

Submitted: 22.10.2015

Accepted: 23.10.2015

Echogenicity of benign adrenal focal lesions on imaging with new ultrasound techniques – report with pictorial presentation

Echogenicność łagodnych zmian ogniskowych nadnerczy w obrazowaniu z zastosowaniem nowych technik ultrasonograficznych – doniesienie z prezentacją obrazową

Rafał Z. Słapa¹, Anna A. Kasperlik-Zaluska², Bartosz Migda¹,
Maciej Otto³, Katarzyna Dobruch-Sobczak⁴, Wiesław S. Jakubowski¹

¹ Department of Diagnostic Imaging, the Second Faculty of Medicine, Medical University of Warsaw, Poland

² Department of Endocrinology, Centre of Postgraduate Medical Education, Department of Diagnostic Endocrinology, Bielański Hospital, Warsaw, Poland

³ Department of General, Vascular and Transplant Surgery, First Faculty of Medicine, Medical University of Warsaw, Poland

⁴ Department of Ultrasound, Institute of Fundamental Technological Research, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland

Correspondence: Rafał Z. Słapa, Department of Diagnostic Imaging, Medical University of Warsaw, Kondratowicza 8, 03-242 Warsaw, Poland, tel.: +48 668 308 777, fax: +48 22 326 59 91, e-mail: rz.slapa@gmail.com

DOI: 10.15557/JoU.2015.0034

Key words

adrenal glands,
adrenal masses,
ultrasound,
echogenicity

Abstract

Aim: The aim of the research was to assess the echogenicity of benign adrenal focal lesions using new ultrasound techniques. **Material and method:** 34 benign adrenal masses in 29 patients were analyzed retrospectively. The examinations were conducted using Aplio XG (Toshiba, Japan) ultrasound scanner with a convex probe 1–6 MHz in the B-mode presentation with the combined use of new ultrasound techniques: harmonic imaging and spatial compound sonography. The size of the adrenal tumors, their echogenicity and homogeneity were analyzed. Statistical analysis was conducted using the STATISTICA 10 software. **Results:** The following adrenal masses were assessed: 12 adenomas, 10 nodular hyperplasias of adrenal cortex, 7 myelolipomas, 3 pheochromocytomas, a hemangioma with hemorrhage and a cyst. The mean diameter of nodular hyperplasia of adrenal cortex was not statistically different from that of adenomas ($p = 0.075$). The possibility of differentiating between nodular hyperplasia and adenoma using the parameter of hypoechoogenicity or homogeneity of the lesion was demonstrated with the sensitivity and specificity of 100% and 41.7%, respectively. The larger the benign adrenal tumor was, the more frequently did it turn out to have a mixed and inhomogenous echogenicity ($p < 0.05$; ROC areas under the curve: 0.832 and 0.805, respectively). **Conclusions:** A variety of echogenicity patterns of benign adrenal focal lesions was demonstrated. The image of an adrenal tumor correlates with its size. The ultrasound examination, apart from its indisputable usefulness in detecting and monitoring adrenal tumors, may also allow for the differentiation between benign lesions. However, for lesions found incidentally an algorithm for the assessment of adrenal incidentalomas is applicable, which includes computed tomography and magnetic resonance imaging.

Słowa kluczowe

nadnercza,
guzy nadnerczy,
ultrasonografia,
echogeniczność

Streszczenie

Cel: Celem badania była ocena echogeniczności łagodnych zmian ogniskowych nadnerczy z zastosowaniem nowych technik ultrasonograficznych. **Materiał i metoda:** Retrospektywnej analizie poddano badania ultrasonograficzne 34 łagodnych guzów nadnerczy u 29 pacjentów. Badania były wykonywane z zastosowaniem aparatu ultrasonograficznego Aplio XG (Toshiba, Japonia), głowicy convex 1–6 MHz w prezentacji B-mode z łącznym zastosowaniem nowych technik ultrasonograficznych: obrazowania harmonicznego i ultrasonografii złożonej przestrzennie. Analizie poddano wielkość guzów nadnerczy, ich echogeniczność oraz jednorodność. Analiza statystyczna była wykonywana z zastosowaniem programu STATISTICA 10. **Wyniki:** Oceniano: 12 gruczolaków, 10 guzów rozrostu (*hyperplasia*) guzkowego kory nadnercza, 7 guzów *myelolipoma*, 3 guzy chromochłonne, naczyniak z krwawieniem oraz torbiel. Średni wymiar guzów rozrostu guzkowego kory nadnerczy nie różnił się statystycznie od gruczolaków ($p = 0,075$). Wykazano możliwość różnicowania rozrostu guzkowego oraz gruczolaka z zastosowaniem parametru hipoechogeniczności lub jednorodności z czułością i swoistością odpowiednio 100% i 41,7%. Im większy był łagodny guz nadnercza, tym częściej zmiany okazywały się mieć mieszaną i niejednorodną echogeniczność ($p < 0,05$; pola pod krzywymi ROC – odpowiednio 0,832 i 0,805). **Wnioski:** Wykazano różnorodność wzorców echogeniczności łagodnych zmian ogniskowych nadnerczy. Obraz guza nadnercza koreluje z jego wielkością. Badanie ultrasonograficzne poza niewątpliwą korzyścią w wykrywaniu i monitorowaniu guzów nadnerczy może pozwalać na różnicowanie w zakresie zmian o łagodnym charakterze. Jednak w sytuacjach przypadkowo wykrytych zmian obowiązuje algorytm oceny nadnerczowych incydentaloma, oparty na badaniach tomografii komputerowej lub rezonansu magnetycznego.

