

TROJDIMENZIONÁLNÍ ULTRASONOGRAFIE V UROLOGII

MUDr. Pavel Verner

Urologická klinika UK 2. LF Praha a FN Motol

Trojdimenzionální ultrasonografie představuje detailní prostorovou rekonstrukci z běžných dvoudimenzionálních sonografických B-obrazů pomocí speciálního přídatného zařízení. Podstatně zpřesňuje a zrychluje celé vyšetření. Svými doplňkovými funkcemi (povrchový a hloubkový rendering, simultánní prostorové zobrazení cév) stanovuje i nová kritéria v ultrasonografické diagnostice. V urologii je tato technologie v počátcích, využívána je hlavně v diagnostice nemocných s karcinomem prostaty. V přehledu je uveden přínos této metody u jednotlivých afekcí ledvin, měchýře, prostaty a zevního genitálu.

Úvod

Málokteré komplementární vyšetření je urology využíváno v takové míře jako ultrasonografie. Většina praktických urologů vlastní svůj ultrasonografický přístroj s transabdominální sondou a mnozí jsou již dnes vybavení i transrektální sondou s adaptérem pro bioptickou punkci prostaty (tato metodika je dle konsenzu odborné společnosti zahrnuta mezi základní urologická vyšetření). I při velmi dobré erudici urologa má však tato „dvoudimenzionální“ ultrasonografie svá úskalí a limity:

1. Interpretace nálezů je otázkou zkušenosti vyšetřujícího a je dána tím, jak podrobně vyšetření provedl. Lze sice ultrasonografický nálezu dokumentovat vytištěným snímkem, vždy se však jedná pouze o malou výseč celého vyšetření, navíc pouze v jednom z vyšetřených řezů. Ve sporných případech se o tyto snímky málokdy lze jednoznačně opřít a je tedy třeba ultrasonografii opakovat. Eventuální konzultace nálezů bez pacienta je nemožná.
2. Diskrétní nálezy mohou být přehlédnuty, neadekvátně interpretovány, či nemusejí být zachyceny vůbec.
3. Každý začínající urolog musí „svoji cestu erudice“ v ultrasonografické diagnostice ujit z největší části sám. Převážně se učí ze svých vlastních chyb a to i v případě, že má své nálezy dobře dokumentovány a má zpětnou klinickou korelaci se skutečným nálezem potvrzeným například endoskopií nebo operačním výkonem.

Proto byla vždy snaha ultrasonografické vyšetření dále objektivizovat. Zhruba od poloviny osmdesátých let se uvádějí první pokusy s prostorovou rekonstrukcí ultrazvukového obrazu, tzv. trojdimenzionální (3D) ultrasonografií. K praktickému využití této dlouho experimentální metody bylo třeba určité úrovně výpočetní techniky, na kterou jsou zde kladeny vyšší požadavky než například na zpracování videosignálu v reálném čase. Tyto náročné předpoklady splňují počítače v podstatě až v posledních dvou letech. Až nyní je tedy možné hodnotit jednotlivé orgány v několika simultánních řezech s dostatečnou přesností a u nejlepších přístrojů dokonce i v reálném čase (tzv. 4-dimenzionální ultrasonografie).

Nejdelší zkušenosti s využitím 3D-ultrasonografie mají gynekologové a porodníci, nověji kardiologové, oftalmologové a chirurgové. V urologii je většina prací zaměřena na hodnocení ultrasonografických nálezů prostaty.

Princip metody

K vlastnímu vyšetření využíváme běžný ultrazvukový přístroj s transabdominální a transrektální sondou. K zís-

kání trojdimenzionálního obrazu je třeba přístroj doplnit jednak mechanismem, který zaznamenává pohyb sondy během vyšetření a zejména vysoce výkonným počítačem se speciálním softwarem, který slouží ke zpracování, vybavení a uchování nasnímaných dat.

