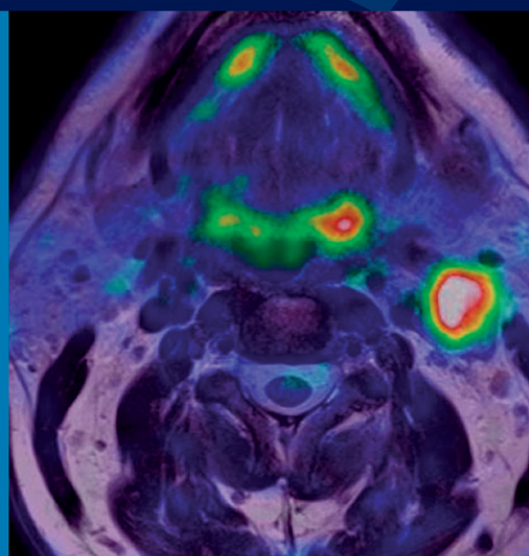
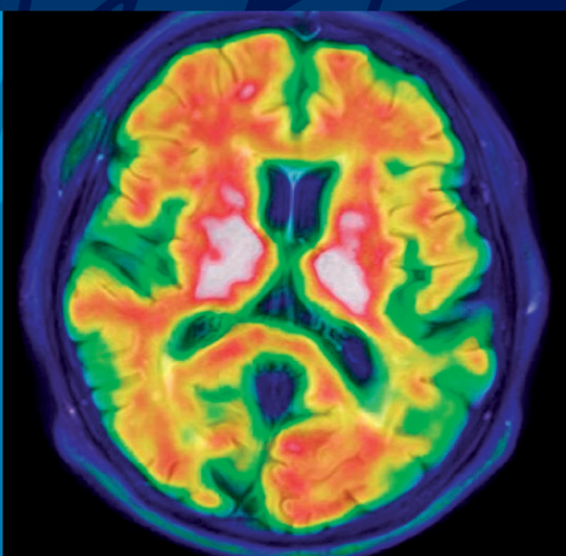


Jiří Ferda et al.

---

# INOVATIVNÍ ZOBRAZOVACÍ METODY

---



GALÉN



**Jiří Ferda et al.**

**INOVATIVNÍ  
ZOBRAZOVACÍ  
METODY**

**GALÉN**

**Hlavní autor a pořadatel:**

prof. MUDr. Jiří Ferda, Ph.D.

Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

**Recenzenti:**

prof. MUDr. Pavel Eliáš, CSc.

Radiologická klinika LF UK a FN, Hradec Králové

doc. MUDr. Marek Mechl, Ph.D., MBA

Radiologická klinika LF MU a FN, Brno-Bohunice

**Jiří Ferda et al.****INOVATIVNÍ ZOBRAZOVACÍ METODY**

Vydalo nakladatelství Galén, Na Popelce 3144/10a, 150 00 Praha 5

Editor nakladatelství Lubomír Houdek

Šéfredaktorka nakladatelství Soňa Dernerová

Odpovědná redaktorka Jarmila Prokešová

Použitá dokumentace z archivu Kliniky zobrazovacích metod LF UK a FN Plzeň

Typografie a sazba Petra Veverková, Galén

Určeno odborné veřejnosti

G 351021

[www.galen.cz](http://www.galen.cz)

Podpořeno projektem Ministerstva zdravotnictví ČR – Koncepční rozvoj výzkumné instituce 00669806 – FN Plzeň – dílčí projekt Inovativní zobrazovací metody a Programem rozvoje vědních oborů Karlovy Univerzity (projekt P36).

Všechna práva vyhrazena.

Tato publikace ani žádná její část nesmějí být reprodukovány, uchovávány v rešeršním systému nebo přenášeny jakýmkoli způsobem (včetně mechanického, elektronického, fotografického či jiného záznamu) bez písemného souhlasu nakladatelství.

Pořadatel, autoři i nakladatel vynaložili značné úsilí, aby informace o léčivech odpovídaly stavu znalostí v době zpracování díla. Nakladatel za ně nenese odpovědnost a doporučuje řídit se údaji o doporučeném dávkování a kontraindikacích uvedenými výrobcí v příbalovém letáku příslušného léčivého přípravku. Týká se to především přípravků vzácněji používaných nebo nově uváděných na trh.

© Galén, 2015

ISBN 978-80-7492-194-0 (PDF)

ISBN 978-80-7492-195-7 (PDF pro čtečky)

# Autorský kolektiv

---

## Hlavní autor a pořadatel:

**prof. MUDr. Jiří Ferda, Ph.D.**

Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

## Autoři:

**prof. MUDr. Boris Kreuzberg, CSc.**

Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

**MUDr. Eva Ferdová**

Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

**MUDr. Jan Baxa, Ph.D.**

Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

**MUDr. Alena Vondráková**

Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

**MUDr. Ing. Radek Tupý**

Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

**MUDr. Jan Kastner**

Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

**MUDr. Hynek Mírka, Ph.D.**

Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

**MUDr. Alexander Malán**

Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

**MUDr. Jaroslav Ludvík**

Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

## Spoluautoři:

**MUDr. Milan Hromádka, Ph.D.**

Kardiologické oddělení FN, Plzeň

**MUDr. Jan Pešek**

Kardiologické oddělení FN, Plzeň

**prof. MUDr. Milan Hora, Ph.D., MBA**

Urologická klinika LF UK a FN, Plzeň

**MUC. Kristýna Bajcurová**

Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

**MUDr. Roman Bosman, Ph.D.**

Emergency, Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny LF UK a FN, Plzeň

