

CT nálezy nejčastějších tumorů nadledvin – obrazová esej

CT findings of the most common adrenal tumours – pictorial essay

Filip Čtvrtlík¹, Jakub Čivrný¹, Paulína Szász¹, František Odstrčil², Zbyněk Tüdös¹

¹Radiologická klinika LF UP a FN, Olomouc

²Ústav radiologických metod, Fakulta zdravotnických věd LF UP a FN, Olomouc

Hlavní stanovisko práce

Článek předkládá přehled klinicky významných expanzí nadledvin a popisuje nejnovější trendy v jejich diagnostice pomocí zobrazovacích metod.

SOUHRN

Čtvrtlík F, Čivrný J, Szász P, Odstrčil F, Tüdös Z. CT nálezy nejčastějších tumorů nadledvin – obrazová esej

Autoři v obrazové eseji dokumentují obraz nejčastějších tumorů nadledvin na zobrazovacích metodách se zaměřením na CT nálezy. Nejprve je zmíněn adenom nadledvin, který je nejčastějším patologickým nálezem na nadledvinách a který je většinou nalézán incidentálně a jehož varianta bohatá na tuk má typický obraz na zobrazovacích metodách. Dalším benigním tumorem nadledvin je myelolipom, který má také charakteristický nález na zobrazovacích metodách. Dalším klinicky významným patologickým nálezem na nadledvinách je feochromocytom se znaky na zobrazovacích metodách, které mohou upozornit radiologa na tuto jednotku klinicky se manifestující arteriální hypertenzí. Velmi agresivním tumorem nadledvin je adrenokortikální karcinom s vysokou mortalitou, který bývá na zobrazovacích metodách obvykle větší velikosti. Metastázy jsou projevem generalizace obvykle maligního epiteliálního tumoru mající bohužel na zobrazovacích metodách velmi variabilní obraz i velikost. Odlišení výše uvedených nosologických jednotek je důležité z hlediska dalšího managementu, protože některé z nich nevyžadují terapii ani následné sledování pomocí zobrazovacích metod, a naopak některé vyžadují aktivní terapeutický přístup.

Klíčová slova: adenom, myelolipom, feochromocytom, adrenokortikální karcinom, metastázy, výpočetní tomografie.

Major statement

This paper provides a summary of clinically significant adrenal gland expansions and describes the newest trends in diagnostic imaging.

SUMMARY

Čtvrtlík F, Čivrný J, Szász P, Odstrčil F, Tüdös Z. CT findings of the most common adrenal tumours – pictorial essay

The authors provide a summary of common adrenal gland tumours encountered in radiology, with an emphasis on CT findings. The first to be mentioned is adrenal adenoma, which is the most common pathological finding of adrenals and which is often incidental. Its lipid-rich variant has a typical imaging pattern. Other benign adrenal gland tumours include myelolipoma, which also has typical imaging characteristics, and pheochromocytoma, which may show certain warning CT features, which should draw our attention towards this entity, which often manifests with hypertension. Adrenocortical carcinoma, which has a high case fatality rate and tends to be large, is a very aggressive adrenal gland tumour. Adrenal gland metastases mark the dissemination of carcinoma, which usually has epithelial origin. Unfortunately, metastases have variable characteristics, including their size. The ability to recognise these nosologic entities is important for further management as some of them do not require treatment or follow-up, while, on the contrary, some demand an active therapeutic approach.

Key words: adenoma, myelolipoma, pheochromocytoma, adrenocortical carcinoma, metastases, computed tomography.

Přijato: 1. 8. 2020

Korespondenční adresa:

MUDr. Zbyněk Tüdös, PhD.
Radiologická klinika FN
I. P. Pavlova 6, 779 00 Olomouc
e-mail: zbynek.tudos@fnol.cz

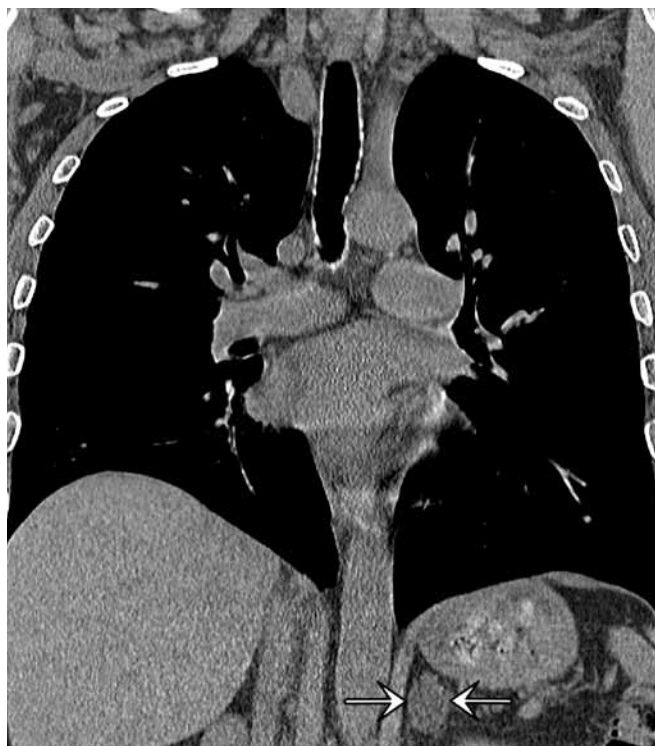
Konflikt zájmů: žádný.

Podpořeno z programového projektu
Ministerstva zdravotnictví ČR reg. č. 17-31847A
a vnitřním grantem Univerzity Palackého
reg. č. IGA_LF_2020_012.

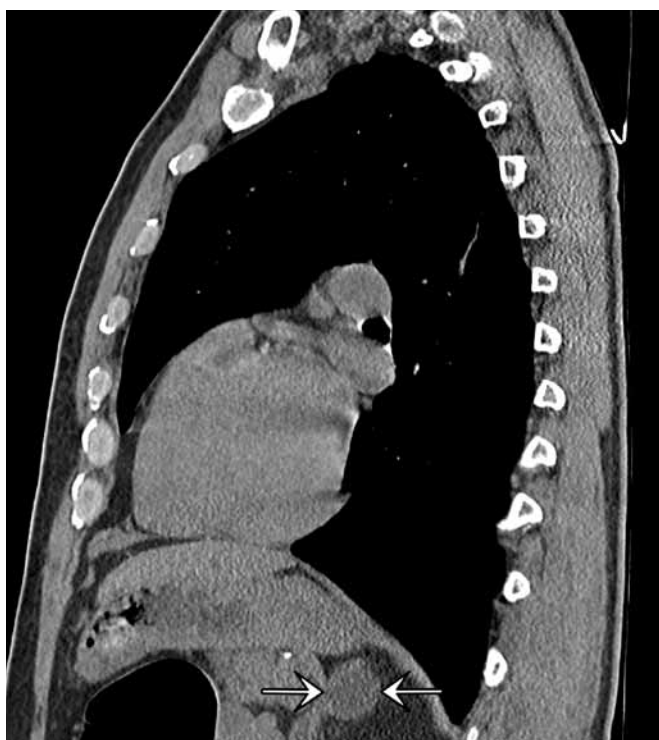
1a



1b



1c



1 Adenom levé nadledviny bohatý na tuk. Na CT skenech je patrná oválná expanze levé nadledviny s nativní denzitou méně než 10 HU odpovídající adenomu bohatému na intracelulární lipidy: (a) v axiální rovině nativně, (b) v koronární rovině nativně a (c) v sagitální rovině nativně.