Introduction

Based on the data from the literature it is estimated that normal adrenal glands can be visualized in a large proportion (69–99%) of ultrasound scans in adult individuals⁽¹⁾. However, it is not that easy in practice due to the similar echogenicity of adrenal glands to that of the retroperitoneal adipose tissue as well as a number of other factors such as the acoustic window, the quality of the ultrasound device and the experience of the examiner. Despite the fact that sonography is not a method of choice in the diagnostic assessment of the adrenal glands in adults, it represents an important technique for the evaluation of patients with disorders of these glands. Due to the easy access and non-invasive nature of the abdominal ultrasound scan, it is used as the first imaging examination, which often reveals pathologies in the adrenal area. Ultrasound scans are conducted in individuals with neoplastic diseases, hypertension, endocrinological disorders and for the monitoring of patients with already diagnosed small, hormonally inactive benign adrenal masses.

Sometimes abdominal ultrasound examinations performed due to causes which are unrelated to any adrenal pathology reveal adrenal masses by coincidence (incidentaloma). These are found in 1–10% of abdominal scans. Adrenal incidentalomas should not be ignored and require further diagnostic investigation, since nearly 25% of these lesions are surgically treated due to oncological or endocrinological disorders^(2,3).

The ultrasound examination represents an important method for the detection of adrenal focal lesions. Its' advantages and disadvantages have been presented in Tab. 1.

Wstęp

Na podstawie danych z piśmiennictwa ocenia się, że prawidłowe nadnercza można uwidocznic w dużym odsetku (69–99%) badań ultrasonograficznych u osób dorosłych⁽¹⁾, w praktyce nie jest to takie łatwe, ze względu na zbliżoną echogeniczność nadnerczy i zaotrzewnowej tkanki tłuszczowej oraz szereg innych czynników, takich jak okno akustyczne, jakość aparatury czy doświadczenie badającego. Mimo że ultrasonografia nie jest metodą z wyboru w diagnostyce nadnerczy u osób dorosłych, stanowi ważną technikę w ocenie pacjentów z chorobami tego gruczołu. Z uwagi na łatwy dostęp i nieinwazyjność ultrasonografii jamy brzusznej stosuje się ją jako pierwsze badanie obrazowe, w którym często wykazywana jest patologia w zakresie nadnerczy. Badania USG są wykonywane u osób z chorobami nowotworowymi, nadciśnieniem tętniczym, pacjentów endokrynologicznych oraz w monitorowaniu chorych z już rozpoznanymi niedużymi łagodnymi guzami nadnerczy nieczynnymi hormonalnie.

Niekiedy w badaniach ultrasonograficznych jamy brzusznej wykonywanych z przyczyn niezwiązanych z patologią nadnerczy guzy tych gruczołów stwierdzane są przypadkowo (incydentaloma). Rozpoznawane są one w około 1–10% badań jamy brzusznej. Incydentaloma nadnerczy nie mogą być lekceważone i wymagają dalszej diagnostyki, gdyż blisko 25% tych zmian jest leczonych chirurgicznie z przyczyn onkologicznych lub endokrynologicznych^(2,3).

Badanie ultrasonograficzne stanowi ważną metodę w wykrywaniu zmian ogniskowych nadnerczy. Jego zalety i wady przedstawiono w tab. 1.

Advantages	Disadvantages
<ul style="list-style-type: none"> • Inexpensive, easily accessible, non-invasive, multiplanar • Used for the diagnosis of diseases of the abdominal cavity, in patients with hypertension, oncological and endocrinological disorders • Imaging of adrenal masses of > 10 mm (right side) and 15–20 mm (left side) in diameter • Recommended for the monitoring of incidentalomas • Possibility of ultrasound-guided biopsy 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependent on the examining physician • Does not always visualize normal adrenal glands • Usually does not differentiate between different adrenal masses

Tab. 1. Advantages and disadvantages of adrenal sonography

Aim of the research

The aim of the research is to establish the echostructure and its possible trends in benign adrenal masses using new ultrasound techniques in combination such as harmonic imaging and spatial compound sonography, which are often found in contemporary ultrasound scanners.

Material and method

The study was approved by the competent bioethics committee. The patients gave their informed consent to take part in the study. Ultrasound scan images of confirmed adrenal focal lesions obtained in the years 2010–2013 from 37 patients with the use of new ultrasound techniques were retrospectively analyzed. 34 adrenal masses in 29 patients were benign in nature. The final diagnosis was made based on the results of computed tomography, magnetic resonance imaging, blood chemistry tests, at least one year follow-up examinations or a histopathological examination after surgery (for 11 adrenal masses).

