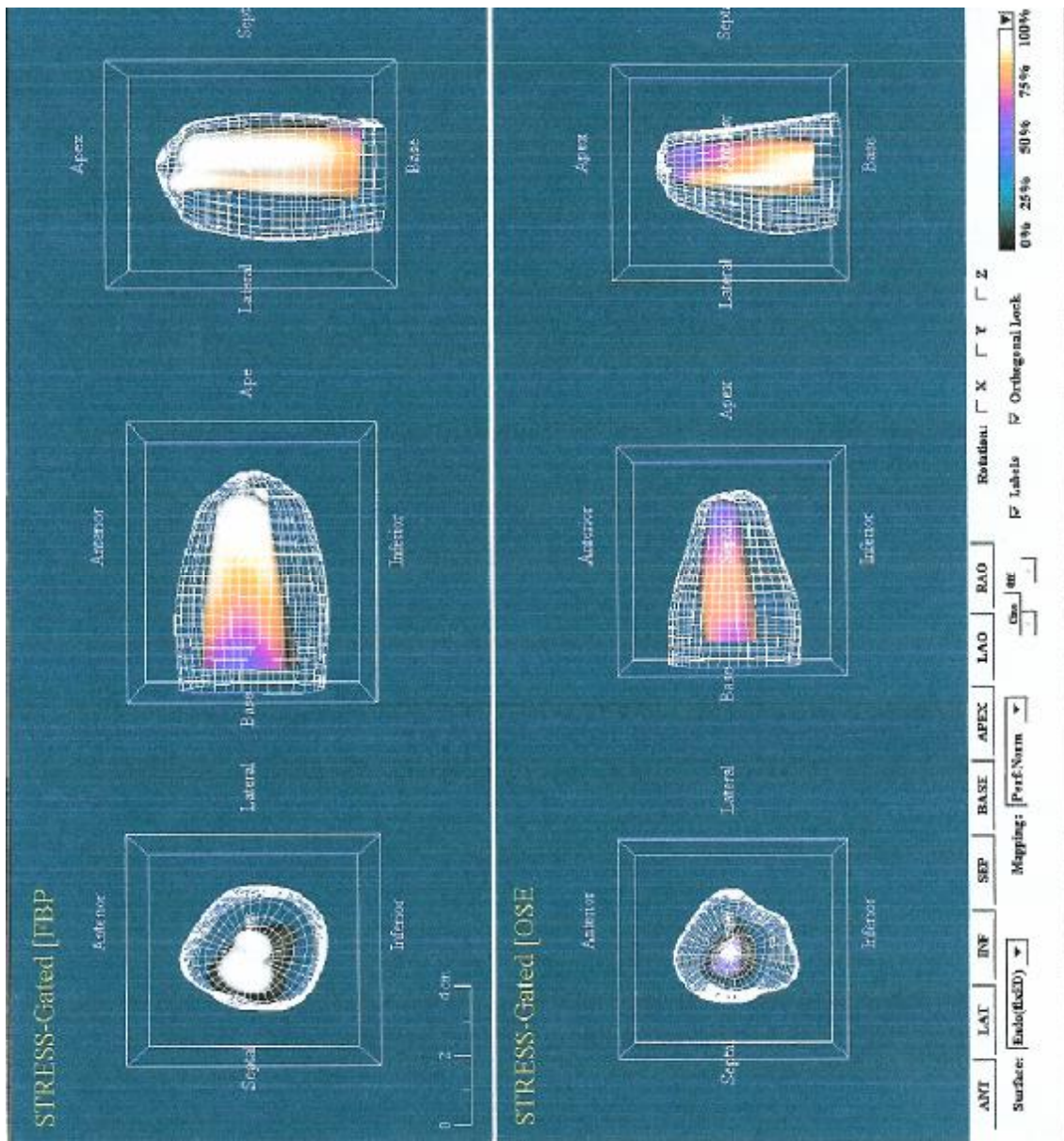
Příloha č. 2



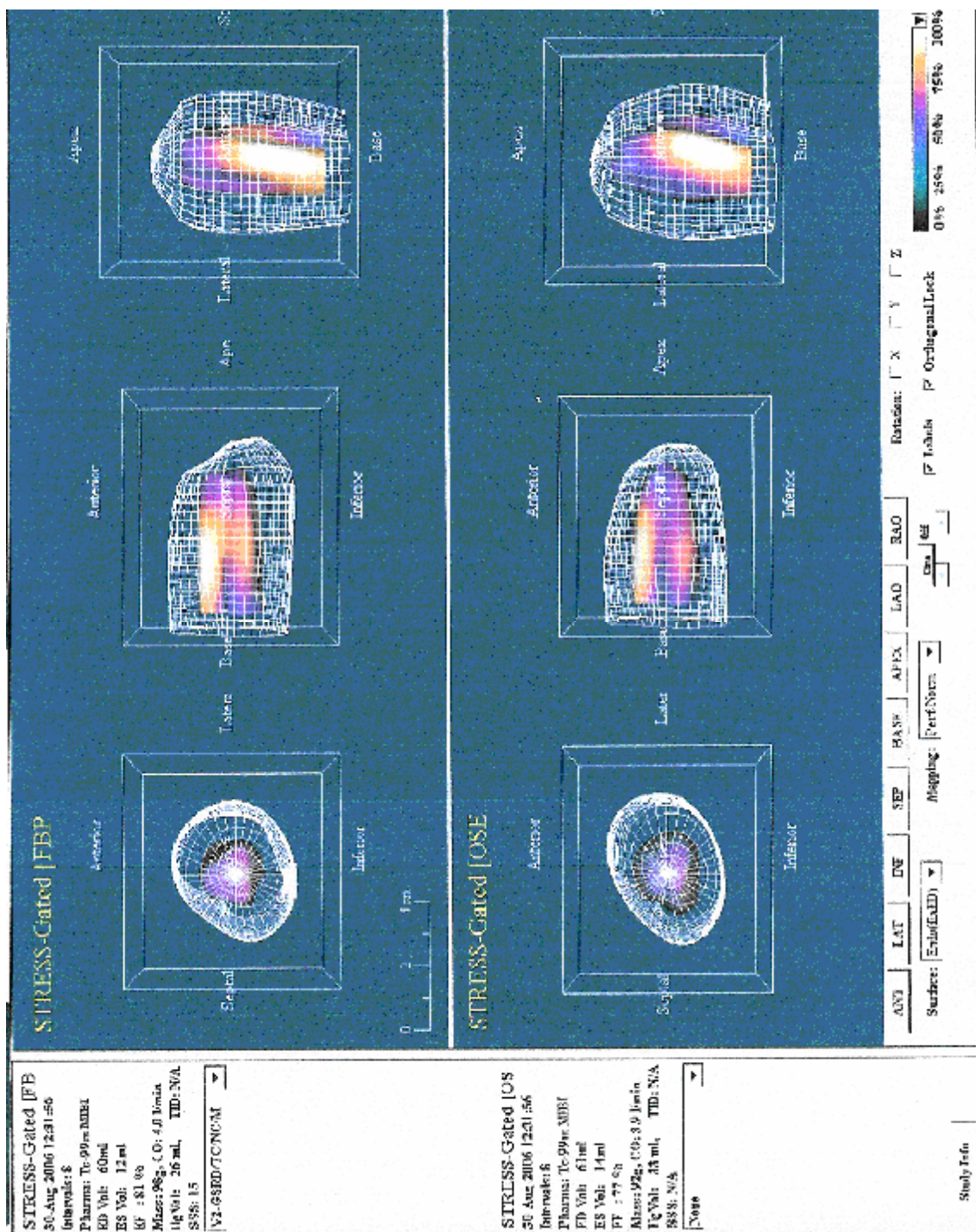