**MUDr. Václav Šimánek, Ph.D.**

Traumacentrum FN a Chirurgická klinika LF UK a FN, Plzeň

**MUDr. Petr Zeman, MBA**

Klinika ortopedie a traumatologie pohybového ústrojí LF UK a FN, Plzeň

**MUDr. Eva Korčáková**

Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

**MUDr. Petr Duras**

Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

**MUDr. Karel Houdek, Ph.D.**

Chirurgická klinika LF UK a FN, Plzeň

**prof. MUDr. Jindřich Fínek, Ph.D.**

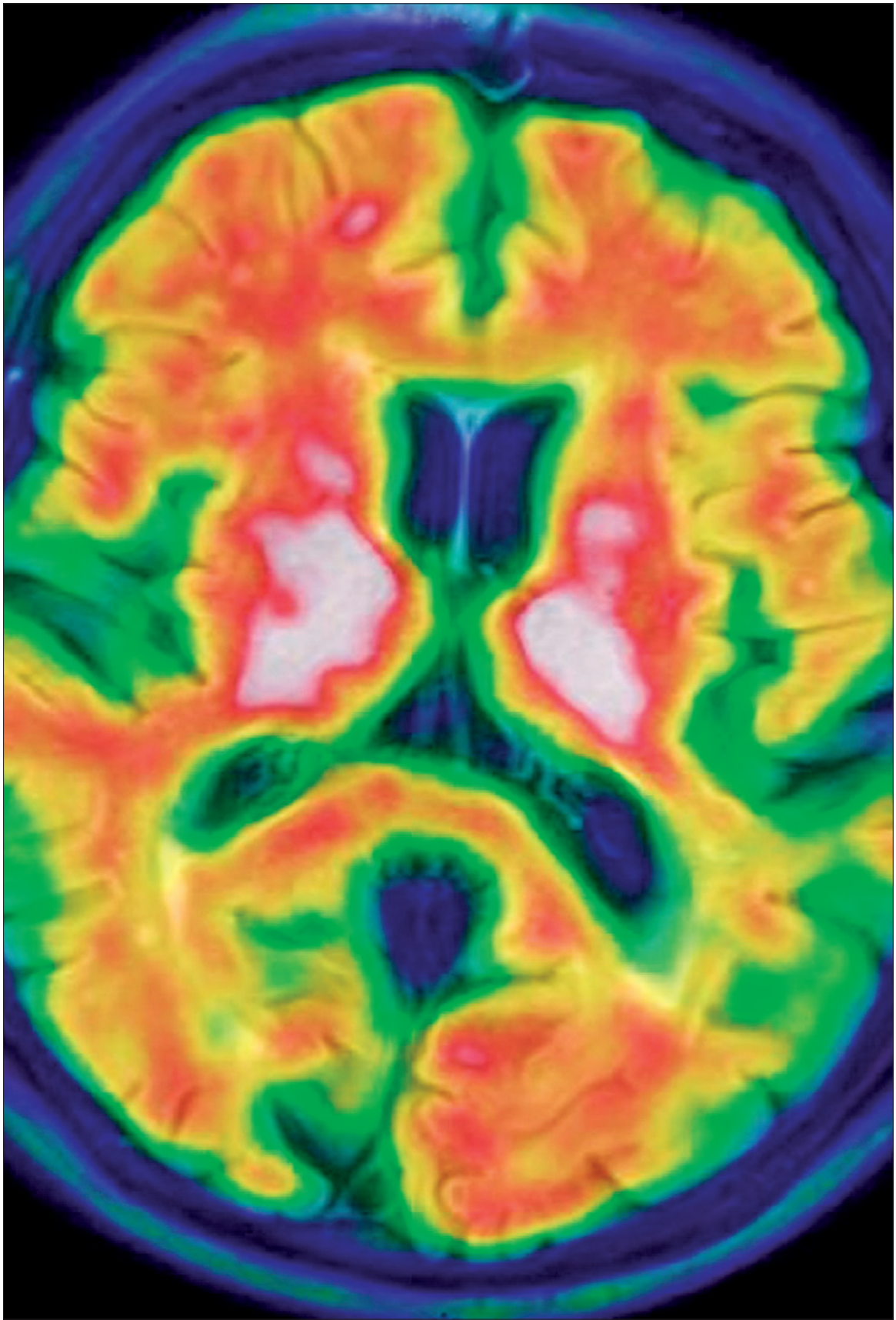
Klinika onkologie a radioterapie LF UK a FN, Plzeň

**prof. MUDr. Vladislav Třeška, DrSc.**

Chirurgická klinika LF UK a FN, Plzeň

**doc. MUDr. Daniel Lysák, Ph.D.**

Hematologicko-onkologické oddělení FN, Plzeň



# Obsah

---

<b>Třicet let vývoje radiologie ve FN Plzeň-Lochotín .....</b>	<b>8</b>
<b>Zobrazovací metody neuroendokrinních nádorů .....</b>	<b>18</b>
<b>Zátěžové perfuzní CT myokardu s aplikací regadenosonu .....</b>	<b>28</b>
<b>Analýza chemického složení močových konkrementů pomocí DECT .....</b>	<b>38</b>
<b>Multiparametrické zobrazení nádorů na 3T magnetické rezonanci.....</b>	<b>50</b>
<b>Hybridní zobrazení PET/MR.....</b>	<b>62</b>
<b>8. dubna 2013, 7:05 – volá Emergency: 40 zraněných na D5 (využití multidetektorové výpočetní tomografie při vyšetřování polytraumat) .....</b>	<b>86</b>
<b>Role 3T magnetické rezonance v zobrazení poranění prvoligových fotbalistů.....</b>	<b>98</b>
<b>Hodnocení efektu endovaskulární léčby aneurysmatu břišní aorty pomocí kontrastní ultrasonografie .....</b>	<b>106</b>
<b>Léčba metastatické kostní nemoci u karcinomu prostaty pomocí <sup>223</sup>Ra .....</b>	<b>114</b>
<b>Využití CT volumetrie jaterního parenchymu po endovaskulární aplikaci kmenových buněk před chirurgickou léčbou jaterních metastáz.....</b>	<b>120</b>
<b>Transarteriální radioembolizace hepatocelulárního karcinomu mikročásticemi s 90-yttriem.....</b>	<b>126</b>
<b>Zkratky .....</b>	<b>139</b>
<b>Souhrn / Summary.....</b>	<b>140</b>