The examinations were conducted using the Aplio XG ultrasound sanner (Toshiba, Japan), a convex probe 1–6 MHz in the B-mode presentation with the combined use of new ultrasound techniques: harmonic imaging and spatial compound sonography. The size of the adrenal tumors, their echogenicity and homogeneity were analyzed. The mean diameter of an adrenal tumor was calculated on the basis of three maximum perpendicular dimensions measured on axial images and in the frontal plane.

Statistical analysis was conducted using the STATISTICA 10 software (StatSoft Inc.). The distribution of quantitative characteristics was assessed using the Shapiro–Wilk W test. Independent quantitative characteristics were assessed using the Mann–Whitney U test. The evaluation of echogenicity of the lesions was conducted using the Fisher's test. The p value of < 0.05 was considered statistically significant. The relationship between echogenicity and diameter of adrenal mass was also evaluated with ROC curves.

Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none"> • Tania, łatwo dostępna, nieinwazyjna, wielopłaszczyznowa • Stosowana w diagnostyce chorób jamy brzusznej, u pacjentów z nadciśnieniem tętniczym, pacjentów onkologicznych, pacjentów endokrynologicznych • Obrazuje guzy nadnerczy o średnicy >10 mm (prawa strona) i 15–20 mm (lewa strona) • Zalecana do monitorowania incydentaloma • Umożliwia wykonanie biopsji monitorowanej ultrasonograficznie 	<ul style="list-style-type: none"> • Zależna od badającego lekarza • Nie zawsze uwidacznia prawidłowe nadnercza • Zazwyczaj nie różnicuje guzów nadnerczy

Tab. 1. Zalety i wady ultrasonografii nadnerczy

Cel badań

Celem badań jest ustalenie echostruktury i ewentualnych jej trendów w zakresie łagodnych guzów nadnerczy w badaniu z jednoczesnym zastosowaniem nowych technik ultrasonograficznych, takich jak obrazowanie harmoniczne oraz ultrasonografia złożona przestrzennie, w które często są wyposażone współczesne ultrasonografy.

Materiał i metoda

Badanie zostało zatwierdzone przez właściwą komisję bioetyczną. Pacjenci wyrazili świadomą zgodę na udział w badaniu. Retrospektywnej analizie poddano obrazy badania ultrasonograficznego zweryfikowanych zmian ogniskowych nadnerczy z zastosowaniem nowych technik ultrasonograficznych, uzyskane w latach 2010–2013 u 37 pacjentów. Łagodny charakter miały 34 guzy nadnerczy u 29 pacjentów. Ostateczne rozpoznanie ustalono opierając się na wynikach badań: tomografii komputerowej, obrazowania rezonansu magnetycznego, biochemicznych, przynajmniej rocznych kontrolnych lub badania histopatologicznego po operacji (w przypadku 11 guzów nadnerczy).

Badania były wykonywane z użyciem aparatu ultrasonograficznego Aplio XG (Toshiba, Japonia), głowicy convex 1–6 MHz w prezentacji B-mode z łącznym zastosowaniem nowych technik ultrasonograficznych: obrazowania harmonicznego i ultrasonografii złożonej przestrzennie. Analizie poddano wielkość guzów nadnerczy, ich echogeniczność oraz jednorodność. Średni wymiar guza nadnercza był obliczany z trzech prostopadłych maksymalnych wymiarów mierzonych na obrazach osiowych i w płaszczyźnie czołowej.

Analiza statystyczna była wykonywana przy użyciu programu STATISTICA 10 (StatSoft Inc.). Rozkład ilościowych cech oceniano z zastosowaniem testu W Shapiro–Wilka. Niezależne zmienne ilościowe były oceniane za pomocą testu U Manna–Whitneya. Oceny echogeniczności zmian dokonano z wykorzystaniem testu Fishera. Poziom wartości $p < 0,05$ przyjęto za istotny statystycznie. Zależność

Results

In the group of 29 patients with benign adrenal masses there were 34 lesions assessed with application of new ultrasound techniques: 12 adenomas, 10 nodular hyperplasias of adrenal cortex, 7 myelolipomas, 3 pheochromocytomas, a hemangioma with hemorrhage and a cyst.

The mean diameter of all tumors was 38.5 mm (9.7–102 mm). The mean diameter of the nodular hyperplasias of adrenal cortex was 26.6 mm (9.7–58.5 mm) and the mean diameter of adenomas was 35.5 mm (16.3–56 mm); the difference was not statistically significant ($p = 0.075$) (Tab. 2).

The echostructure of benign adrenal masses is presented in Tab. 3.

All nodular hyperplasia lesions were characterized by low echogenicity in comparison with their surroundings. As far as adenomas are concerned, over half of them (58.3%)

echogenicności od średnicy guza nadnercza analizowano również z zastosowaniem krzywych ROC.

Wyniki

W grupie 29 pacjentów z łagodnymi guzami nadnerczy były 34 zmiany oceniane z zastosowaniem nowych technik ultrasonograficznych: 12 gruczolaków, 10 guzów rozrostu guzkowego kory nadnerczy, 7 guzów *myelolipoma*, 3 guzy chromochłonne, naczyniak z krwawieniem oraz torbiel.

Średni wymiar wszystkich guzów wynosił 38,5 mm (9,7–102 mm), średni wymiar guzów rozrostu guzkowego kory nadnerczy – 26,6 mm (9,7–58,5 mm), a gruczolaków – 35,5 mm (16,3–56 mm); nie różniły się one istotnie statystycznie ($p = 0,075$) (tab. 2).