Příloha č. 3



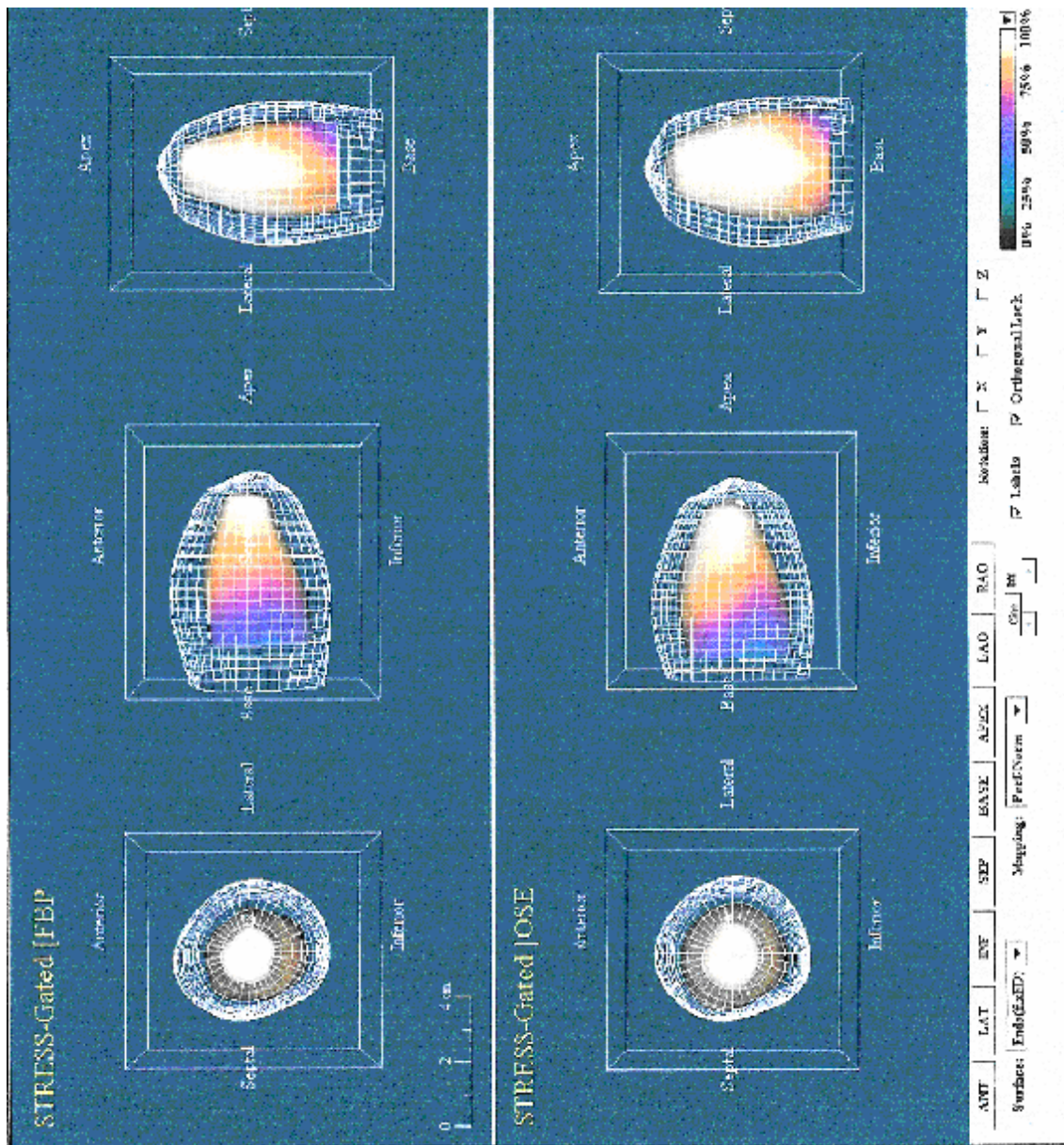
Příloha č. 4



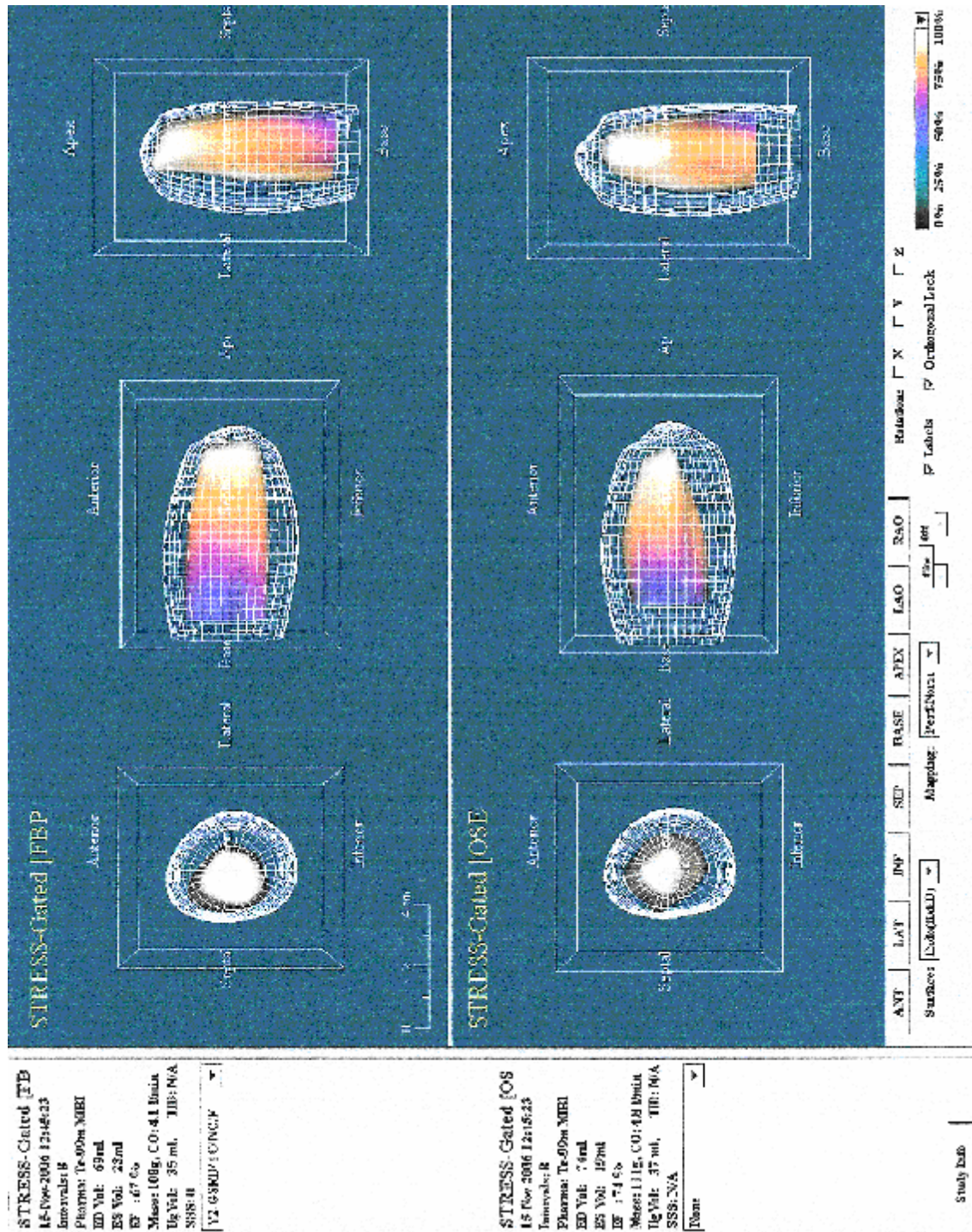