Vlastní vyšetření trvá obvykle 10–15 vteřin, během kterých pohybujeme sondou rovnoměrně a paralelně tak jako při „klasickém“ vyšetření. Tato tzv. „free-hand“ metoda je nejjednodušší, i když pro vyšetřujícího i pacienta nejnáročnější. Je třeba od nemocného velmi dobré spolupráce, musí vydržet tuto dobu zcela nehybně se zadržným dechem tak, aby nebyly „vypočtené“ kolmé řezy k vyšetřované rovině „roztřesené“. Rovněž od vyšetřujícího tato technika vyžaduje „jemnou ruku“ a delší zkušenost, kterou lze nejspíše přirovnat ke snímání panoramatických snímků videokamerou bez stativu. Po závěru lze takto nicméně získat velmi dobré výsledky (obrázek 1), i když se tím zbavujeme možnosti měřit jednotlivé léze v rovině příčné k rovině vyšetřované.

Pro přesnější vyšetření lze sondu vybavit elektromagnetickým snímačem, na kterém je umístěna malá vysílačka a přijímač je umístěn na těle nemocného. Zařízením lze přesně detekovat pohyby sondy a příslušný software jednotlivé nerovnoměrnosti pohybu sondou koriguje (takto ovšem nejsou korigovány pohyby pacienta, v urologii nejčastěji způsobené dechovými exkurzemi při vyšetření ledvin). Další metodou je akustická lokalizace sondy či detekce její polohy infračerveným zářením.

Nejkvalitnější výsledky získáme při nasnímání pohybu vyšetřovací sondou pomocí mechanického rotátoru, který pohybuje snímačem po přesně definované dráze. Této techniky se v urologii využívá zejména při transrektálním vyšetření prostaty, kde sonda rovnoměrně rotuje v úhlu 110–120° a tak velmi přesně zobrazí celý orgán. Následně je potom možné prostorově změřit jednotlivé suspektní léze, což je neocenitelné zejména při monitorování sporných nálezů při opakovaných vyšetřeních. Vyšetřovaný orgán a jeho okolí jsou tedy zobrazeny „jedním průchodem“ sondy v průběhu desítky vteřin. Příslušný software z těchto řezů, které jsou radiální, vypočte jednak řezy paralelní k této vyšetřované rovině, jednak umožní zrekonstruovat jakýkoliv jiný myslitelný řez ve vyšetřované oblasti. Výsledkem je „zakonzervované“ ultrasonografické zobrazení orgánu v jakési „virtuální“ krychli či kvádru. Tím vlastní vyšetření pro pacienta končí. V zásadě stačí pro každého pacienta zhotovit jediný záznam, i když z praktických důvodů vyšetře-

ní jednou až dvakrát opakujeme k eliminaci možných technických chyb (pohyb pacienta, artefakty). Rád bych zdůraznil, že trojdimenzionální ultrasonografie rozhodně není pro nemocného více zatěžující než klasické dvojdimenzionální vyšetření, spíše naopak.

Vlastní interpretace nálezu může probíhat již bez přítomnosti nemocného. Tato fáze si na rozdíl od běžné ultrasonografie již vyžádá od vyšetřujícího větší časovou zátěž, zejména v době zácviu. Je třeba totiž následně projít jednotlivé řezy celým vyšetřovaným orgánem a to nejen v rovině longitudinální či transversální, ale sporná místa vyhodnotit navíc v dalších řezech v libovolné rovině koronární, šikmé či úhlopříčné – tedy v zobrazeních, která jsou pro nás z běžné ultrasonografie neznámá. Při vlastní rekonstrukci je ovšem velmi příjemné, že nejsme nijak stresováni, můžeme jednotlivé řezy vracet a studovat je, celou oblast rotovat a tak se v krátké době výrazně zlepšit v sonografické topografické anatomii příslušné oblasti.

Zabudovaný software umožňuje simultánní zobrazení ve třech na sebe kolmých rovinách (obrázek 2) a zobrazení tzv. povrchovým renderingem, což je spojení oblastí stejné echogenity a rekonstrukce povrchu orgánu (tato technika se velmi využívá například v porodnictví k odhalení prenatálních obličejových vad plodu).

Je-li naše sonda vybavena dopplerovským zobrazením, můžeme velmi přesně rekonstruovat prostorové cévní zásobení vyšetřovaného orgánu. Další pomocnou technikou je v tomto případě tzv. prostorový rendering, který nám umožní odhalit místa patologické vaskularizace podstatně lépe, než to dokáže běžné dvoudimenzionální power-dopplerovské vyšetření (1).