Echostruktura łagodnych guzów nadnerczy została przedstawiona w tab. 3.

Mean diameter	N	Mean	Med.	Min.	Max.	SD	p^*
Nodular hyperplasia	10	26.6	26.3	9.7	58.5	13.8	0.075
Adenoma	12	35.5	34.5	16.3	56.0	12.2	
All benign	34	38.5	34.0	9.7	102.0	19.9	

* Mann–Whitney U test.

Tab. 2. Analysis of diameters of benign adrenal masses

Średni wymiar	N	Średnia	Mediana	Min.	Maks.	SD	p^*
Rozrost guzkowy	10	26,6	26,3	9,7	58,5	13,8	0,075
Gruczolak	12	35,5	34,5	16,3	56,0	12,2	
Wszystkie zmiany łagodne	34	38,5	34,0	9,7	102,0	19,9	

* Test U Manna–Whitneya.

Tab. 2. Analiza wymiarów łagodnych guzów nadnerczy

	Echogenicity	Homogeneity
Nodular hyperplasia (10)	10 hypo	10 homogenous
Adenoma (12)	7 hypo, 5 mix	7 homogenous, 5 inhomogenous
Myelolipoma (7)	3 hyper, 3 mix, 1 hypo	3 homogenous, 4 inhomogenous
Pheochromocytoma (3)	3 hypo	3 homogenous
Hemangioma with hemorrhage (1)	1 hypo	1 homogenous
Cyst (1)	1 hypo	1 inhomogenous

Tab. 3. Echostructure of benign adrenal masses

	Echogenicność	Jednorodność
Rozrost guzkowy (10)	10 hipoechogenicznych	10 jednorodnych
Gruczolak (12)	7 hipoechogenicznych, 5 mieszanych	7 jednorodnych, 5 niejednorodnych
Myelolipoma (7)	3 hiperechogeniczne, 3 mieszane, 1 hipoechogeniczny	3 jednorodne, 4 niejednorodne
Guz chromochłonny (3)	3 hipoechogeniczne	3 jednorodne
Naczyniak z krwawieniem (1)	1 hipoechogeniczny	1 jednorodny
Torbiel (1)	1 hipoechogeniczna	1 niejednorodna

Tab. 3. Echostruktura łagodnych guzów nadnerczy

also had low echogenicity, while the remaining ones had mixed echogenicity (41.7%). These differences turned out to be statistically significant ($p = 0.03$). The property of hypoechogenicity used to differentiate between nodular hyperplasia and adenoma had a sensitivity and specificity of 100% and 41.7%, respectively.

The comparison of homogeneity of echogenicity also revealed statistically significant differences ($p = 0.03$). All nodular hyperplasias were echogenically homogenous, while 58.3% of adenomas were homogenous. The remaining adenomas were echogenically inhomogenous. The property of homogenous echogenicity used to differentiate between nodular hyperplasia and adenoma had a sensitivity and specificity of 100% and 41.7%, respectively.

Further analysis concerned the relationship between the mean diameter of an adrenal focal lesion and mixed echogenicity as well as inhomogenous echogenicity. In both cases the results obtained turned out to be statistically significant ($p < 0.05$) and ROC areas under the curves were 0.832 and 0.805, respectively.

The larger the adrenal tumor was, the more frequently did it have a mixed and inhomogenous echogenicity. In both cases the cut-off point was similar: 34.33 mm and 33.67 mm, respectively.

Figures 1, 2, 3 and 4 B show examples of echogenicity of benign adrenal lesions in the B-mode presentation with a combined use of new ultrasound techniques such as harmonic imaging and spatial compound sonography. By way of comparison Figures 5 and 4 A present the image of malignant adrenal tumors (metastasis to the adrenal gland and primary carcinoma of the adrenal cortex).

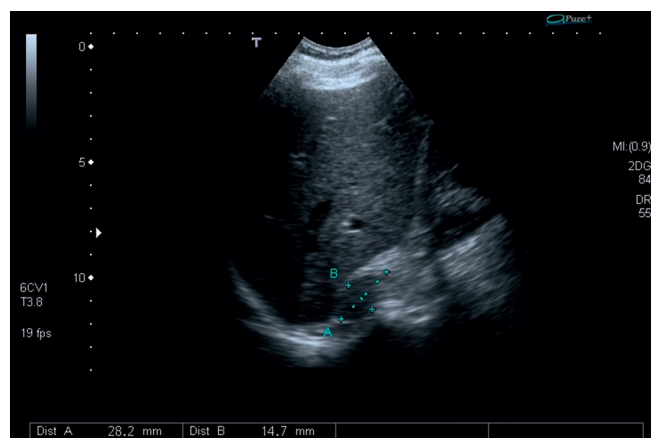


Fig. 1. Nodular hyperplasia of adrenal cortex in a patient with three masses of both glands. Hypoechogenic mass of the right adrenal gland (calipers) with a mean diameter of 23 mm.