Příloha č. 5



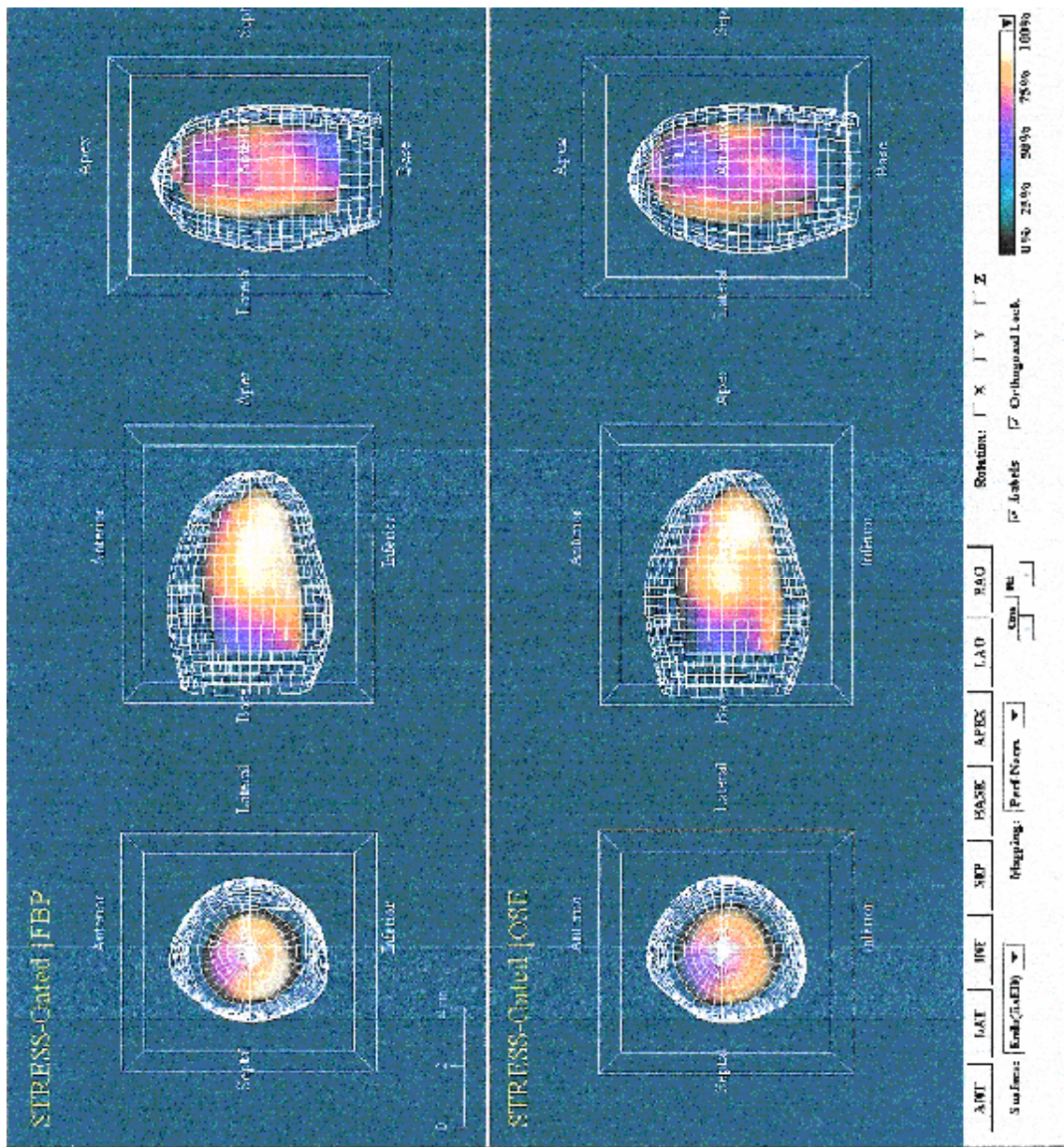
Příloha č. 6



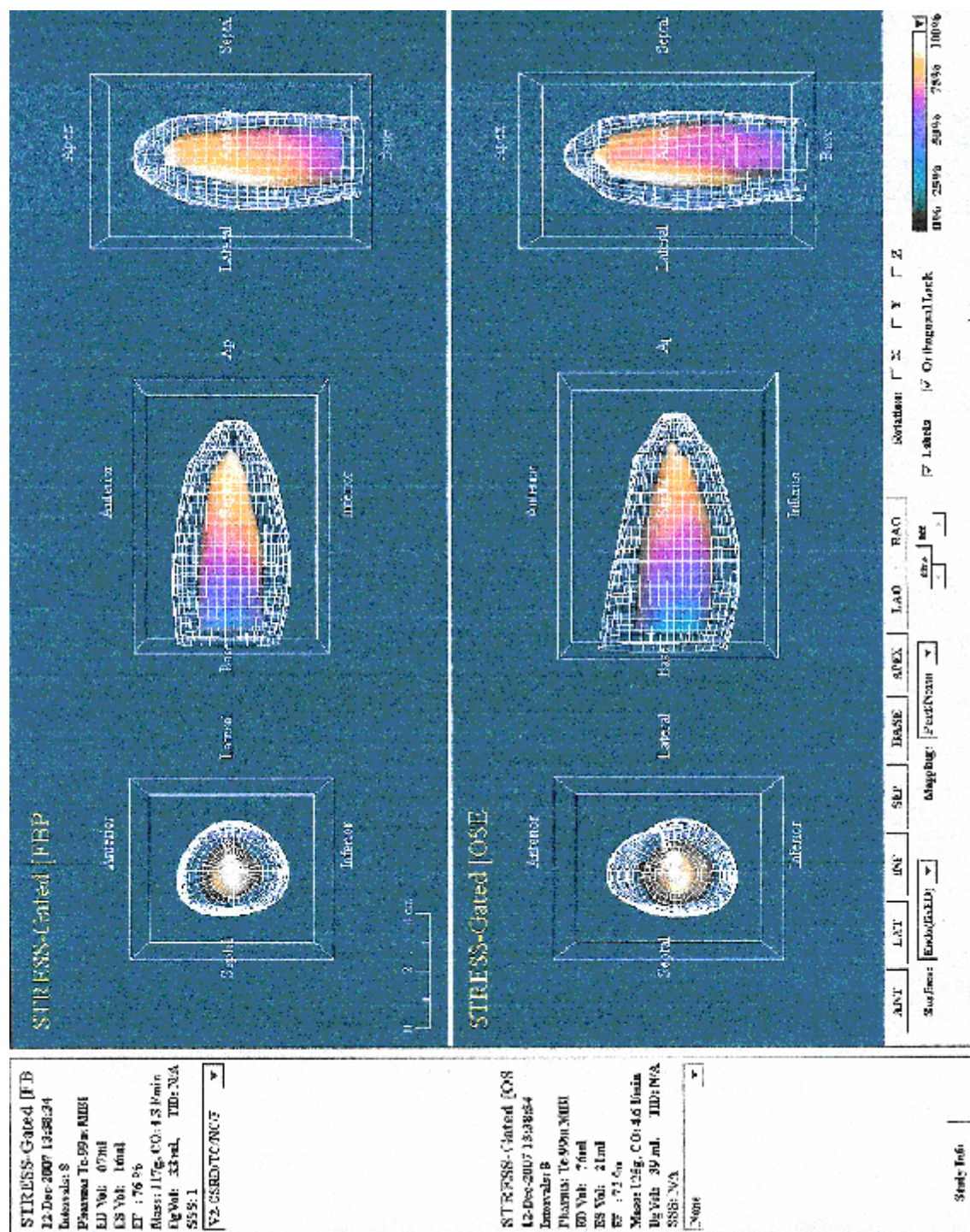