Trojdimenzionální ultrasonografií s jejími doplňkovými technickými prostředky je tak možno velmi detailně prostudovat všechny patologické nálezy a postupně si zdokumentovat ty nejtypičtější. Kompletní vyšetření můžeme v plném rozsahu uložit jako soubor buď na pevný disk počítače nebo „vypálit“ na CD a pak si je při opakovaném vyšetření téhož nemocného vybavit a porovnat s eventuálním vývojem ultrasonografického nálezu. Tyto nálezy lze navíc korelovat například s topografií operačního preparátu (využíváme u karcinomu prostaty).

Na urologické klinice v Motole máme k dispozici systém L3Di-2000 kanadské firmy Life Imaging System jako příslušenství k ultrazvukovému přístroji Brüel-Kjær Panther. V přehledu uvádíme přínos tohoto vyšetření tak, jak se nám jeví po téměř dvouletých zkušenostech s touto metodou.

Wyšetření ledvin

Trojdimenzionální ultrasonografie umožňuje velmi dobře zobrazit prostorově celou ledvinu, včetně jejího cévního zásobení. Wyšetřujeme technikou „z volné ruky“ – free-hand. Nejvíce využíváme tuto metodu u nádorů ledvin – zde exaktně zobrazíme rozsah nádoru, míru jeho invaze a vztah k dutému systému. Dokážeme také identifikovat anatomické varianty cévního zásobení, čímž se minimalizuje pravděpodobnost jak intraoperačního krvácení, tak ischemického poškození ponechané části ledviny. Určité omezení této meto-

dy u nádorů ledvin je dáno tím, že u rozsáhlejších tumorů není možné (vzhledem k velikosti ledviny) vyšetřit celý orgán najednou a je třeba ledvinu nasnímat „nadvakrát“. Velmi záleží i na dokonalé spolupráci nemocného, jak již bylo zdůrazněno dříve. Obecně je možné říci, že u velkých nádorů je i nadále přesnější počítačová tomografie (CT). Při vyšetření malých atypických lézí naopak dominuje 3D-ultrasonografie, která může přinést doplňující informace ohledně přesného tvaru léze a jejího vztahu k okolí a posoudit míru rovnoměrnosti vaskularizace, opět s výhodou dokonalého prostorového studia před vlastním výkonem (2).

Pomocí 3D-ultrasonografie sledujeme atypické nádory ledviny (angiolipomy), či monitorujeme tvarové anomálie ledvin, abychom získali jistotu, že se zde nerozvíjí nádorová expanze.

Kromě nádorů ledvin využíváme 3D-ultrasonografie k určení přesné polohy konkrementů, včetně jejich vztahu k cévnímu zásobení ledviny, což pomáhá operátorovi při založení perkutánního kanálu u atypické polohy ledviny, či vícečetné litiázy. U rozsáhlejších konkrementů klasické sonografické vyšetření selhává již v přesném hodnocení velikosti kamene, neboť ta část ledviny, která je umístěná v „akustickém stínu“ za ním není uspokojivě zobrazitelná. Po perkutánním či ESWL výkonu nám 3D-ultrasonografie umožní lokalizovat eventuelní fragment reziduálního konkrementu. I případná dosud založená nefrostomie nám „překáží“ podstatně méně než při klasickém dvoudimenzionálním vyšetření, neboť ji dokážeme jednotlivými rekonstruovanými řezy „obejít“. Navíc podrobně lokalizujeme konkrement ve směru ventrodorzálním a detekujeme jeho polohu vzhledem k jednotlivým kališkům ledviny.

Pomocí 3D-ultrasonografie můžeme detailně posoudit hydronefrózu včetně anatomie pyeloureterálního přechodu s eventuální detekcí přemostujících aberantních cév. Zde je nutné podotknout, že u výrazně extrarenální pánvičky se nám patologický průběh cévního svazku pod pyeloureterálním přechodem zdaleka nedaří zaměřit stoprocentně a klasická vylučovací urografie s furosemidem je v této indikaci rozhodně přesnější. Experimentálně se v těchto případech využívá i intraluminální ureterální ultrazvuková sonda, která je schopna exaktně zobrazit průběh aberantní cévy a její polohu vzhledem k močovodu.