Left-sided adrenal lipid-rich adenoma. CT shows an oval expansion of the left adrenal gland of low unenhanced density (10 HU). The findings are consistent with a lipid-rich adenoma: (a) axial plane, unenhanced CT, (b) axial plane, enhanced, and (c) coronal plane, unenhanced.

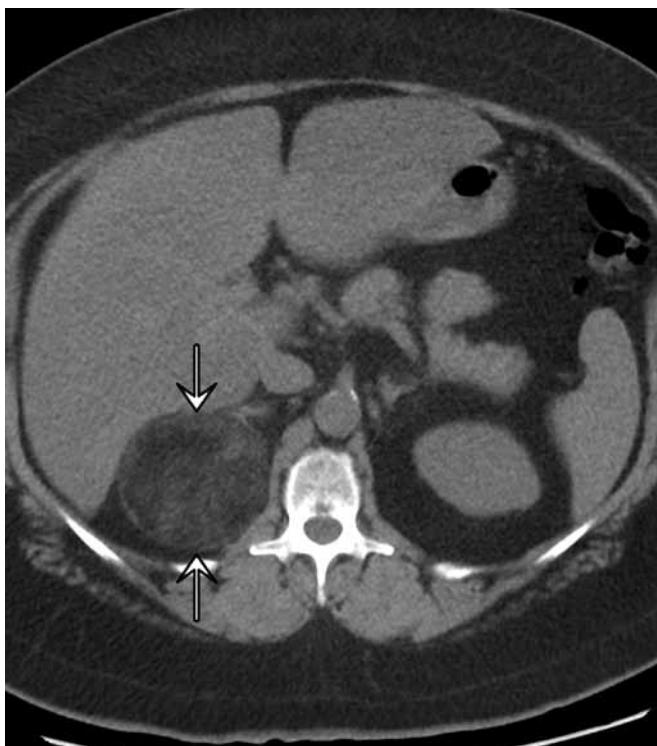
ÚVOD

Při klinickém podezření na onemocnění nadledvin se provádí hormonální vyšetření k odhalení hyperfunkčních syndromů nadledvin a současně i vyšetření zobrazovacími metodami k posouzení charakteru léze na nadledvině. Pro rozhodnutí o další léčebné strategii je nejdůležitější rozlišit klinicky nejvýznamnější patologické nálezy na nadledvinách, kam patří adenom, myelolipom, feochromocytom, adrenokortikální karcinom a metastázy. Hlavním úkolem zobrazovacích metod je na podkladě morfologických charakteristik odlišit benigní léze od lézí vyžadujících aktivní přístup (karcinom, metastázy a feochromocytom). Klíčovou roli zde má CT vyšetření, které umožňuje podle morfologických kritérií nejen rozhodnout, zda jde o benigní proces, ale i přímo vyslovit podezření, o který typ z nejčastějších patologií nadledvin se jedná.

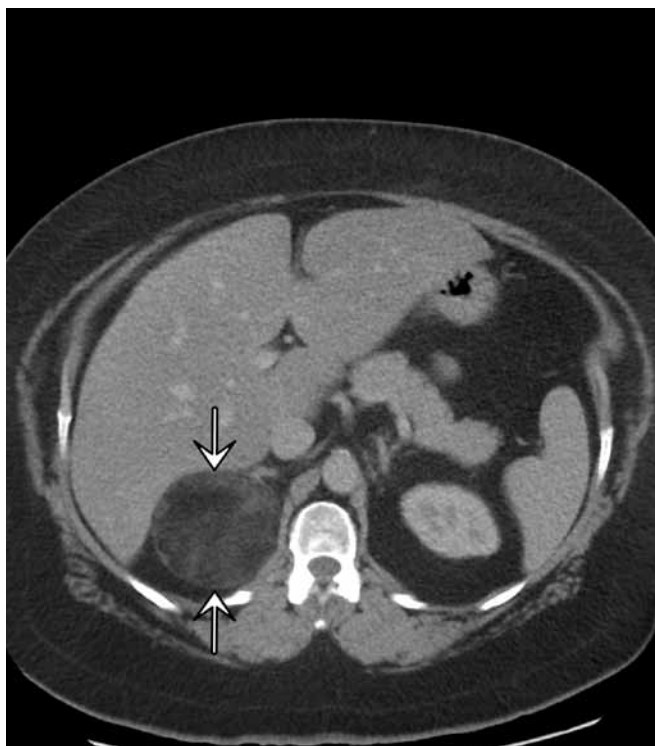
ADENOM

Adenom je nejčastějším tumorem nadledvin. Je benigní povahy. Ve většině případů je nacházen na zobrazovacích metodách incidentálně a nevykazuje hormonální aktivitu. Pokud je

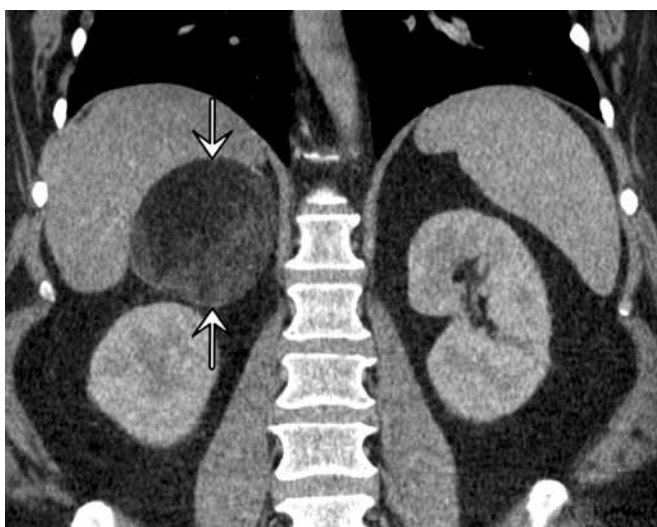
2a



2b



2c



2 Myelolipom pravé nadledviny. Na pravé nadledvině je patrná kulovitá formace s densitou tuku, který má mírně vyšší hodnotu než okolní retroperitoneální tuk odpovídající myelolipomu: (a) v axiální rovině nativně, (b) v axiální rovině po i.v. aplikaci kontrastní látky a (c) koronální rovině po i.v. aplikaci kontrastní látky.