Ryc. 1. Guzkowy rozrost kory nadnercza u pacjenta z trzema guzami obu gruczołów. Hipoechogeniczny guz nadnercza prawego (wskaźniki pomiarów) o średnim wymiarze 23 mm

Wszystkie zmiany o charakterze rozrostu guzkowego cechowały się niską echogenicznością w porównaniu z otoczeniem. W grupie gruczołaków ponad połowa z nich (58,3%) również miała niską echogeniczność, natomiast pozostała część wykazywała mieszaną echogeniczność (41,7%). Różnice te okazały się istotne statystycznie ($p = 0,03$). Dla zmiennej hipoechogeniczności w różnicowaniu rozrostu guzkowego oraz gruczołaka czułość i swoistość wyniosły odpowiednio 100% i 41,7%.

Porównanie jednorodności echogeniczności również wykazało istotne statystycznie różnice ($p = 0,03$). Wszystkie rozrosty guzkowe były jednorodne echogenicznie, podczas gdy wśród gruczołaków odsetek zmian jednorodnych stanowił 58,3%, pozostała część zaś okazała się niejednorodna echogenicznie. Dla jednorodnej echogeniczności w różnicowaniu rozrostu guzkowego i gruczołaka czułość i swoistość wyniosły odpowiednio 100% i 41,7%.

W dalszej analizie sprawdzono zależność średniego wymiaru zmiany ogniskowej nadnercza względem mieszanej echogeniczności i niejednorodnej echogeniczności. W obu przypadkach uzyskane wyniki okazały się istotne statystycznie ($p < 0,05$), a pola pod krzywymi ROC wyniosły odpowiednio 0,832 i 0,805.

Im większy był guz nadnercza, tym częściej zmiany okazywały się mieć mieszaną i niejednorodną echogeniczność. W obu przypadkach punkt odcięcia był zbliżony i wyniósł odpowiednio 34,33 mm i 33,67 mm.

Na rycinach 1, 2, 3 i 4 B przedstawiono przykłady echogeniczności łagodnych zmian nadnerczy w prezentacji B-mode z łącznym zastosowaniem nowych technik ultrasonograficznych, takich jak obrazowanie harmoniczne oraz ultrasonografia złożona przestrzennie. Dla porównania ryciny 5 i 4 A prezentują obraz guzów złośliwych nadnerczy (przeżutu do nadnercza i raka pierwotnego kory nadnercza).

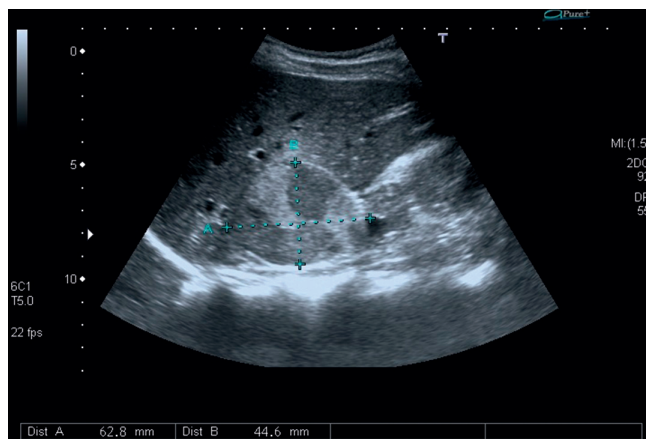


Fig. 2. Adenoma of the right adrenal gland. Mixed-echogenicity mass (calipers) with a mean diameter of 53 mm.

Ryc. 2. Gruczołak prawego nadnercza. Guz o mieszanej echogeniczności (wskaźniki pomiarów) o średnim wymiarze 53 mm

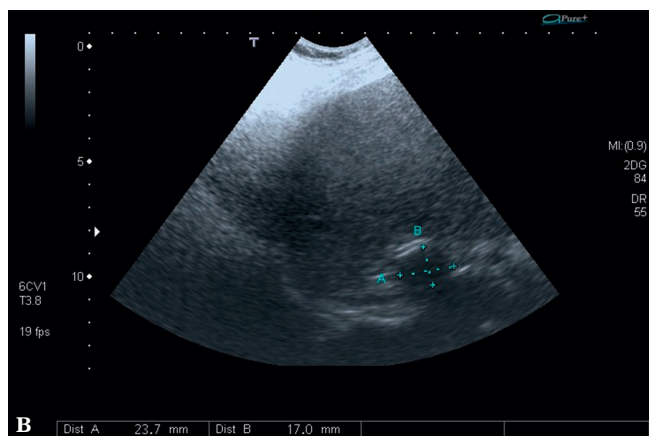
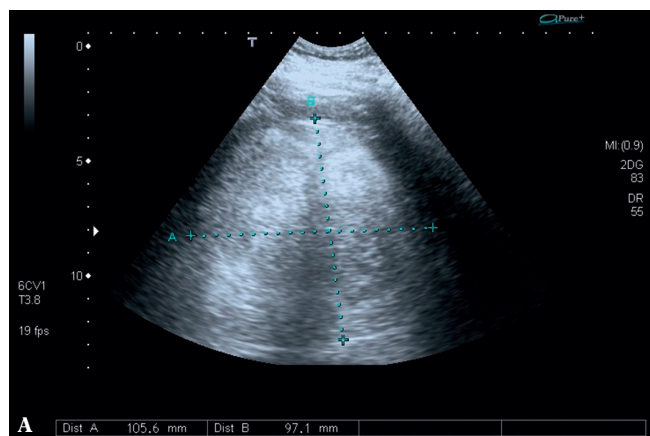


Fig. 3. Myelolipoma of both adrenal glands. **A.** Mixed-echogenicity mass (calipers) with a mean diameter of 102 mm. **B.** Hypoechoic mass (calipers) with a mean diameter of 29 mm.