U ledvinných cyst hodnotíme pomocí 3D-ultrasonografie detailně jejich vnitřní kontury a jejich okolí. Do jaké míry bude tato metoda přínosná v diagnostice nádoru v cystě zatím nemůžeme posoudit, neboť jsme se s touto kombinací zatím nesetkali. Zejména u centrálních cyst je tato metoda, spolu se simultánním dopplerovským zobrazením ledvinných cév v okolí cenná při stanovení směru punkčního kanálu při evakuaci cysty a její následné alkoholizaci.

Významnou pomocí je tato metoda při hodnocení traumatu ledvin, zejména v těch hraničních případech, kdy jde o těžkou kontuzi a z klasického vyšetření nelze vyloučit fisuru ledvinného parenchymu. Můžeme potvrdit, že v porovnání s CT vyšetřením je ultrasonografie schopna dát po detailním zpracování obdobné informace, navíc pro urologa v „přehlednější“ podobě, neboť i zde si může poraně-

ným orgánem libovolně rotovat a hodnotit různé řezy a sledovat vývoj při následných kontrolních vyšetřeních.

Pokusně jsme tuto technologii aplikovali rovněž u nádorů nadledvin (feochromocytom, adenom nadledviny), kde jsme hodnotili rovněž jejich velikost, cévní zásobení a přesné vztahy k okolí. V literatuře se rovněž uvádí výhoda prostorové rekonstrukce cévního řečiště u transplantovaných ledvin (3).

Vyšetření močového měchýře

Hodnotit rozhraní tekutiny (tj. naplněného močového měchýře) a okolí je pro ultrazvukové vyšetření podstatně snazší, než například hodnotit léze v parenchymu ledviny. Takto můžeme přesně prostorově lokalizovat a změřit velikost zejména mnohočetných nádorů měchýře, detailně posoudit morfologii divertiklů měchýře a cystolitíazy. Nicméně transabdominální vyšetření je vždy pouze orientační oproti endosonografickému intraluminálnímu vyšetření rotační sondou zavedenou do tubusu resektoskopu (3). Intraluminální sonda nám dokáže zmapovat polohu a vyhodnotit stupeň infiltrace nádoru, zejména tam, kde tumor neroste extenzivně intraluminálně, neboť tam se ultrasonografický (USG) signál zřetelně zeslabuje a působí akustické okno za nádorem. Při tomto vyšetření je nezbytným požadavkem hlubší anestézie, která umožní dostatečně naplnění močového měchýře i tam, kde vlivem mnohočetného nádoru je tato kapacita zřetelně snížena.

Při hodnocení cystolitíazy a divertiklů měchýře zcela postačuje klasická ultrasonografie. Nicméně 3D-ultrasonografie umožní začínajícím adeptům v ultrasonografii detailně prostudovat anatomii měchýře a okolí.

Vyšetření prostaty

Vzhledem k četnosti jak benigní hyperplázie, tak karcinomu prostaty je pochopitelné, že je prostata i v 3D-ultrasonografii vyšetřením nejvíce používaným. Vlastní 3D-ultrasonografie umožňuje podstatně přesnější změření objemu prostaty a přesné odlišení tzv. přechodné zóny, což má význam jak v medikamentózní léčbě této nejčastější infravezikální obstrukce, tak před operačním výkonem. Při klasické ultrasonografii je udávána odchylka při výpočtu velikosti žlázy více než 25 %. U 3D-ultrasonografie je toto hodnocení více než 5krát přesnější. Navíc přesné ohraničení přechodné zóny prostaty je možné pouze v koronárních řezech, které jsou jinak nedosažitelné. Koronární řezy jsou řezy rovnoběžné se symfýzou a i zkušeného vyšetřujícího překvapí nezvyklý a velmi detailní obraz žlázy, který je patognomičtější než řezy longitudinální nebo příčné.

Největší přínos 3D-ultrasonografie je ve zpřesnění diagnostiky karcinomu prostaty (4). I zde můžeme vyšetřit prostatu nejen v klasických příčných a podélných transrektálních řezech, ale zejména v řezech koronárních, kde je viditelnost fokálních lézí prostaty nejzřetelnější. Neocenitelná je bezprostřední simultánní rekonstrukce všech tří ortogonálních rovin prostaty. Jak je obecně známo, bohužel ne každé hypoechogenní ložisko je karcinomem prostaty.