Right-sided adrenal myelolipoma. CT demonstrates a round adrenal mass of low density corresponding to fatty tissue, which is somewhat higher than the density of the surrounding retroperitoneal fat plane. The features are characteristic of a myelolipoma: (a) axial plane, unenhanced, (b) axial plane, enhanced, and (c) coronal plane, enhanced.

hormonálně aktivní, může produkovat kortizol či aldosteron.

Ve srovnání s ostatními patologickými nálezy na nadledvinách je pro něj typická menší velikost, která je při sledování na opakovaných vyšetřeních zobrazovacími metodami ve většině případů stacionární (1, 2). Densita adenomů na nativních skenech je nízká a je podmíněná vyšším obsahem lipidů v cytoplasmě, naopak výskyt lipidů v metastázách, adrenokortikálních karcinomech a feochromocytomech je vzácný (obr. 1). Podle hodnoty nativní denzity lze orientačně rozdělit homogenní útvary v nadledvině na adenomy a ostatní léze – non-adenomy (3). Hodnota nativní denzity 10 HU je považována pro rozlišení mezi adenomy a non-adenomy za zásadní (4–9).

V klinické praxi je velkou výhodou jednoduchost měření průměrné denzity a také fakt, že měření je možné provádět i u vyšetření, která nebyla primárně cílena na nadledviny. Přibližně 30 % adenomů má ovšem densitu přesahující 10 HU. To představuje významný klinický problém, protože nelze s jistotou říci, zda se jedná o adenom chudý na lipidy, nebo jde již o jinou klinicky závažnou patologii nadledvin (3).

Pokud jsou na CT vyšetření k dispozici nativní skeny, lze provést nejen prosté měření nativní denzity, ale i další

metodu detekce tukové složky. Jedná se CT histogramovou analýzu, která představuje slibnou metodu v identifikaci adenomů nadledvin. Díky ní lze na CT skenu v určené oblasti zájmu kvantifikovat počet pixelů s denzitou nižší než 0 HU. Všeobecně se považují léze s 10 a více procenty negativních pixelů za adenomy, i když jejich průměrná denzita přesahuje 10 HU (10, 11). I pro tuto analýzu postačuje nativní vyšetření a je možné ji provádět retrospektivně. Pokud průměrná nativní denzita ani histogram nesplňují kritéria pro adenom, je nutný další diagnostický krok. Na CT je možné provést cílené vyšetření nadledvin. Pro rozlišení na adenomy a non-adenomy mohou pomoci rozdíly v sycení po intravenózní aplikaci kontrastní látky, pokud se při cíleném vyšetření provedou i opožděné skeny k posouzení vyplavování kontrastní látky. Výpočet absolutního či relativního poklesu denzity lze použít k rozlišení adenomů od ostatních histologických skupin. Nevýhodou je nutnost podání jódové kontrastní látky a také nutnost provádět vyšetření nejméně ve dvou, lépe však ve třech fázích, což násobně zvyšuje radiační zátěž. V současné době lze na některých CT přístrojích provádět vyšetření s dvojí energií (Dual-Energy CT) s možností získat virtuální nativní skeny.

MR vyšetření nadledvin představuje vhodnou alternativu tam, kde CT nelze provést. Pomocí ní lze detekovat intracelulární lipidy, které se vyskytují u adenomů bohatých na lipidy. Pomocí MR chemical shift imaging lze tyto adenomy velmi dobře odhalit, protože adenomy vykazují ztrátu signálu na opposed-phase obrazech ve srovnání s in-phase sekvencí (12, 13).

Pokud pacient podstoupí PET/CT vyšetření, nejčastěji PET/CT vyšetření pomocí ^{18}F -fluorodeoxyglukózy (^{18}F FDG PET/CT), většina adenomů toto radiofarmakum neakumuluje. Obecně ^{18}F FDG PET/CT vyšetření má podle metaanalýz vysokou senzitivitu (97 %) i specifitu (91 %) v rozlišení mezi maligní a benigní adrenální lézí (14).

MYELOLIPOM

Myelolipom patří mezi benigní tumory nadledvin. Je tvořený dvěma složkami: tukovou a hematopoetickou tkání. Je hormonálně zcela afunkční. Klinicky je

asymptomatický, pouze objemné myelolipomy se mohou projevovat bolestí nebo způsobit retroperitoneální hemoragii. Myelolipomy rostou velmi pomalu. Nevyžadují žádnou léčbu, pouze větší symptomatické myelolipomy mohou být odstraněny chirurgicky.

Na **CT** vyšetření mají díky obsahu tuku typicky nízkou denzitu, nižší než 0 HU, často méně než –50 HU. Díky přítomnosti hematopoetické tkáně je denzita lehce vyšší než okolní retroperitoneální tuk (obr. 2). V naší předchozí práci jsme prokázali výskyt kalcifikací u 38 % myelolipomů, ve srovnání s ostatními druhy nádorů se jednalo o statisticky významně vyšší výskyt (15). Na **MR** u myelolipomu rovněž dominuje obsah tukové složky. Pro svůj typický obraz je diagnóza myelolipomu definitivní již z nálezů na CT či MR. Při vyšetření ^{18}F -fluorodeoxyglukózou PET/CT myelolipom radiofarmakum neakumuluje.

FEOCHROMOCYTOM

Feochromocytom je neuroendokrinní tumor z chromafinních buněk sympato-adrenálního systému charakterizovaný trvalou nebo paroxysmální hypersekrecí katecholaminů klinicky se mimo jiné projevující arteriální hypertenzí. Nádory chromafinní tkáně vznikající mimo nadledvinu jsou nazývány paragangliomy (16, 17). Feochromocytomy nadledvin tvoří 80–85 % případů. Paragangliomy tvoří 15–20 % případů (17, 18). Odhadovaná prevalence feochromocytomů je 1 : 2500 až 1 : 1650, s ročním výskytem mezi 1000 a 2000 případy (19). Přibližně dvě třetiny feochromocytomů jsou nacházeny incidentálně (20, 21). Přibližně 40 % feochromocytomů vzniká na podkladě mutace v jednom ze známých nádorových genů, ve valné většině se jedná o dědičné mutace, což činí dědičnost feochromocytomů nejvyšší ze všech endokrinních nádorů (16, 19).