Příloha č. 7



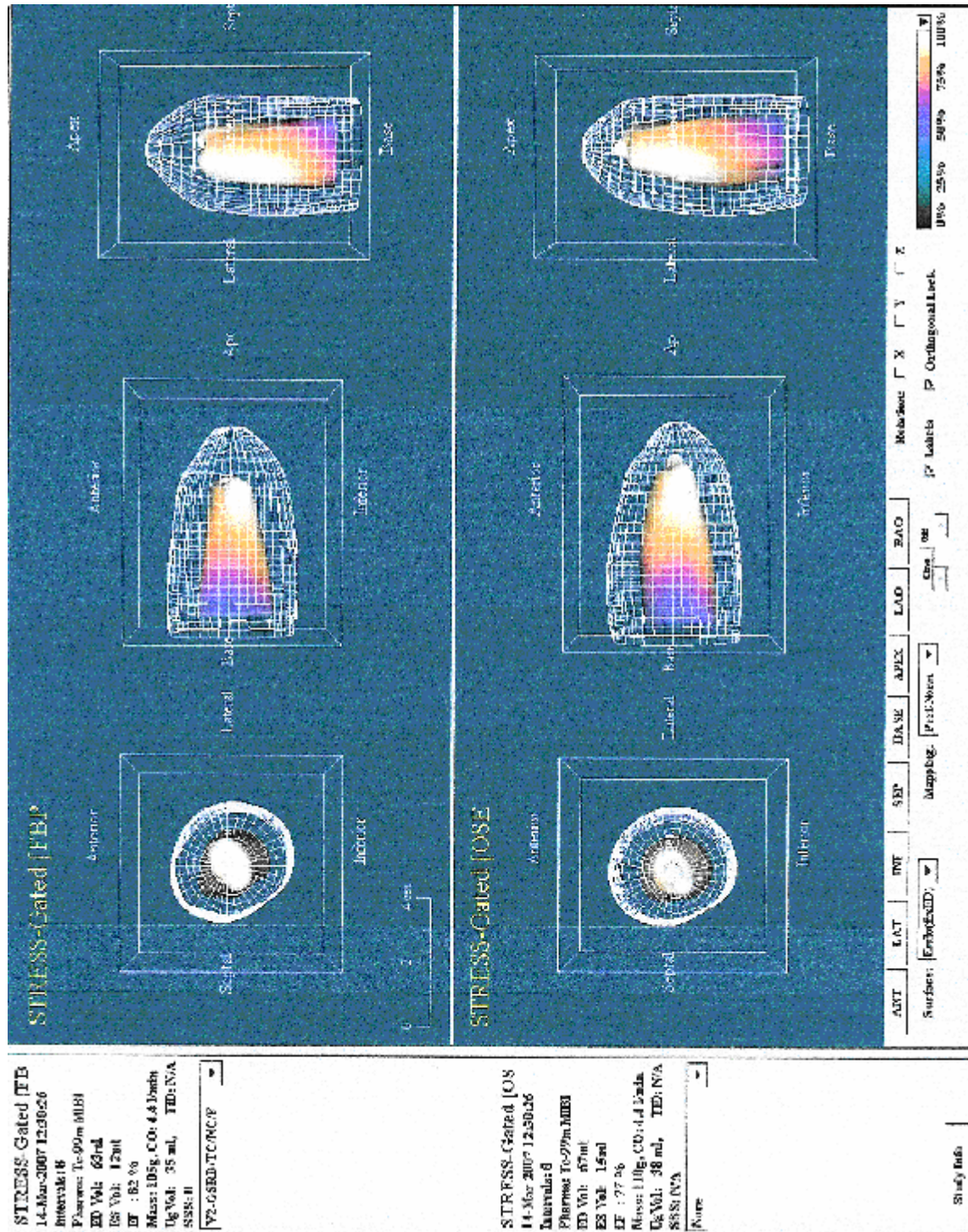
Příloha č. 8