Naopak mnohá ložiska karcinomu se mohou jevit jako hyperechogenní, či dokonce izoechogenní léze.

Má-li nemocný vyšší hodnoty prostatického antigenu (PSA) a izoechogenní symetrickou žlázu, můžeme pomocí hloubkového renderingu při 3D-vyšetření prostaty posoudit „parazitární“ cévní zásobení karcinomu prostaty a jeho eventuální propagaci do pouzdra. Je třeba k tomu mít sondu vybavenou pro současné snímání power-dopplerovskou technikou (5). Tato sonda, na rozdíl od prosté dopplerovské techniky, je schopna zobrazit i cévy, které mají nižší průtok. Velmi drobné cévy nemusí být ovšem viditelné ani touto technikou. Detailní zobrazení i těchto cév může umožnit podání Levovistu intravenózně před vlastním vyšetřením. Tato kontrastní technika zpřesňuje diagnostiku nádoru prostaty více než dvakrát. Navíc patologické krevní zásobení dobře koreluje jak s gradingem, tak se stagingem nádoru, což výrazně zvyšuje přesnost stanovení předoperačního stadia nádoru. Symetrie a architektura vaskulárních struktur rovněž koreluje s výsledky punkčních biopsií prostaty (6).

Trojdimenzionální USG vyšetření může daleko přesněji určit místa cílených biopsií prostaty. Je známo, že klasická „sextantová“ biopsie poskytuje neuspokojivě nízký zachyt karcinomu i při vysoké suspekci na něj ze zvýšených hodnot (PSA).

Zobrazení případného prorůstání karcinomu prostaty do pouzdra je při 3D-ultrasonografii podstatně přesnější, zvláště při hodnocení metodou hloubkového renderingu, což má zásadní význam v indikaci nemocných k radikální prostatektomii (obrázek 3). Tato metoda poskytuje i přesné zobrazení prostatické a membranózní uretry a rovněž bulbouretrálních žláz, které jsou právě v koronárních řezech nejlépe patrné.

Vyšetření obsahu skrota a zevního genitálu

Zevní genitál je možné vyšetřit buď 7,5 MHz sondou („small-parts“) nebo (a stejně dobře) biplanární transrektální sondou, kterou přiložíme na povrch genitálu. Longitudinální snímáček endosonografické transrektální sondy napojený na mechanický rotátor umožní opět nejen detailně studovat architekturu varlete (při intratestikulárním nádoru či orchiepididymitidě), ale zejména vaskularizaci varlete i nadvarlete při torzi varlete nebo epididymitidě. Nejvěrnější zobrazení je možné tehdy, je-li přítomna hydrokéla. Stejná technika nám slouží k odlišení kontuze varlete od jeho možné lacerace a tedy k indikaci další léčby těchto nemocných.

Longitudinální snímáček transrektální sondy je možno využít i k přesnému posouzení rozsahu nádoru penisu. I zde je takto možné získat podstatně přesnější informace o rozsahu nádoru než při vyšetření klasickou 7,5 MHz sondou.

Přínos 3D-ultrasonografie pro praktického urologa

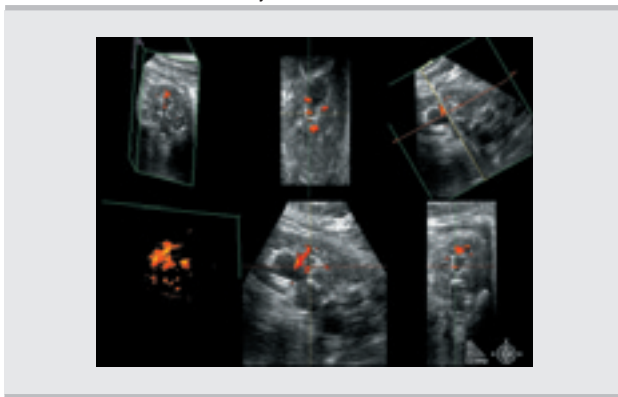
Ve kterých případech má význam nemocného odeslat na pracoviště vybavené touto technologií?