V diagnostice feochromocytomu lze využít jednak morfologické zobrazovací metody (US, CT a MR), molekulární zobrazovací metody (scintigrafie a PET) nebo kombinace obojího – fúze morfologických i funkčních metod (SPECT/CT nebo PET/CT). Zobrazovací metody se u klinicky manifestních feochromocytomů provádějí za účelem lokalizace nádoru hned po klinických a biochemických vyšetřeních. Opačný je postup

u feochromocytomu objeveného pomocí zobrazovacích metod incidentálně. V těchto případech klinické a biochemické testy zobrazovací metody následují.

Anatomické zobrazovací metody se obvykle provádějí při klinickém podezření a pozitivních biochemických testech. Jejich úlohou je detekovat a lokalizovat feochromocytomy.

CT je nejčastější zobrazovací metoda používaná při diagnostice feochromocytomů (obr. 3). Ve srovnání s MR je dostupnější, levnější a nabízí lepší prostorové rozlišení. Hlavní nevýhodou CT je ionizující záření.

Kritériem pro rozlišení feochromocytomů od ostatních nejčastějších patologií nadledvin – adenomů, jsou na CT vyšetření velikost a nativní denzita útvaru. Pokud srovnáváme feochromocytom s adenomy, bývá feochromocytom větší velikosti (22). Nejdůležitějším znakem v rozlišení feochromocytomů od adenomů je fakt, že feochromocytom na rozdíl od adenomu má na nativním CT vyšetření vždy vyšší denzitu než 10 HU. To je u feochromocytomu podmíněno absencí intracytoplazmatických lipidů obdobně jako v metastázách a adrenokortikálních karcinomech (3). Pro rozlišení feochromocytomů od adenomů mohou pomoci rozdíly v sycení po intravenózní aplikaci kontrastní látky, kdy po aplikaci kontrastní látky lze provést opožděné skeny k posouzení vyplavování kontrastní látky. Potom lze vypočítat absolutní či relativní pokles denzity, který ukazuje rychlost vyplavení kontrastní látky. Feochromocytomy obvykle vykazují pomalé vyplavení k.l. ve srovnání s adenomy, u nichž je vyplavení k.l. rychlejší (23–26). Část feochromocytomů bohužel vykazuje překryv v relativním či absolutním washoutu ve srovnání s adenomy (27, 28). Současně obdobně jako na nativním vyšetření nelze při washout testu rozlišit od sebe feochromocytom, karcinom nadledviny a metastázy navzájem (25). V diferenciální diagnostice těchto tří možností může pomoci anamnéza (pozitivní onkologická anamnéza favorizující metastázy), klinické projevy (arteriální hypertenze favorizující feochromocytomy) a biochemická analýza (přítomnost metanefrinů a normetanefrinů favorizující feochromocytomy). Byl vyvrácen dříve přetrvávající mylný názor o možnosti vyvolání hypertenzní krize po aplikaci jódové kontrastní látky (29).

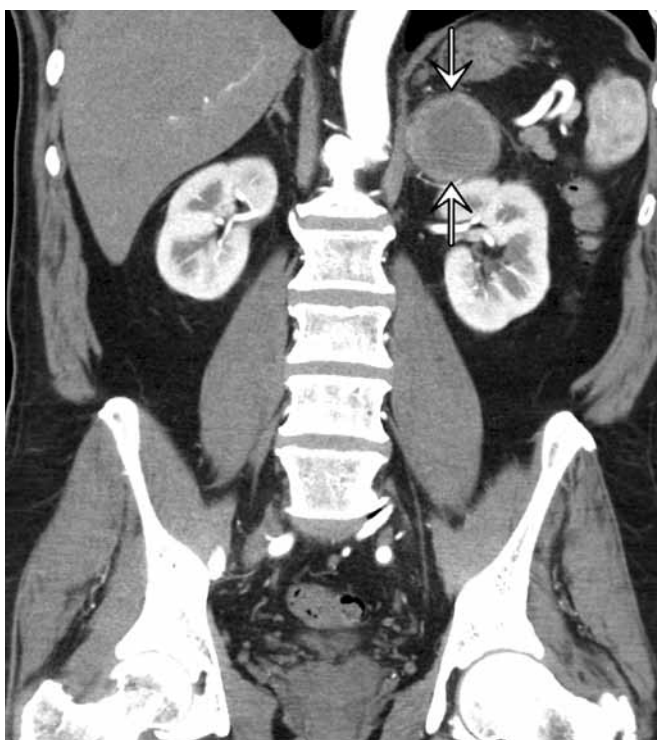
3a



3b



3c



3 Feochromocytom levé nadledviny. Z levé nadledviny vychází kulovitá formace, u níž se po aplikaci k.l. zvýraznila centrální nekróza a periferní vitální sytící se lem, která odpovídá feochromocytomu: (a) v axiální rovině nativně, (b) v axiální rovině po i.v. aplikaci kontrastní látky a (c) koronální rovině po i.v. aplikaci kontrastní látky.

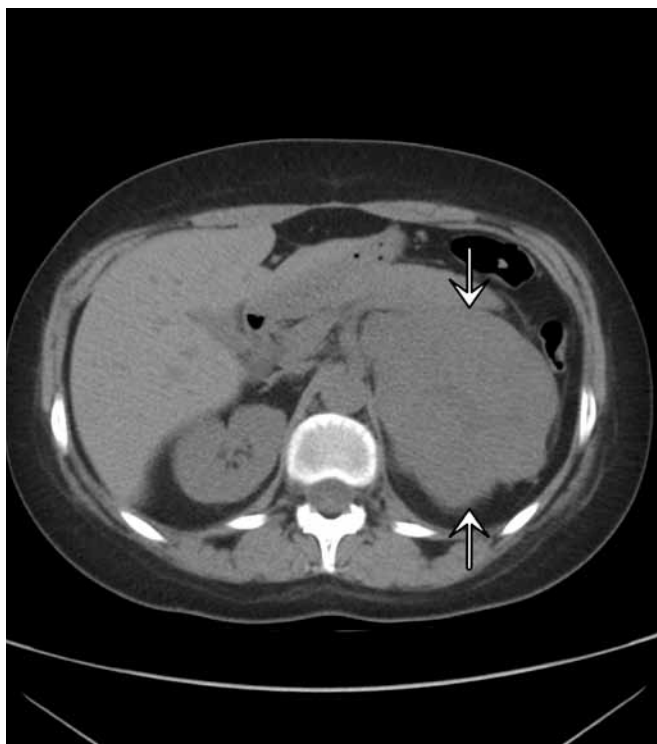
Pheochromocytoma of the left adrenal gland. CT depicts a round mass of the left adrenal gland with a prominent central necrosis and a peripheral enhancing ring in post-contrast images. The features are those of pheochromocytoma: (a) axial plane, unenhanced, (b) axial plane, enhanced, and (c) coronal plane, contrast enhanced.