Ryc. 3. Myelolipoma obu nadnerczy. **A.** Guz o mieszanej echogeniczności (wskaźniki pomiarów) o średnim wymiarze 102 mm. **B.** Guz hypoechoiczny (wskaźniki pomiarów) o średnim wymiarze 29 mm

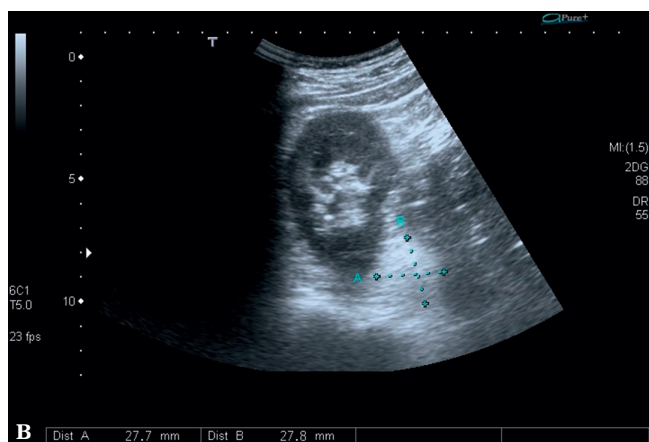
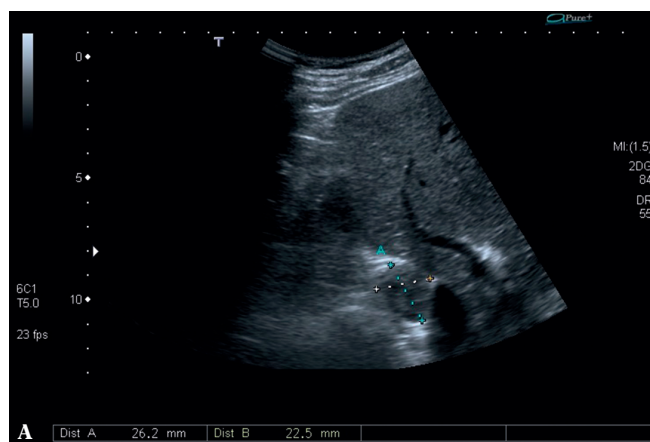


Fig. 4. Patient with bilateral masses of the adrenal glands. **A.** Primary carcinoma of the right adrenal cortex – hypoechoic mass (calipers) with a mean diameter of 26 mm. **B.** Myelolipoma of the left adrenal gland – hyperechoic mass (calipers) with a mean diameter of 28 mm

Ryc. 4. Pacjent z obustronnymi guzami nadnerczy. **A.** Pierwotny rak kory nadnercza prawego – guz hypoechoiczny (wskaźniki pomiarów), o średnim wymiarze 26 mm. **B.** Myelolipoma nadnercza lewego – guz hiperechoiczny (wskaźniki pomiarów), o średnim wymiarze 28 mm

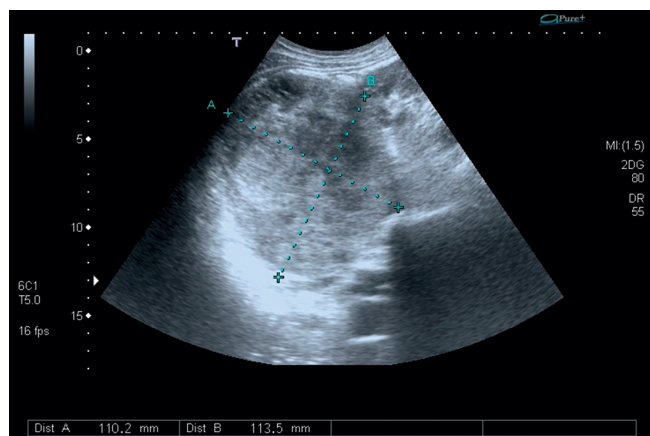


Fig. 5. Metastases of right kidney carcinoma to both adrenal glands in a patient with Addison's disease. The image shows a metastasis to the left adrenal gland with mixed echogenicity (calipers) and a mean diameter of 134 mm.

Ryc. 5. Przerzuty raka prawej nerki do obu nadnerczy u pacjenta z chorobą Addisona. Na obrazie przerzut do nadnercza lewego o mieszanej echogeniczności (wskaźniki pomiarów), o średnim wymiarze 134 mm

Discussion

New techniques which enhance the visualization of adrenal masses in transabdominal sonography include harmonic imaging, spatial compound imaging and three-dimensional sonography.