1. U nejasných, zejména drobných expanzí ledvin, kde dává CT nejednoznačný obraz. Zde by 3D-ultrasonogra-

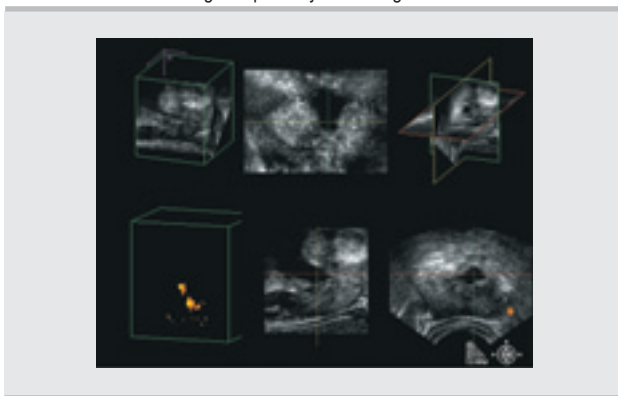
fie měla předcházet dalším invazivním vyšetřením (například angiografii).

2. U atypických cyst, kde je nutné přesně zobrazit jejich obsah a detailně vyhodnotit stav jejich stěny.
3. U rozsáhlejší nefrolitiázy k předoperační představě před vlastní perkutánní extrakcí, k přesné lokalizaci a rozsahu jednotlivých konkrementů (hlavně v rovině předozadní).
4. U traumat ledviny k přesnému a neinvazivnímu vyhodnocení stupně poškození (kontuze – rozsah subkapsulárního hematomu – přítomnost fisury parenchymu – léze cévního stromu). Ve sporných případech vyšetření vždy potvrdíme CT vyšetřením retroperitonea, k vlastnímu následnému sledování 3D-ultrasonografie zcela postačí.

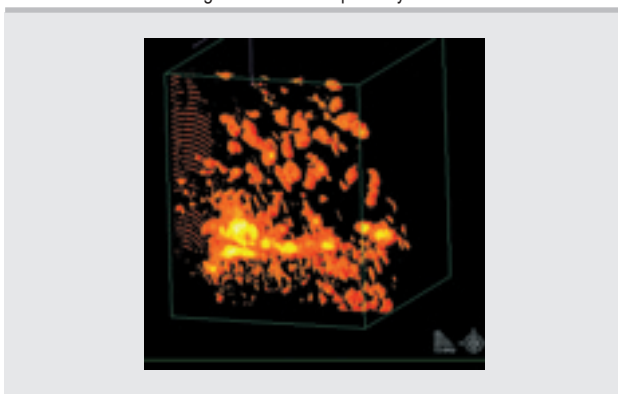
Obrázek 1. 3D zobrazení ledviny



Obrázek 2. 3D ultrasonografie prostaty ve 3 ortogonálních rovinách



Obrázek 3. 3D ultrasonografie karcinomu prostaty



5. U nádorů měchýře, kde se rozhoduje mezi transuretrální resekce (TUR) a radikálním výkonem. Zde je intraluminální 3D-endosonografie měchýře dalším doplňkovým kritériem před stanovením léčebného postupu.
6. Hlavní doménou 3D-ultrasonografie je suspekce na karcinom prostaty, zejména v těch případech, kde je kombinace zvýšeného PSA, normálního nálezu per rektum a neprůkazného nálezu při klasické transrektální ultrasonografii. Zde tato technika dokáže nepřesněji vyhodnotit eventuální léze žlázy (zejména využitím hloubkového renderingu) a určit tak stupeň invaze nádoru. Vlastní následná punkční biopsie je provedena skutečně z těch ložisek, která jsou nejvíce suspektní.
7. U traumat varlete tam, kde se rozhodujeme, jestli postupovat konzervativně, či volit operační revizi.