V naší publikaci z roku 2019, která hodnotila morfologické znaky feochromocytomů, bylo zkoumáno, zda předdefinované anatomické znaky na CT vyšetření mohou odlišit feochromocytomy od ostatních tumorů nadledvin. Výsledky potvrdily, že feochromocytomy mají výrazně více kulovitý tvar, přítomnost centrální nekrózy a „znamení prstence“ ve srovnání s jinými nádory nadledvin. Kromě toho ostré ohraničená nekróza zvyšovala pravděpodobnost feochromocytomu více než neostře ohraničená nekróza. Na základě prezentovaných výsledků byl vytvořen kalkulátor pravděpodobnosti feochromocytomu, který prokázal vysokou senzitivitu a specifitu (80 % a 95 %) (30).

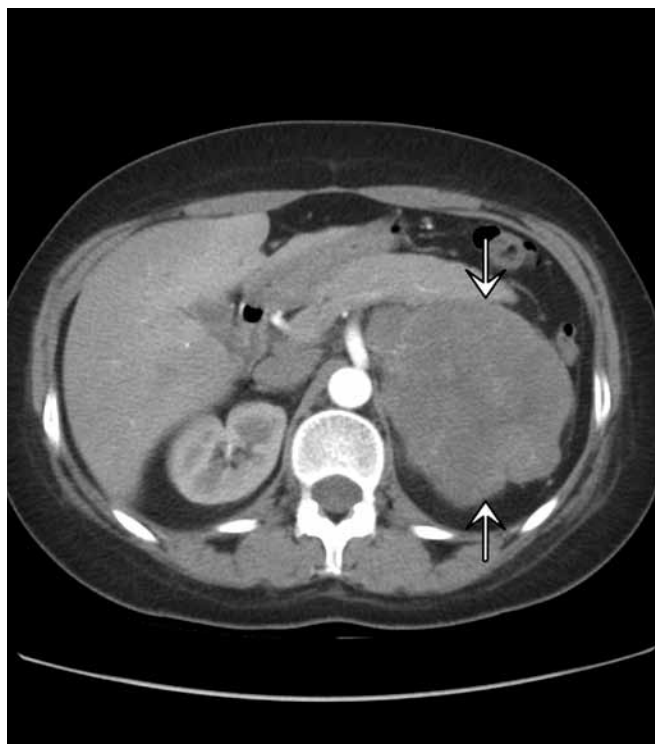
MR obraz feochromocytomů T1 a T2 vážených obrazech závisí na tom, zda je nádor solidní, cystický, nekrotický nebo hemoragicky změněný. Cystické nádory vykazují vysokou intenzitu signálu v T2 vážených obrazech. Obdobně jako u jodových kontrastních látek na CT nevede podání paramagnetické kontrastní látky u feochromocytomů k hypersekreci katecholaminů (31).

Ve většině recentních publikací týkajících se molekulárního zobrazení feochromocytomů a paragangliomů je zdůrazněno, že výběr radiofarmaka je založen na lokalizaci nádoru a jeho genetickém podkladě (18, 32). V roce

4a



4b



4c



4 Karcinom levé nadledviny. Na levé nadledvině je patrná objemná expanze s dislokací sousedních struktur s nativní densitou nad 10 HU odpovídající adrenokortikálnímu karcinomu: (a) v axiální rovině nativně, (b) v axiální rovině po i.v. aplikaci kontrastní látky a (c) koronální rovině po i.v. aplikaci kontrastní látky.

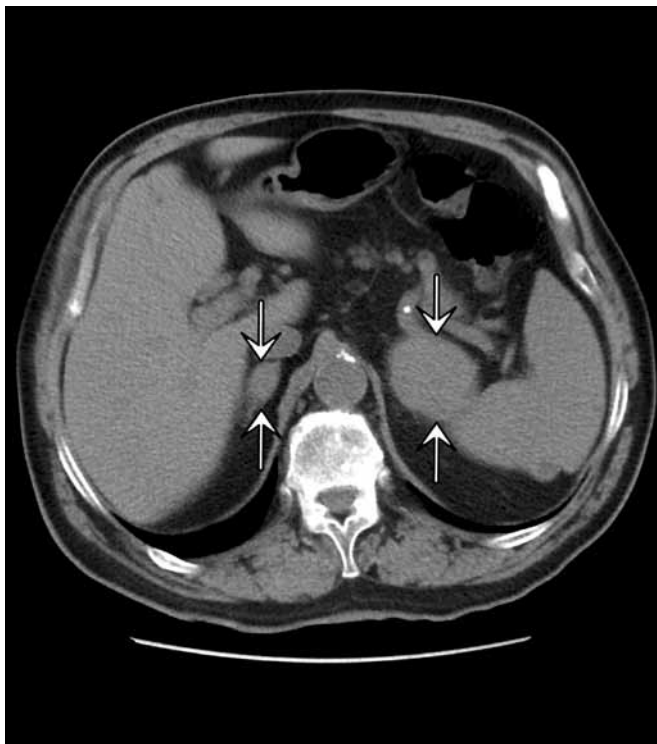
Left-sided adrenal carcinoma. CT shows a large expansion of the left adrenal gland with a mass effect on the surrounding structures with a density of more than 10 HU in unenhanced imaging, consistent with an adrenocortical carcinoma: (a) axial plane, unenhanced, (b) axial plane, enhanced, and (c) coronal plane, enhanced.

2019 byla uveřejněna nejnovější verze společných doporučených postupů Evropské asociace pro nukleární medicínu a americké Společnosti pro nukleární medicínu a molekulární zobrazování pro radionuklidové zobrazování feochromocytomu a paragangliomu (European Association of Nuclear Medicine Practice Guideline/Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging Procedure Standard 2019 for radionuclide imaging of pheochromocytoma and paraganglioma) s důrazem na nové přístupy k pacientům s feochromocytomy a paragangliomy (33). Doporučené postupy obsahují podrobný výčet jednotlivých radiofarmak s jejich detailním popisem – mechanismem vychytávání, farmakokinetikou a dalšími údaji využitelnými v klinické praxi.