# Třicet let vývoje radiologie ve FN Plzeň-Lochotín

**Boris Kreuzberg, Jiří Ferda**

Idea areálu Fakultní nemocnice Plzeň v Lochotíně vznikala od šedesátých let 20. století, kdy se ukázalo, že prostor areálu Bory nestačí k dalšímu rozvoji moderní zdravotní péče. Stavební práce výstavby prvního komplexu areálu, pavilonu interních oborů, byly prováděny od jara 1979 do první poloviny roku 1985. V dalších etapách byly v letech 2000–2002 otevřeny komplexy operačních sálů, chirurgických oborů a monobloku ambulantně-lůžkového. V roce 2007 byl otevřen komplex gynekologicko-porodnické kliniky a zatím posledním zprovozněným pavilonem je pavilon onkologický, který byl uveden do provozu v roce 2011.

Vývoj radiodiagnostiky v areálu FN Plzeň Lochotín má svoje vlastní mezníky, kterými se staly především instalace přístrojů moderních zobrazovacích technologií – výpočetní tomografie v roce 1985, magnetické rezonance v roce 1995 a hybridního zařízení PET/CT v roce 2005. Instalace přístrojové techniky měla za následek také rozvoj nových vyšetřovacích postupů, které měly významný vliv na diagnostické a léčebné postupy u mnoha klinických diagnóz.

## **První dekáda 1985–1994**

Prvních 10 let radiodiagnostiky v Lochotíně těžilo z instalace tehdy velice progresivního zařízení výpočetní to-



mografie Somatom DRH3 (Siemens Erlangen, Německo). Instalaci předcházela velice dlouhá boj o získání přístroje, který byl vybaven výpočetním systémem, na nějž se vztahovalo embargo vývozu techniky mimo státy NATO. Kromě embarga však stály překážky také na straně tehdejšího politického vedení ČSSR, které aktivně bránilo vybavování nemocnice v zóně válečné destrukce a ve městě, které si svoji pověst pošramotilo úctou k americkým osvoboditelům a místním povstáním proti totalitnímu režimu v době měnové reformy v roce 1953.

V prvním období se rozvíjely především v té době moderní techniky CT vyšetření – zobrazování plic, pankreatu, dynamická sériová vyšetření jater, zobrazení s vysokým rozlišením v oblasti kosti skalní nebo plicního parenchymu. Ze speciálních metodik byla používána aplikace kontrastní látky intratekálně u CT cisternografie a CT myelografie. Prováděny byly i intervenční výkony pod CT kontrolou, zejména biopsie, z nichž převládaly biopsie plicní tkáně, ale zavedeny byly i sklerotizace cyst a punkční biopsie nádorů jater a pankreatu. Vzhledem k možnostem tehdejšího instrumentária převládaly biopsie pro cytologická vyšetření. Spád CT pracoviště v té době byl obrovský, zahrnoval tehdejší Západočeský, Jihočeský kraj a části Severočeského a Středočeského kraje.

V konvenční radiodiagnostice se rozvíjely dvojkontrastní metody zobrazení trávicího ústrojí, vzhledem k přítomnosti gastroenterologického pracoviště, které se zaměřovalo na léčbu Crohnovy choroby, se velice rozvíjela metoda dvojkontrastní enteroklýzy. Z dalších kontrastních metod byly prováděny neuroradiologická vyšetření perimyelografie, peridurografie, ale i angiografická vyšetření mozku. Vzhledem k přítomnosti hematologického pracoviště byla také velice častá vyšetření lymfografická.

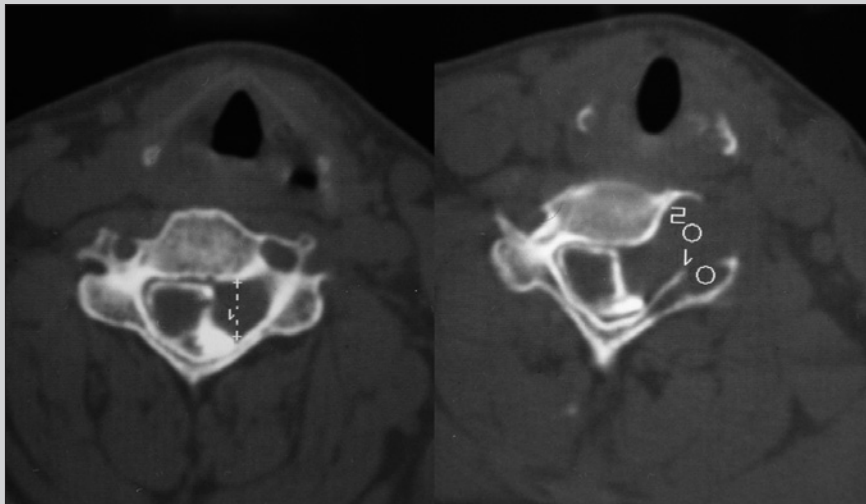
## **Druhá dekáda 1995–2004**

Druhé desetiletí radiodiagnostiky v Lochotíně již bylo co do vývoje mnohem bouřlivější. Rok 1995 byl skutečně přelomovým, bylo vybudováno nové kombinované pracoviště moderních metod výpočetní tomografie a magnetické rezonance. Byly instalovány magnetická rezonance s indukci magnetického pole 0,5T Gyrex 0.5T (Elscont, Haifa, Izrael) a v té době špičkový CT přístroj TWIN II (Elscont, Haifa, Izrael). Tato modelová instalace předznamenala koncepci i dalších budovaných pracovišť v areálu v Lochotíně v roce 2011 v onkologickém pavilonu a při