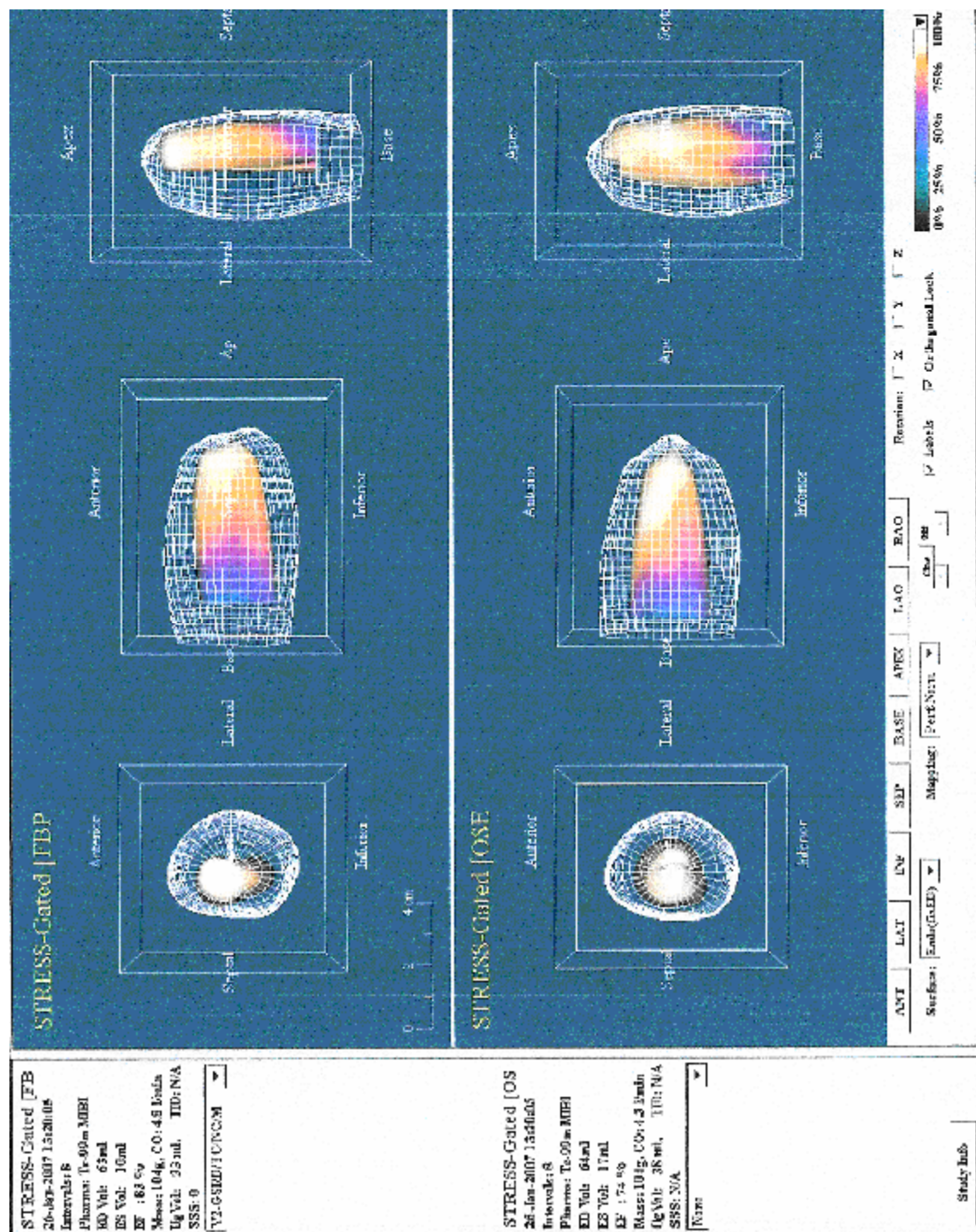
Příloha č. 10



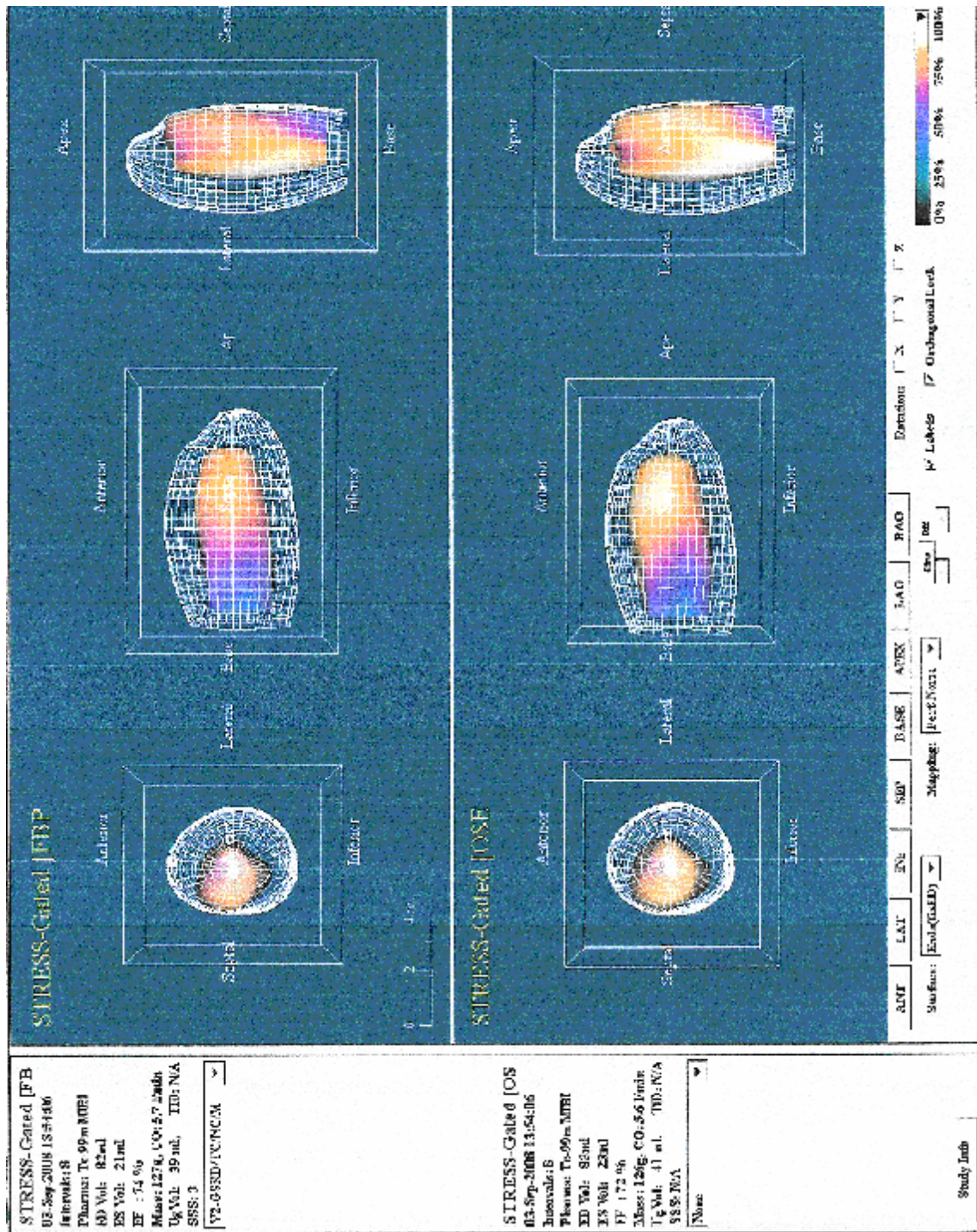
Příloha č. 11