¹²³I-MIBG scintigrafie dlouho využívaná k lokalizaci feochromocytomů je v současné době spíše na ústupu. Dnes je vyšetření ¹²³I-MIBG doporučováno u pacientů s metastazujícími paragangliomy, pokud se plánuje radioterapie pomocí ¹³¹I-MIBG. Tato indikace slouží u pacientů s metastázami k posouzení, zda má smysl ¹³¹I-MIBG podat terapeuticky (18). Neuroendokrinní tumory paragangliové řady obvykle akumulují ¹⁸F-fluorodeoxyglukózu (¹⁸F-FDG) (34). K zobrazení paragangliomů je využíván také ¹⁸F-3,4-dihydroxyfenylalanin (¹⁸F-DOPA). Akumulace ¹⁸F-DOPA podporuje neuroendokrinní původ tumoru. Je charakteristické, že u níže diferencovaných a anaplastických nádorů je akumulace ¹⁸F-DOPA nižší. Další možností vizualizace feochromocytomů

je vychytávání radiofarmaka na somatostatinových receptorech, jejichž koncentrace je zvýšena v neuroendokrinních nádorech, včetně feochromocytomů. Patří sem ¹¹¹In-pentetreotid, ^{99m}Tc-HYNIC-TOC nebo ⁶⁸Ga značená somatostatinová analoga, například ⁶⁸Ga-DOTA-TATE peptidy. Vyšetření **somatostatinovými analogy** přináší i informaci, zda je možné indikovat terapii neznačenými somatostatinovými analogy, případně radionuklidovou terapii peptidy (analogy somatostatinu). Nevýhodou PET vyšetření zůstávají vysoké náklady a omezená dostupnost radiofarmaka (35).

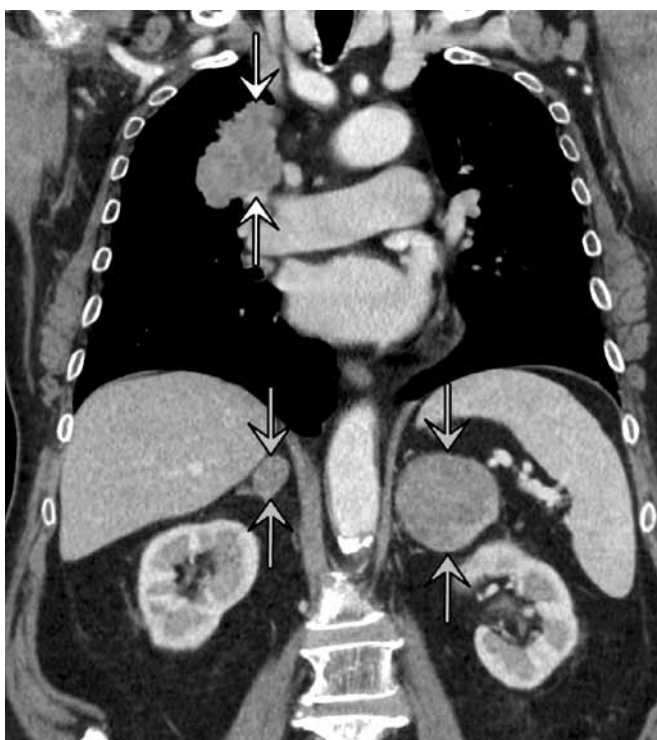
5a



5b



5c



5 Metastázy do nadledvin. Na obou nadledvinách jsou patrné oválné expanze, vlevo větší velikosti, které mají nativní densitu vyšší než 10 HU a které odpovídají metastázám do nadledvin: (a) v axiální rovině nativně, (b) v axiální rovině po i.v. aplikaci kontrastní látky a (c) koronální rovině po i.v. aplikaci kontrastní látky. Bílými šipkami je označen primární tumor – karcinom plic.

Adrenal metastases. Bilateral oval expansions are seen in the adrenal glands, larger on the left, with a density of more than 10 HU in unenhanced imaging where attributed to metastases: (a) axial plane, unenhanced, (b) axial plane, enhanced, and (c) coronal plane, enhanced. The primary tumour – a carcinoma of the lung – is marked with white arrows.

ADRENOKORTIKÁLNÍ KARCINOM

Adrenokortikální karcinom je poměrně vzácný, avšak velmi agresivní tumor s vysokou mortalitou (36–38). Incidence karcinomu nadledviny se udává od 0,7 do dvou případů na 1 milion obyvatel (39). Prevalence je odhadována na 4 až 12 případů na 1 milion obyvatel (2). Nepatrně více se vyskytuje u žen (1,5 : 1) (40). U 50–60 % pacientů se adrenokortikální karcinom projevuje příznaky hyperfunkce nadledvin, nejčastěji jde o rychle progredující Cushingův syndrom (39). Na rozdíl od benigních adrenokortikálních tumorů může karcinom produkovat více skupin steroidů (41).

Adrenokortikální karcinomy mívají v době diagnózy signifikantně větší velikost ve srovnání s adenomy (42–44). Srovnání obvykle platí i pro feochromocytomy a metastázy do nadledvin, i když zde může docházet k překryvu (45, 46). Pokud je adrenokortikální karcinom zachycen včasné v malé velikosti (často incidentálně), hrozí záměna za adenom a může dojít k zásadnímu zdržení finální diagnózy (46). V současnosti dochází stále častěji k incidentálním záchytům adrenokortikálního karcinomu v dřívějších stádiích, a tedy v menší velikosti. V recentní studii jsou adrenokortikální

karcinomy zachyceny incidentálně až v 79 % (47).

Při vyšetření zobrazovacími metodami vykazuje často heterogenní strukturu (obr. 4).

Na nativních CT skenech mívají adrenokortikální karcinomy vždy denzitu vyšší než 10 HU. V jedné z recentních publikací měly všechny adrenokortikální karcinomy hodnotu nativní denzity nad 20 HU (47). Jedna německá studie uvádí denzitu nad 21 HU jako ideální pro diagnózu adrenokortikálního karcinomu s 96% senzitivitou a 80% specifitou (48). Je pro něj typická výrazná progresse velikosti. Při vyšetření ¹⁸F-FDG PET/CT nacházíme u adrenokortikálního karcinomu nápadně zvýšenou akumulaci ¹⁸F-FDG (14).