přestavbě pavilonu molekulárního zobrazování v roce 2015. U magnetické rezonance se opakoval osud CT instalace z roku 1985, obrovský spád. Již od začátku práce na MR byl přikládán význam několika progresivním směrům zobrazování, především šlo o zobrazování nádorů prsu, nádorů rekta, také zobrazování v gynekologii a zobrazování afekcí v oblasti hlavy a krku. Samozřejmě hlavní náplní provozu byly neuroradiologické indikace MR mozku, míchy a páteřního kanálu. Pozornost byla věnována roli magnetické rezonance v diagnostice tumorů měkkých částí (1) meningeálních patologických procesů (2). Na sklonku období ve druhé polovině roku 2004 bylo pracoviště magnetické rezonance po téměř 10 letech obnoveno, a to instalací v té době nejmodernějšího 1,5T systému Magnetom Avanto (Siemens, Erlangen, Německo). Vývoji metodik MR se budeme věnovat v následujícím období.

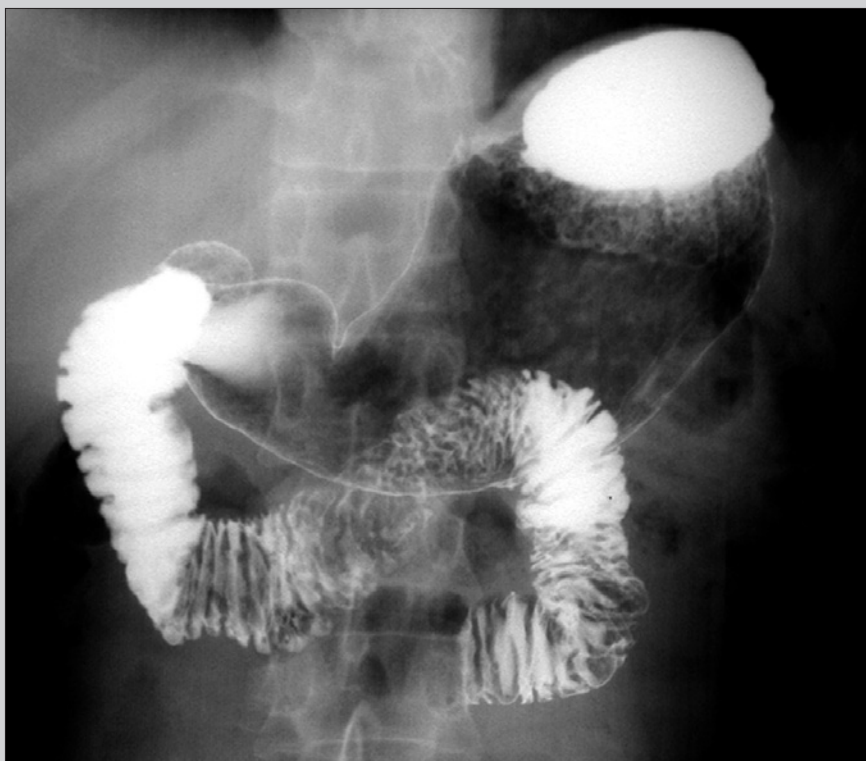
Instalace v té době nejprogresivnějšího CT zařízení se spirální (správněji helikální) akvizicí dat, a to již v té době dvouřadého systému umožnila velice prudký rozvoj nových metod zobrazení. První z nich byly pionýrské kroky na poli CT angiografie, od roku 1995 byla prováděna CT angiografie krčních tepen, mozku, plicnice a aorty. V abdominálních indikacích byla věnována pozornost zobrazování abdominálního desmoidu (3). Systematickou práci ve výpočetní tomografii shrnula monografie Výpočetní tomografie (započalo dvoufázové zobrazování jater a od konce devadesátých let i první pokusy s CT enteroklýzou) vydaná před vstupem multidetektorových CT na scénu radiodiagnostiky (4). Progresivní vývoj CT metodik na pracovišti pak zažil explozi po instalaci v té době revolučního CT systému se šestnácti řadami detektorů Somatom Sensation 16 (Siemens, Forchheim, Německo). Od konce roku 2002 byly prioritně v České republice používány metodiky vyšetření CT angiografie věnčitých tepen, CT angiografie tepen dolních končetin, perfuzní zobrazení mozku, CT enterografie, CT angiografie u nádorů jater a ledvin (5). V roce 2002 bylo zřízeno druhé pracoviště CT v prostoru Emergency zprvu vybavené dvouřadým spirálním CT Somatom Emotion Duo (Siemens, Forchheim, Německo). Významným posunem v diagnostice pomocí CT byl také kompletní přechod na použití neionické kontrastní látky, uskutečněný na CT pracovišti v roce 2002. Jako první v České republice jsme v na CT pracovišti zcela opustili intravenózní aplikaci rizikové ionické kontrastní látky.

Ve druhém období vývoje radiodiagnostiky v Lochotíně došlo k postupnému poklesu až praktickému vymizení některých vyšetřovacích metod z našeho repertoáru. Nej-