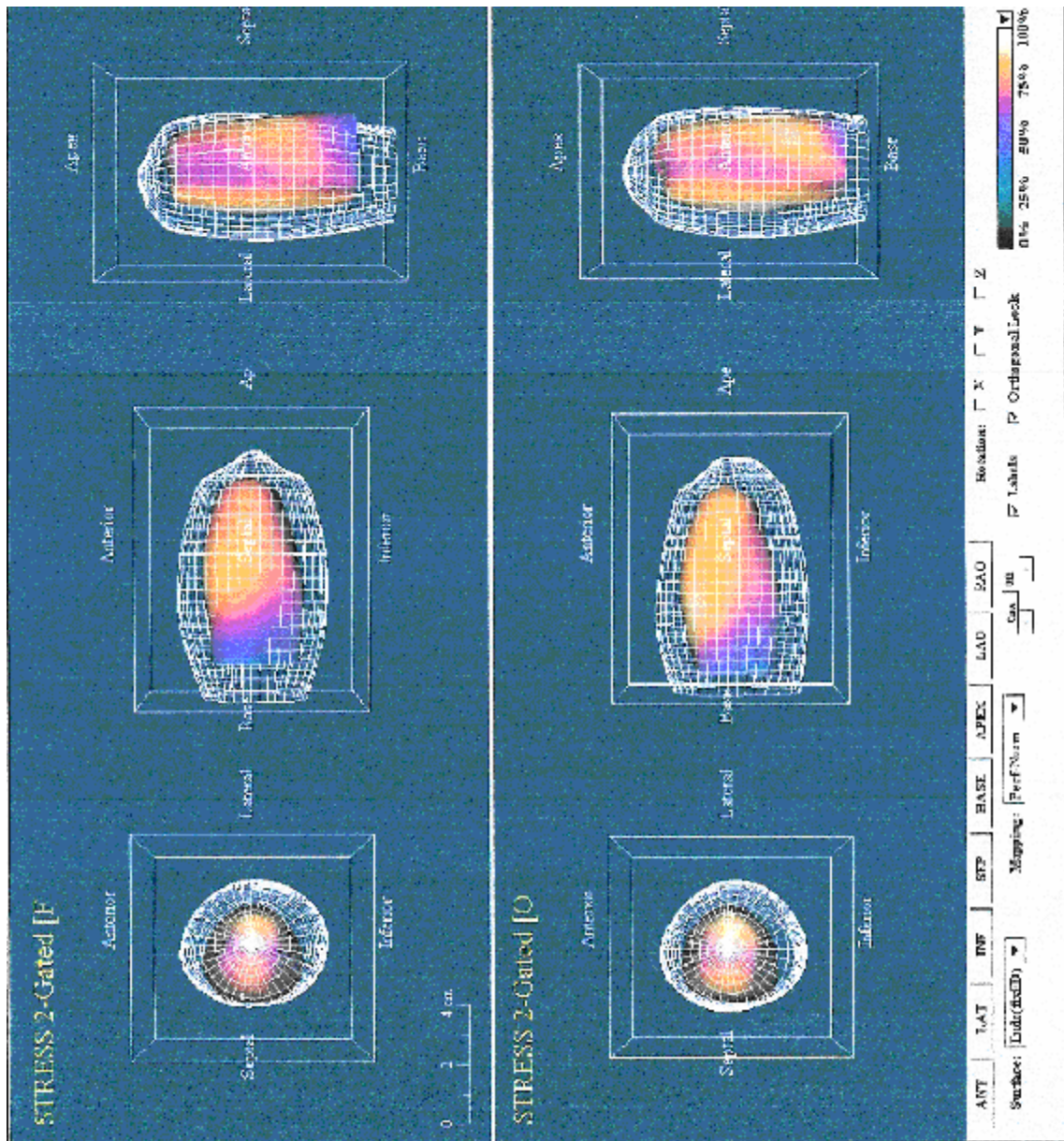
Příloha č. 12

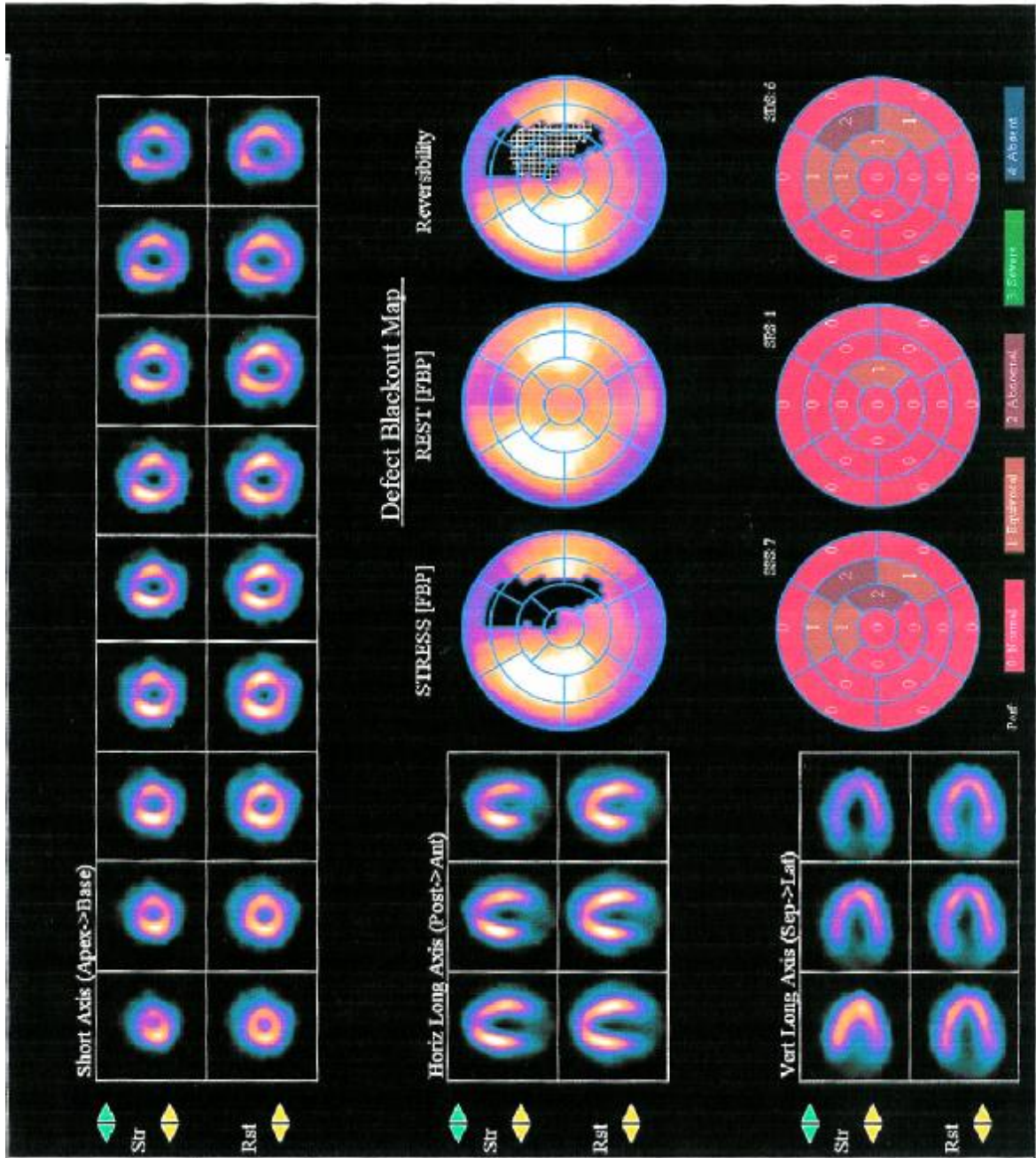