Adrenokortikální karcinom lze zobrazit také pomocí MR. V porovnání s játry vykazuje typicky nižší intenzitu signálu v T1 a vyšší intenzitu signálu v T2 vážených obrazech. Heterogenita tumoru je nejlépe patrná na T2 vážených sekvencích. Může být pozorováno šíření skrze

adrenální, renální nebo dolní dutou žílu, což se projeví alterací signálu na T1 a T2 vážených sekvencích a ukazuje na možnou přítomnost trombu.

METASTÁZY NADLEDVIN

Nadledvina je velmi dobře vaskularizovaný orgán, a je proto častým místem výskytu metastáz. Nejčastěji se jedná o metastázy bronchogenního karcinomu, karcinomu ledvin, prsu, žaludku, ovaria a tlustého střeva. U karcinomu ledviny se také může jednat o přímé prorůstání objemných tumorů ledvin nebo i menších tumorů šířících se z horního pólu ledviny.

Metastatické postižení nadledvin může být unilaterální, ale i oboustranné. Z morfolického hlediska vykazují metastázy velmi variabilní obraz i velikost (obr. 5a–c). Může se jednat jen o drobné nodulace, ale i o objemné expanze s výrazně heterogenní strukturou. Pro

metastázy do nadledvin je typická postupná progresse velikosti. Při větší velikosti mají heterogenní strukturu, což vynikne zejména po i.v. aplikaci k.l. Při PET/CT vyšetření s ¹⁸F-fluorodeoxyglukózou většinou vychytávají radiofarmakum. Výjimkou jsou metastázy malignit, u nichž primární tumor toto radiofarmakum neakumuluje (49).

ZÁVĚR

U tumorů nadledvin je úkolem zobrazovacích metod na podkladě morfologických charakteristik odlišit nejčastější benigní léze (adenom, myelolipom) od lézí vyžadujících aktivní přístup (karcinom, metastázy a feochromocytom). Klíčovou roli zde má CT vyšetření, které umožňuje podle morfologických kritérií rozhodnout, nejen zda jde o benigní proces, ale i přímo vyslovit podezření, o který typ z nejčastějších patologií nadledvin se jedná. ●

LITERATURA

1. Fassnacht M, Arlt W, Bancos I, et al. Management of adrenal incidentalomas: European Society of Endocrinology Clinical Practice Guideline in collaboration with the European Network for the Study of Adrenal Tumors. *European Journal of Endocrinology* 2016; 175(2): G1–G34.
2. Grumbach MM, Biller BMK, Braunstein GD, et al. Management of the clinically inapparent adrenal mass ("incidentaloma"). *Ann Intern Med* 2003; 138(5): 424–429.
3. Korobkin M, Brodeur FJ, Yutzy GG, et al. Differentiation of adrenal adenomas from nonadenomas using CT attenuation values. *AJR Am J Roentgenol* 1996; 166(3): 531–536.
4. Boland GW, Lee MJ, Gazelle GS, Halpern EF, McNicholas MM, Mueller PR. Characterization of adrenal masses using unenhanced CT: an analysis of the CT literature. *AJR Am J Roentgenol* 1998; 171(1): 201–204.
5. Dunnick NR, Korobkin M. Imaging of Adrenal Incidentalomas: Current Status. *American Journal of Roentgenology* 2002; 179(3): 559–568.
6. Hamrahian AH, Ioachimescu AG, Remer EM, et al. Clinical utility of noncontrast computed tomography attenuation value (hounsfield units) to differentiate adrenal adenomas/hyperplasias from nonadenomas: Cleveland Clinic experience. *J Clin Endocrinol Metab* 2005; 90(2): 871–877.
7. Lockhart ME, Smith JK, Kenney PJ. Imaging of adrenal masses. *Eur J Radiol* 2002; 41(2): 95–112.
8. Mayo-Smith WW, Boland GW, Noto RB, Lee MJ. State-of-the-art adrenal imaging. *Radiographics* 2001; 21(4): 995–1012.
9. Udelsman R, Fishman EK. Radiology of the adrenal. *Endocrinol Metab Clin North Am* 2000; 29(1): 27–42, viii.
10. Bae KT, Fuangtharntip P, Prasad SR, Joe BN, Heiken JP. Adrenal Masses: CT Characterization with Histogram Analysis Method. *Radiology* 2003; 228(3): 735–742.
11. Tüdös Z, Kučera P, Szász P, et al. Influence of slice thickness on result of CT histogram analysis in indeterminate adrenal masses. *Abdom Radiol* 2019; 44(4): 1461–1469.
12. Reimer P, Parizel PM, Stichnoth F-A. Clinical MR imaging: A practical approach (Second, completely revised and updated edition). Berlin-Heidelberg-New York: Springer-Verlag 2006.
13. Savci G, Yazici S, Sahin N, Akgöz S, Tuncel E. Value of chemical shift subtraction MRI in characterization of adrenal masses. *AJR Am J Roentgenol* 2006; 186(1): 130–135.
14. Boland GW, Dwamena BA, Jagtiani Sangwaiya M, et al. Characterization of adrenal masses by using FDG PET: a systematic review and meta-analysis of diagnostic test performance. *Radiology* 2011; 259(1): 117–126.
15. Čtvrtlík F, Kučera P, Sedláčková Z, et al. Přítomnost kalcifikací v nádorech nadledvin – jsou skutečně typické pro adrenokortikální karcinomy? *Ces Radiol* 2020; 74(1): 28–32.
16. Dahia PLM. Pheochromocytoma and paraganglioma pathogenesis: learning from genetic heterogeneity. *Nat Rev Cancer* 2014; 14(2): 108–119.
17. Lenders JWM, Eisenhofer G, Mannelli M, Pacak K. Pheochromocytoma. *Lancet* 2005; 366(9486): 665–675.
18. Lenders JWM, Duh Q-Y, Eisenhofer G, et al. Pheochromocytoma and paraganglioma: an endocrine society clinical practice guideline. *J Clin Endocrinol Metab* 2014; 99(6): 1915–1942.
19. Crona J, Taib D, Pacak K. New Perspectives on Pheochromocytoma and Paraganglioma: Towards a Molecular Classification. *Endocr Rev* 2017; 38(6): 489–515.