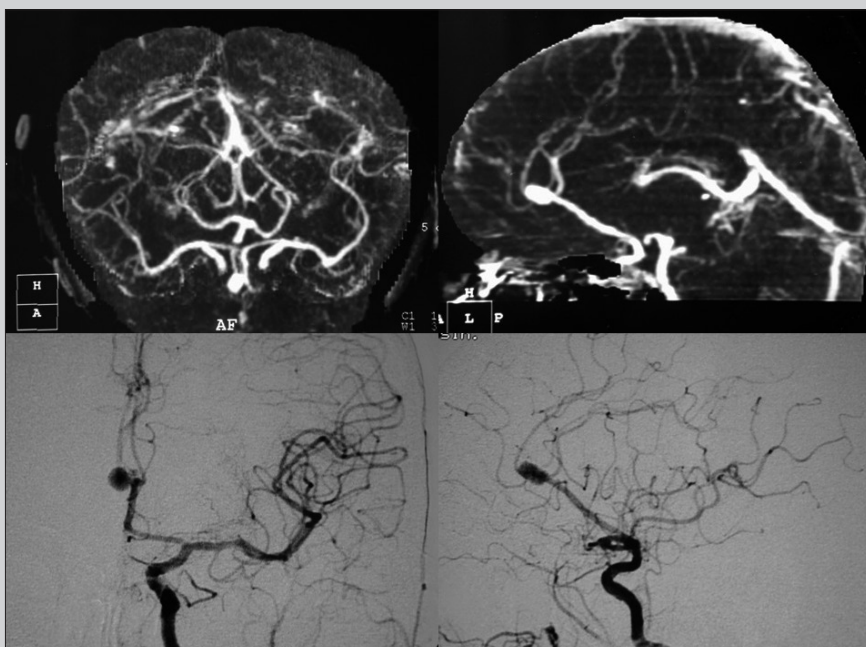
**Obr. 1**

CT myelografie u neurinomu nervového kořene v krč-  
ním úseku páteře – vyšetření z roku 1988



**Obr. 2**

Dvojkontrastní vyšetření žaludku – normální nález,  
vyšetření z roku 1988



**Obr. 3**

CT angiografie aneurysmatu přední komunikanty  
(horní řada obrazů) a karotická arteriografie na DSA  
(dolní řada obrazů), vyšetření z roku 1998

prve byly opuštěny peridurografie a lymfografie, posléze se podstatně redukoval počet perimyografií, až v následujícím období také prakticky jejich indikace vymizely. Druhým mizejícím druhem byla gastrointestinální dvojkontrastní vyšetření, i když od roku 1998 byla na pracovišti sklopná stěna s digitální fluororadiografií. K redukci indikací došlo jednak dalším mohutným vývojem optické flexibilní endoskopie, ale také novými metodami CT zobrazení po roce 2002, jakými byly CT enteroklyza a CT kolonografie s virtuální endoskopií. Díky instalaci mamografu v roce 1997 byly prováděny mamografie, zavedeny biopsie prsu a také vakuová biopsie mamotomem.

Ani vývoj ultrasonografie není bez zajímavosti. Zásadním přínosem k jejímu rozvoji bylo rutinní zapojení dopplerovských zobrazení do diagnostiky, a to jak v diagnostice krčních a periferních tepen a žil, nebo i při hodnocení funkce transplantované ledviny.

V polovině druhého období přibýly do lochtotínského areálu nové obory, především Chirurgická klinika, Anesteziologicko-resuscitační klinika s Emergency, dále Neurochirurgické oddělení, Kardiochirurgické oddělení a Dětská klinika. Příchod nových klinik a oddělení byl podstatným obohacením indikací k vyšetřením, od počátku byl uplatňován interdisciplinární přístup indikací k výkonům intervenční radiologie.

V intervenční radiologii došlo k zásadnímu přelomu instalací digitálního kompletu Integris (Philips, Best, Nizozemí) s digitalizací na principu digitální fluororadiografie. Kromě diagnostických angiografií a intervenčních výkonů na periferních tepnách a dialyzačních píštělích byly zavedeny do rutinního použití i embolizace aneurysmat mozkových tepen pomocí odpoutatelných spirál a také implantace abdominálních bifurkačních stentgraftů a výkony v urgentních situacích.

### **Třetí dekáda 2005–2014**

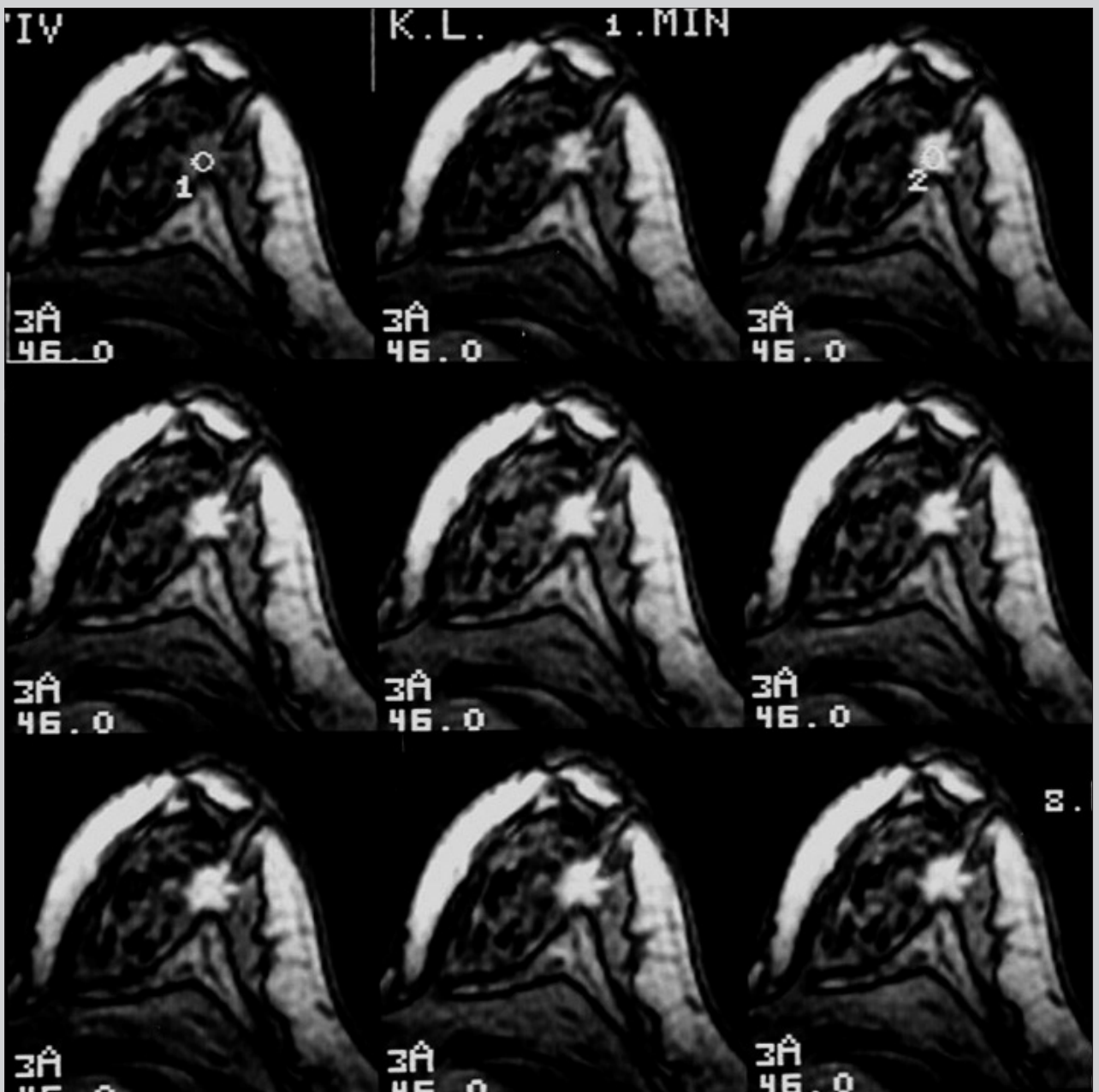
Mezníkem ve vývoji radiodiagnostiky je bezpochyby objevení se hybridních metod zobrazení s rozvojem mezioborové spolupráce s oborem nukleární medicína a také rozvíjející se funkční a molekulární přístup k zobrazení magnetickou rezonancí i výpočetní tomografií a interdisciplinární spolupráce při diagnostice a terapii mnoha onemocnění.