Příloha č. 13

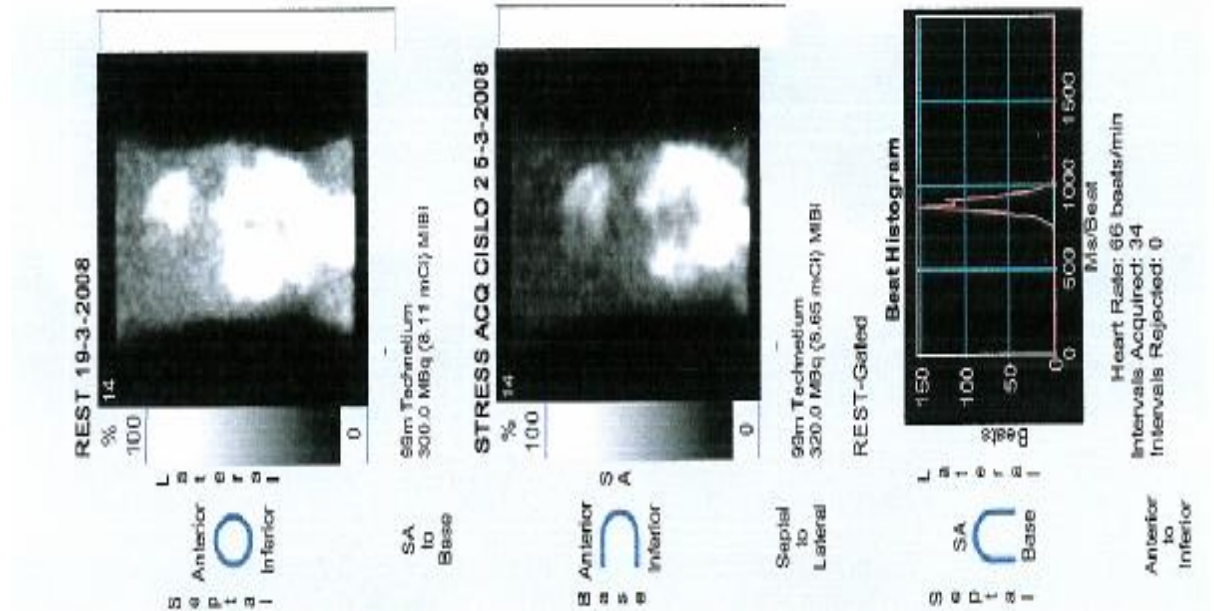


Příloha č. 14





Příloha č. 17



Klíčová slova

Gated SPECT myokardu, děti, ejekční frakce

Keywords

Cardiac gated SPECT, children, ejection fraction