20. **Gruber LM, Hartman RP, Thompson GB, et al.** Pheochromocytoma Characteristics and Behavior Differ Depending on Method of Discovery. *J Clin Endocrinol Metab* 2019; 104(5): 1386–1393.
21. **Falhammar H, Kjellman M, Calissendorff J.** Treatment and outcomes in pheochromocytomas and paragangliomas: a study of 110 cases from a single center. *Endocrine* 2018; 62(3): 566–575.
22. **Čtvrtlík F, Heřman M, Študent V, Tichá V, Minařík J.** Differential diagnosis of incidentally detected adrenal masses revealed on routine abdominal CT. *Eur J Radiol* 2009; 69(2): 243–252.
23. **Korobkin M, Brodeur FJ, Francis IR, Quint LE, Dunnick NR, Londy F.** CT time-attenuation washout curves of adrenal adenomas and nonadenomas. *Am J Roentgenol* 1998; 170(3): 747–752.
24. **Caoili EM, Korobkin M, Francis IR, Cohan RH, Dunnick NR.** Delayed enhanced CT of lipid-poor adrenal adenomas. *Am J Roentgenol* 2000; 175(5): 1411–1415.
25. **Szolar DH, Korobkin M, Reittner P, et al.** Adrenocortical carcinomas and adrenal pheochromocytomas: mass and enhancement loss evaluation at delayed contrast-enhanced CT. *Radiology* 2005; 234(2): 479–485.
26. **Kumagai Y, Fukukura Y, Takumi K, et al.** Distinguishing adrenal adenomas from non-adenomas on dynamic enhanced CT: a comparison of 5 and 10 min delays after intravenous contrast medium injection. *Clin Radiol* 2013; 68(7): 696–703.
27. **Patel J, Davenport MS, Cohan RH, Caoili EM.** Can established CT attenuation and washout criteria for adrenal adenoma accurately exclude pheochromocytoma? *Am J Roentgenol* 2013; 201(1): 122–127.
28. **Shieda N, Alrashed A, Flood TA, Samji K, Shabana W, McInnes MDF.** Comparison of Quantitative MRI and CT Washout Analysis for Differentiation of Adrenal Pheochromocytoma From Adrenal Adenoma. *Am J Roentgenol* 2016; 206(6): 1141–1148.
29. **Bessell-Browne R, O'Malley ME.** CT of pheochromocytoma and paraganglioma: risk of adverse events with i.v. administration of nonionic contrast material. *Am J Roentgenol* 2007; 188(4): 970–974.
30. **Čtvrtlík F, Tudos Z, Szasz P, et al.** Characteristic CT features of pheochromocytomas – probability model calculation tool based on a multicentric study. *Bio-medical Papers* 2019; 163(3): 212–219.
31. **Shellock FG, Kanal E.** Safety of magnetic resonance imaging contrast agents. *J Magn Reson Imaging* 1999; 10(3): 477–484.
32. **Taïeb D, Timmers HJ, Hindíé E, et al.** EANM 2012 guidelines for radionuclide imaging of phaeochromocytoma and paraganglioma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2012; 39(12): 1977–1995.
33. **Taïeb D, Hicks RJ, Hindíé E, et al.** European Association of Nuclear Medicine Practice Guideline/Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging Procedure Standard 2019 for radionuclide imaging of phaeochromocytoma and paraganglioma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2019; 46(10): 2112–2137.
34. **Veverková L, Čtvrtlík F, Buriánková E, et al.** Breast cancer and pheochromocytoma – a case report about rare synchronous tumor occurrence. *Ces Radiol* 2018; 72(1): 42–47.
35. **Vyakarnam AR, Crona J, Norlén O, Hellman P, Sundin A.** 11C-hydroxy-ephedrine-PET/CT in the Diagnosis of Pheochromocytoma and Paraganglioma. *Cancers (Basel)* 2019; 11(6) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6627429/>. Accessed June 11, 2020.
36. **Ayala-Ramirez M, Jasim S, Feng L, et al.** Adrenocortical carcinoma: clinical outcomes and prognosis of 330 patients at a tertiary care center. *Eur J Endocrinol* 2013; 169(6): 891–899.
37. **Wang S, Chen S-S, Gao W-C, et al.** Prognostic Factors of Adrenocortical Carcinoma: An Analysis of the Surveillance Epidemiology and End Results (SEER) Database. *Asian Pac J Cancer Prev* 2017; 18(10): 2817–2824.
38. **Else T, Kim AC, Sabolch A, et al.** Adrenocortical Carcinoma. *Endocr Rev* 2014; 35(2): 282–326.
39. **Fassnacht M, Dekkers OM, Else T, et al.** European Society of Endocrinology Clinical Practice Guidelines on the management of adrenocortical carcinoma in adults, in collaboration with the European Network for the Study of Adrenal Tumors. *Eur J Endocrinol* 2018; 179(4): G1–G46.
40. **Ganeshan D, Bhosale P, Kundra V.** Current update on cytogenetics, taxonomy, diagnosis, and management of adrenocortical carcinoma: what radiologists should know. *Am J Roentgenol* 2012; 199(6): 1283–1293.
41. **Libè R, Fratticci A, Bertherat J.** Adrenocortical cancer: pathophysiology and clinical management. *Endocr Relat Cancer* 2007; 14(1): 13–28.
42. **Mantero F, Terzolo M, Arnaldi G, et al.** A survey on adrenal incidentaloma in Italy. Study Group on Adrenal Tumors of the Italian Society of Endocrinology. *J Clin Endocrinol Metab* 2000; 85(2): 637–644.
43. **Zhang HM, Perrier ND, Grubbs EG, et al.** CT features and quantification of the characteristics of adrenocortical carcinomas on unenhanced and contrast-enhanced studies. *Clin Radiol* 2012; 67(1): 38–46.
44. **Ahn SH, Kim JH, Baek SH, et al.** Characteristics of Adrenal Incidentalomas in a Large, Prospective Computed Tomography-Based Multicenter Study: The COAR Study in Korea. *Yonsei Med J* 2018; 59(4): 501–510.
45. **Čtvrtlík F, Kučera P, Szász P, et al.** Přínos měření velikosti náhodně zachycené expanze nadledviny v diferenciální diagnostice incidentalomů. *Ces Radiol* 2019; 73(4): 235–239.
46. **Ozsari L, Kutahyalioğlu M, Elsayes KM, et al.** Preexisting adrenal masses in patients with adrenocortical carcinoma: clinical and radiological factors contributing to delayed diagnosis. *Endocrine* 2016; 51(2): 351–359.
47. **Kostiainen I, Hakaste L, Kejo P, et al.** Adrenocortical carcinoma: presentation and outcome of a contemporary patient series. *Endocrine* 2019; 65(1): 166–174.
48. **Petersenn S, Richter P-A, Broemel T, et al.** Computed tomography criteria for discrimination of adrenal adenomas and adrenocortical carcinomas: analysis of the German ACC registry. *Eur J Endocrinol* 2015; 172(4): 415–422.
49. **Blake MA, Cronin CG, Boland GW.** Adrenal imaging. *Am J Roentgenol* 2010; 194(6): 1450–1460.