Závěr

Trojdimenzionální ultrasonografie je technologií, která své místo mezi ostatními zavedenými zobrazovacími metodami teprve hledá. I tak jsou již dnes zřetelně patrné její nesporné výhody (7):

1. Zkracuje dobu vyšetření pacienta a přitom umožňuje zhotovení záznamu podstatně kvalitnějšího než je tomu při klasickém dvojdimenzionálním vyšetření.
2. Prostorové zobrazení vyšetřovaných orgánů, včetně jejich cévního zásobení, je podstatně podrobnější než při klasické ultrasonografii. Neocenitelná je zejména vizualizace v atypických rovinách řezu s možností následně zacílit patologické ložisko, virtuálně s ním pohybovat v libovolných směrech a tak zjistit přesný vztah patologické léze k okolí.
3. V diagnostice karcinomu prostaty poskytuje daleko přesnější hodnocení prorůstání nádoru do pouzdra prostaty (zejména při snímání power-dopplerovskou sondou) a to i v těch případech, které byly při klasickém dvojrozměrném sonografickém transrektálním vyšetření hodnoceny jako velmi diskrétní, či nebyly patrné vůbec. Pomocí 3D-USG získáme velmi přesný přehled topografie jednotlivých zón prostaty (centrální, přechodná a periferní zóna), včetně jejich vaskularizace.
4. Neocenitelný je význam 3D-ultrasonografie pro výuku. Archivací 3D-záznamů jednotlivých orgánů a jejich poškození je možné podstatně zefektivnit výuku studentů medicíny v urologii a začínajícím lékařům v ultrasonografii zprostředkovat přesný topografický pohled na toto vyšetření a tím i podstatně zkrátit zácvik v této metodě než tomu bylo doposud.
5. Trojdimenzionální ultrasonografie umožní zřejmě v blízké budoucnosti detailnější studium a vyhodnocení morfologie i cévního zásobení jednotlivých urologických orgánů. Takto získané poznatky mohou snížit potřebu chirurgické intervence či snížit radikalitu v případech časných, či dnes sporných. Nová 3D-technika může dokonce pomoci ve stanovení nových kritérií v algoritmu diagnostiky urologických onemocnění, zejména u nádorů prostaty či měchýře.

Pořízení této techniky je velmi nákladná záležitost, vlastní provoz je však velmi levný a efektivní. Navíc jde o metodu, která nemá pro nemocného žádné vedlejší účinky, můžeme ji kdykoliv opakovat a přesně reprodukovat. Lze rovněž předpokládat, že s dalším rozvojem technolo-

gie se rozlišovací schopnost této metody posune ještě výše. V budoucnosti by tak mohla být 3D-ultrasonografie rutinním vyšetřením u řady diagnóz, neboť je snadno opakovatelná a dokonale interpretovatelná. Nicméně již dnes dokáže rozřešit či detailněji hodnotit řadu sporných případů.

Literatura

1. Ritchie C. J., Edwards W. S., Mack L. A., Cyr D. R., Kim Y.: Three-dimensional ultrasonic angiography using power-mode Doppler. *Ultrasound Med Biol*, 1996, 22 (3), s. 277-286.
2. Coll D. M., Herts B. R., Davros W. J., Uzzo R. G., Novick A. C.: Preoperative use of 3D volume rendering to demonstrate renal tumors and renal anatomy. *Radiographics*, 2000, 20 (2), s. 431-438.
3. Záfura, F.: 3D-ultrasonografie v urologii – první zkušenosti s využitím prostorové rekonstrukce ultrasonografického obrazu. *Česká Urologie*, 1999, 4, s. 8-11.
4. Sedelaar J. P., van Roermund J. G., van Leenders G. L., Hulsbergen-van de Kaa C. A., Wijkstra H., de la Rosette J. J.: Three-dimensional grayscale ultrasound: evaluation of prostate cancer compared with benign prostatic hyperplasia, *Urology*, 2001, 57, s. 914-920.
5. Sauvain J. L., Palascak P., Bourscheid D., Bloqueau P., Bregon J. M., Jung L., Maniere P.: Power Doppler and 3D vascular sonography of intraprostatic blood supply: assessment criteria and value for the diagnostic and clinical staging of prostatic cancer. *Prog Urol*, 2000, 10, 2, s. 237-245.
6. Unal D., Sedelaar J. P., Aarnink R. G., van Leenders G. J., Wijkstra H., Debruyne F. M., de la Rosette J. J.: Three-dimensional contrast-enhanced power Doppler ultrasonography and conventional examination methods: the value of diagnostic predictors of prostate cancer. *Brit. J. Urol.*, 2000, 86, 1, s. 58-64.
7. Verner, P., Kawaciuk, I.: Trojdimenzionální ultrasonografie dává urologické diagnostice nové možnosti, *ZdN, Lék.listy*, 2000, 22, s. 8.