V roce 2005 na podzim byl zahájen provoz prvního PET/CT Biograph 16 HiRez (Siemens, Knoxville, USA) na oddělení nukleární medicíny. Na provozu se od jeho

počátku podíleli zásadním způsobem i pracovníci Radiodiagnostické kliniky. Po 5 letech provozu PET/CT a po instalaci druhého hybridního zařízení SPECT/CT Symbia T6 (Siemens Healthcare, Erlangen, Německo) byla od 1. listopadu 2009 zřízena Klinika zobrazovacích metod (KZM), která vznikla spojením Radiodiagnostické kliniky a Oddělení nukleární medicíny. Od samého počátku práce s PET/CT byl prosazen v té době (tedy celosvětově, dnes v České republice stále) ojedinělý přístup provádění plně diagnostického CT vyšetření v kombinaci s PET záznamy například u horeček nejasné etiologie a orofaciálních nádorů (6, 7). Spojením v KZM se otevřel prostor pro ještě užší spolupráci, došlo k zavedení nových metodik vyšetření PET/CT s rozšířením spektra aplikovaných radiofarmak od  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglukózy na  $^{18}\text{F}$ -fluorothymidin (8),  $^{18}\text{F}$ -natriumfluorid, posléze i na  $^{18}\text{F}$ -FDOPA a  $^{18}\text{F}$ -fluorocholin. Vyšetření byla prováděna i v kombinaci s postupy CT angiografie (9) nebo CT enterografie. Komplexní charakter KZM se projevil nejvíce zavedením radioembolizační terapie mikročásticemi s  $^{90}\text{Y}$  do klinické praxe v roce 2013. Výkon je prováděn na KZM jako na jediném pracovišti v Evropě mimo staré státy EU. Radioembolizace je inovativní postup terapie jaterních nádorů, který vyžaduje těsné logistické provázání diagnostické a intervenční radiologie s pracovišti nukleární medicíny a hybridních metod.

I když nejvýraznějším momentem vývoje radiologie bylo plodné spojení s nukleární medicínou, ve stejném období vývoje radiologie v Lochotíně je třeba zmínit i další momenty – plná digitalizace pracoviště, instalace dvouzdrojového výpočetního tomografu, rekonstrukce pracoviště intervenční radiologie a také vybudování diagnostického komplexu v onkologickém pavilonu.

V logistice radiodiagnostiky je velice významným momentem nejen pořízení dokumentace vyšetření, ale také její archivace a popis vyšetření. Od začátku roku 2005 byl zprovozněn plně digitální PACS (archivační obrazový systém) integrovaný do klinického informačního systému FN Plzeň. Výhodnou plzeňského řešení je interaktivní komunikace s ostatními klinickými moduly, zdroj informací včetně laboratorních a klinických záznamů a jeho otevřenost. K tzv. velkým modalitám, jako jsou CT, MR, PET/CT, které jsou v celém rozsahu archivovány a dostupné od ledna 2005 do současnosti, byly do archivace postupně připojeny i nové přímé digitální systémy radiografie, přímá digitální mamografie a ultrazvuk. Od podzimu 2009 jsou veškeré zobrazovací modalitativy KZM plně digitální, jsou kompletně archivovány a zcela otevřeny pro indikující lékaře. Dalším zlomem v digitalizaci pracoviště