Harmonic imaging consists in obtaining images from a wave received by a broadband ultrasound probe with a frequency of the second harmonic. This wave appears in the tissues as a result of the propagation of the ultrasound beam of a fundamental frequency and has a two times higher frequency from the wave sent. There are various ways to obtain harmonic images, which result in different final images. Harmonic imaging as a rule reduces the number of artifacts, increasing the contrast of the images. The improvement of quality consists in clearer visualization of characteristics of fluid structures, which enables one to differentiate them from solid lesions with a greater degree of confidence. Other advantages of harmonic imaging include more precise visualization of the margins of anatomical structures and focal lesions, increase in the contrast between different structures as well as highlighting shadows behind calcifications or fibrosis or boosting echo enhancement behind a fluid lesion, which represents diagnostically useful highlighting of artifacts⁽⁴⁻⁶⁾. Some harmonic imaging techniques may reduce the range of visualized structures, especially in the case of deeply located lesions or bad acoustic window for the right adrenal gland in the presence of a fatty liver.

Modern ultrasound scanners allow for real-time spatial compound images to be obtained. This technique consists in combining images obtained as a result of "looking" at an object by the ultrasound wave from different angles (and not only from a right angle as in the conventional sonography). This allows for despeckling of the image and improves the visibility of lesion margins and the signal-to-noise ratio (increasing the contrast between the visualized structures)⁽⁷⁾. It is important here to stress the fact that reducing the speckles in the image, has a significant impact on the assessment of a lesion or organ: the image is smoothed (although without the loss of important anatomical details), artifacts are eliminated from fluid areas (the areas thus become "darker and clearer"), while real tissue echoes originating from the non-fluid content of complex cysts such as septa, masses and calcifications are more visible (due to decreased noise). The disadvantage of this technique is the reduction of the posterior echo, or enhancement (e.g. behind a cyst) or a shadow (e.g. behind a stone or calcification), which may make diagnosis or differentiation between lesions more difficult. However, reducing the shadow behind structures such as fibrosis may be treated as an advantage, since it allows for a better visualization of tissues which are located deeper. The advantages and disadvantages of real-time compound sonography are also related to the initial number of component images, which may be adjusted in some devices.

Dyskusja

Wśród nowych technik polepszających wizualizację guzów nadnerczy w ultrasonografii przezbrzuszej należy wymienić obrazowanie harmoniczne, obrazowanie złożone przestrzennie oraz ultrasonografię trójwymiarową.

Obrazowanie harmoniczne polega na uzyskiwaniu obrazów z fali odbieranej przez szerokopasmową głowicę ultrasonograficzną o częstotliwości drugiej harmonicznej. Fala ta powstaje w tkankach w wyniku rozchodzenia się w nich wiązki ultrasonograficznej o częstotliwości podstawowej i ma dwa razy większą częstotliwość od fali nadawanej. Istnieją różne sposoby uzyskiwania obrazów harmonicznnych, dające różne obrazy wynikowe. Z założenia obrazowanie harmoniczne zmniejsza liczbę artefaktów, zwiększając kontrast obrazów. Polepszenie jakości polega na wyraźniejszym uwidocznieniu cech struktur płynowych, co pozwala na pewniejsze różnicowanie ze zmianami litymi. Kolejną zaletą obrazowania harmonicznego jest dokładniejsza wizualizacja granic struktur anatomicznych i zmian ogniskowych, zwiększenie kontrastu między różnymi strukturami oraz podkreślenie cieni za zwapnieniami lub zwłóknieniami albo uwydatnienie wzmocnienia echa za zmianą płynową – co jest korzystnym z punktu widzenia diagnostycznego uwypukleniem artefaktów⁽⁴⁻⁶⁾. Niektóre techniki obrazowania harmonicznego mogą zmniejszać zasięg uwidoczniionych struktur, szczególnie w przypadku zmian położonych głęboko lub złego okna akustycznego dla prawego nadnercza w stłuszczeniu wątroby.

W nowoczesnych ultrasonografach istnieje możliwość uzyskania obrazów złożonych przestrzennie w czasie rzeczywistym. Technika tego badania polega na składaniu obrazów powstających w wyniku „patrzenia” na obiekt przez falę ultrasonograficzną pod różnymi kątami (a nie tylko pod kątem prostym jak w klasycznej ultrasonografii). Pozwala to na zmniejszenie ziarnistości obrazu oraz poprawia widoczność granic zmian i stosunek sygnału do szumu (zwiększenie kontrastu między obrazowanymi strukturami)⁽⁷⁾. Należy przy tym zaznaczyć, że zmniejszenie ziarnistości obrazu w sposób istotny wpływa na ocenę zmiany czy narządu w porównaniu z klasycznymi obrazami ultrasonograficznymi w skali szarości: ulega on wygładzeniu (choć bez utraty istotnych szczegółów anatomicznych), eliminowane są artefakty z przestrzeni płynowych (które przez to stają się „ciemniejsze i czystsze”), podczas gdy prawdziwe echa tkankowe, pochodzące z niepłynowej zawartości torbieli złożonych, jak przegrody, masy i zwapnienia, stają się lepiej widoczne (ze względu na zmniejszenie szumu). Wadą tej techniki jest redukcja tylnego echa, tj. wzmocnienia (np. za torbielą) lub cienia (np. za złoگیem lub zwapnieniem), co może utrudniać rozpoznanie czy różnicowanie zmian. Jednakże zmniejszenie cienia za strukturami takimi jak zwłóknienia może być traktowane jako zaleta, gdyż pozwala lepiej uwidocznić tkanki położone głębiej. Zalety i wady ultrasonografii złożonej w czasie rzeczywistym są też związane z liczbą wyjściowych obrazów składowych, która w niektórych aparatach może być regulowana.