**Obr. 4**

Dynamické zobrazení T1-váženými obrazy u karcinomu prsu – vyšetření z roku 1995



**Obr. 5**

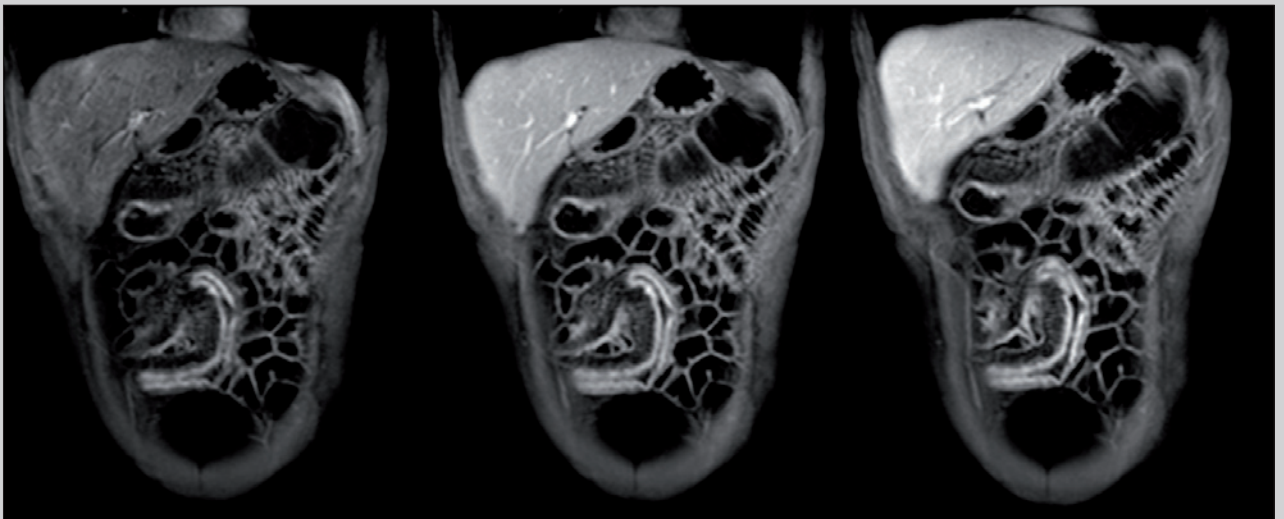
Intervenční terapie bodného poranění břicha s arterioportální píštělí, embolizace pseudoaneurysmatu odpoutatelnými spirálami a následná implantace stentgraftů do horní mezenterické tepny – výkon z roku 2003





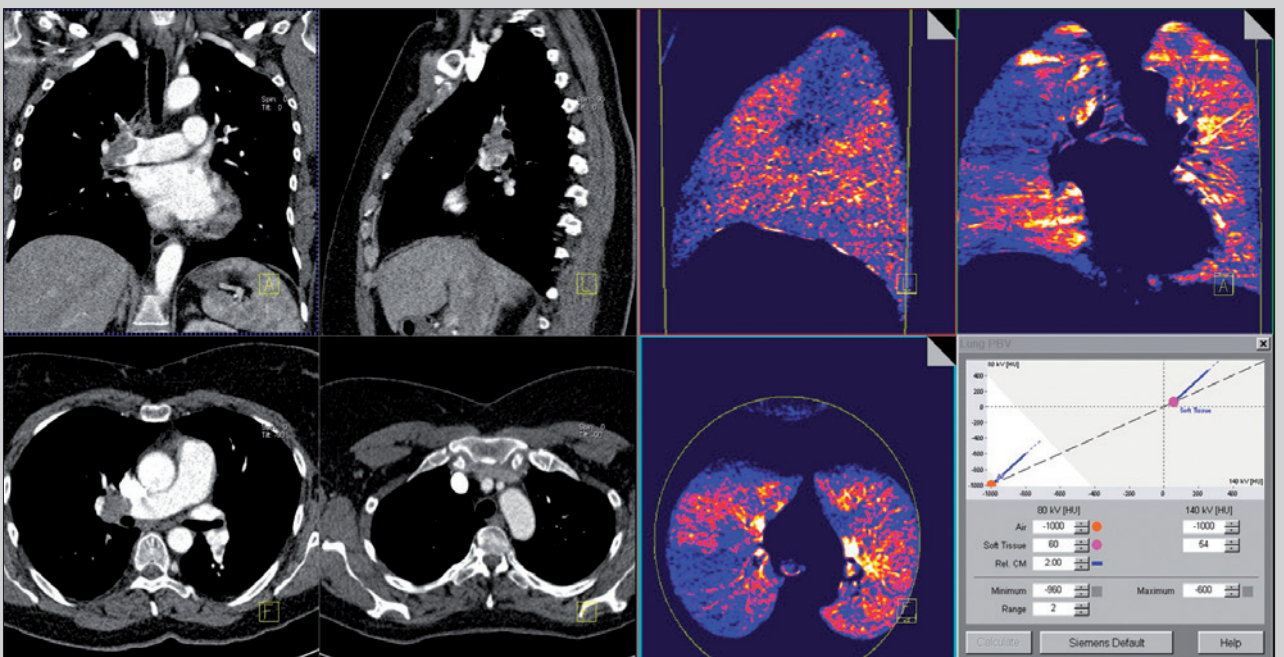
**Obr. 6**

CT angiografie věnčitých tepen na šestnáctiřadém CT – vyšetření z roku 2003



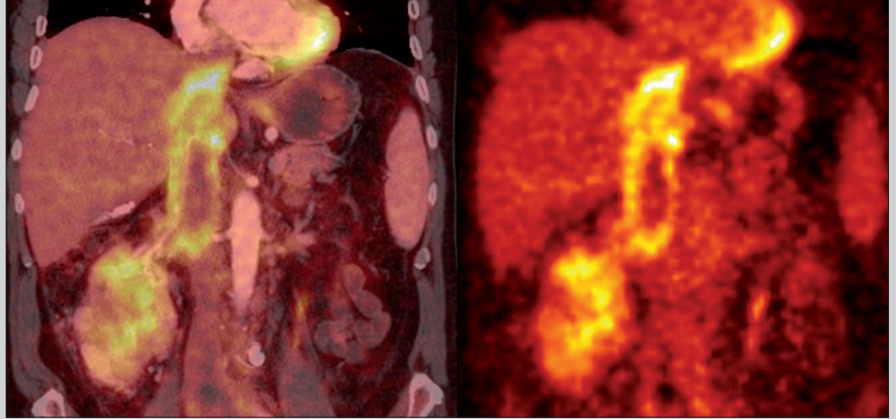
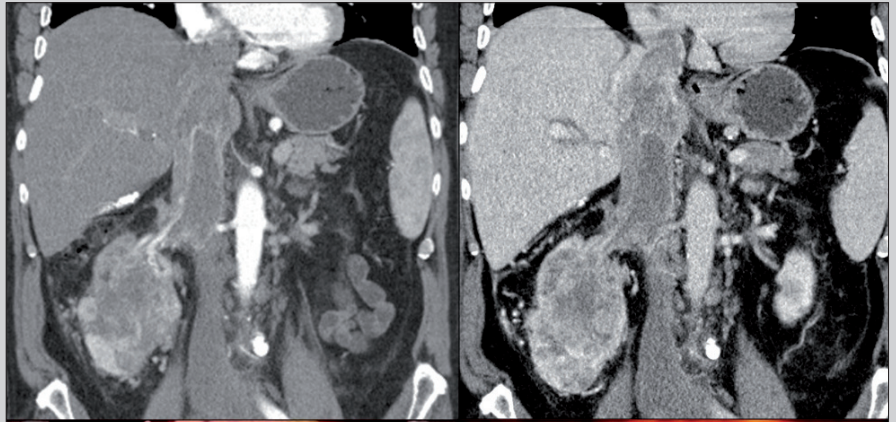
**Obr. 7**

MR enterografie u Crohnovy choroby – dynamické zobrazení po podání kontrastní látky T1-váženými obrazy VIBE, vyšetření z roku 2006



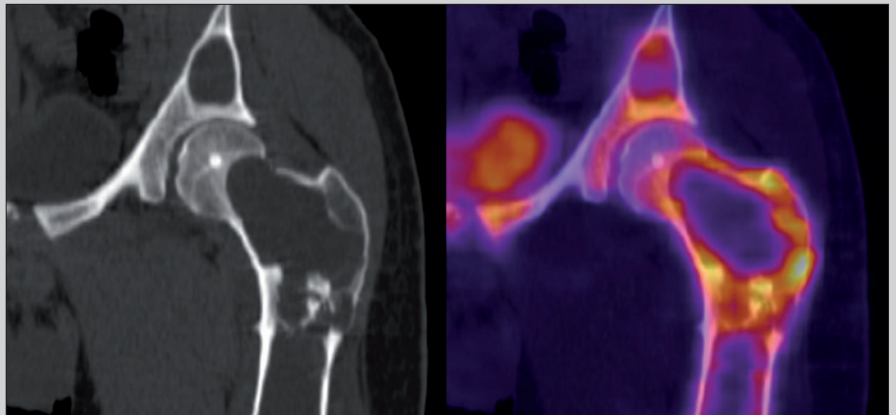
**Obr. 8**

Perfuzní zobrazení plic pomocí DECT u plicní embolizace – vyšetření na dvouřadovém CT z roku 2007



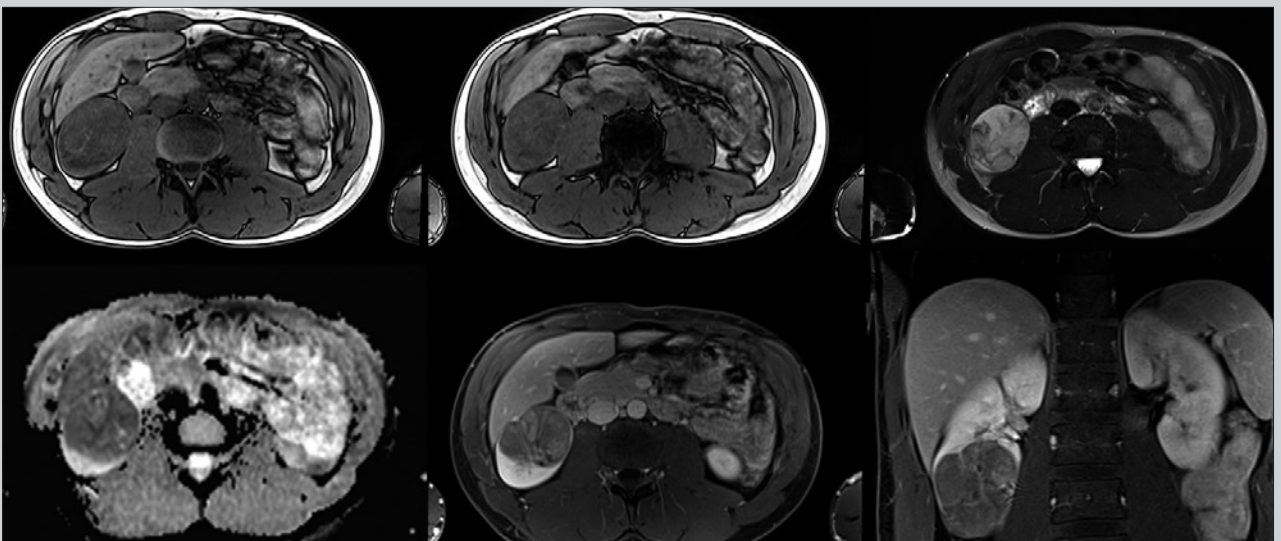
**Obr. 9**

PET/CT s fluorodeoxyglukózou u pokročilého renálního karcinomu s využitím dvoufázové CT angiografie – vyšetření z roku 2009



**Obr. 10**

SPECT/CT s metylendifosfonátem u aneurysmatických kostních cyst femuru a kyčelní kosti – vyšetření z roku 2010



**Obr. 11**

Komplexní zobrazení papilárního karcinomu na 3T MR – vyšetření z roku 2011