New ultrasound devices allow for combining different image enhancement options. The concurrent use of e.g. compound and harmonic imaging may improve the parameters of the image in comparison with each of these techniques used separately, and especially with conventional sonography.

The paper demonstrates a variety of echogenicity patterns of benign adrenal focal lesions. The image of an adrenal tumor often depends on its size⁽⁸⁾. The assessment of echogenicity on B-mode images using new ultrasound techniques also demonstrated that as the diameter of tumors increased, the more frequently they were inhomogeneous or had a mixed echogenicity. No statistically significant differences in the size of masses were demonstrated in differentiating between nodular hyperplasia of adrenal cortex and adenomas. However, the possibility of differentiating between nodular hyperplasia and adenoma using the parameters of hypoechogenicity and homogeneity was demonstrated, with the sensitivity and specificity of 100% and 41.7%, respectively. The question of differentiating between nodular hyperplasias of the adrenal cortex and adenomas is often missing from papers on diagnostic imaging of adrenal masses. It turned out to have a better sensitivity and specificity, than with the parameter of echogenicity, of 100% and 83%, respectively, based on the assessment of the inflow dynamics pattern of a third-generation ultrasound contrast agent (SonoVue) with parametric images⁽⁹⁾.

The group of myelolipomas in our material is characterized by a greater variety of images than in the literature⁽⁸⁾: from hyperechogenic masses, which are considered to be typical, through mixed-echogenicity masses, to a hypoechogenic tumor.

The ultrasound examination, apart from the indisputable usefulness in the detection and monitoring of adrenal masses, may suggest a differential diagnosis.

The most common adrenal masses, adenomas, which account for 80% of such lesions, are presented in the literature as small (<3 cm), hypoechogenic, oval, with well-defined margins and a homogenous echostructure. However, despite these characteristics, the need for further imaging verification of these lesions (computed tomography, magnetic resonance imaging) in order to confirm the diagnosis is emphasized⁽⁸⁾.

In summary it is important to point out that despite the generally accepted rules as regards the echostructure of adrenal masses, including benign tumors such as adenomas, myelolipomas and cysts⁽⁸⁾, the presented material with the image documentation indicates that in the case of incidentalomas there is a need to use the generally accepted algorithm of assessment with application of computed tomography or magnetic resonance imaging.

A unique capability of sonography (including applying a third-generation contrast agent and parametric imaging) is differentiation between nodular hyperplasia of

Nowe ultrasonografy pozwalają na łączenie różnych opcji poprawiających jakość obrazu. Jednoczesne zastosowanie np. obrazowania złożonego i harmonicznego może udoskonalić parametry obrazu w stosunku do każdej z tych technik zastosowanej oddzielnie, a zwłaszcza w stosunku do ultrasonografii konwencjonalnej.

W pracy wykazano różnorodność wzorców echogeniczności łagodnych zmian ogniskowych nadnerczy. Obraz guza nadnercza często zależy od jego wielkości⁽⁸⁾. Również ocena echogeniczności na obrazach B-mode z zastosowaniem nowych technik ultrasonograficznych wykazała, że wraz ze zwiększaniem średnicy guzy są częściej niejednorodne lub o mieszanej echogeniczności. W zakresie różnicowania między guzkowym rozrostem kory nadnercza a gruczolakami nie wykazano statystycznie istotnych różnic między wielkością tych guzów, natomiast wykazano możliwość różnicowania rozrostu guzkowego oraz gruczolaka z zastosowaniem parametru hipoechogeniczności i jednorodności z czułością i swoistością odpowiednio 100% i 41,7%. Często pomijane w opracowaniach dotyczących zastosowania diagnostyki obrazowej guzów nadnerczy różnicowanie między guzami rozrostu guzkowego kory nadnercza a gruczolakami okazało się mieć lepszą czułość i swoistość niż dla parametru echogeniczności, odpowiednio 100% i 83%, w oparciu o ocenę wzorca dynamiki napływu ultrasonograficznego środka kontrastującego trzeciej generacji (SonoVue) na obrazach parametrycznych⁽⁹⁾.

W grupie guzów *myelolipoma* w naszym materiale zwraca uwagę większa niż w piśmiennictwie⁽⁸⁾ różnorodność obrazów: od guzów hiperechogenicznych, uznawanych za typowe, przez guzy o mieszanej echogeniczności, po guz hipoechogeniczny.

Badanie ultrasonograficzne, poza niewątpliwą korzyścią w wykrywaniu i monitorowaniu guzów nadnerczy, może sugerować rozpoznanie różnicowe.

Najczęstsze guzy nadnerczy, jakimi są gruczolaki, które stanowią 80% guzów nadnerczy, są przedstawiane w piśmiennictwie jako małe (<3 cm), hipoechogeniczne, owalne, z gładkimi, dobrze zdefiniowanymi granicami oraz jednorodną echostrukturą. Jednak mimo tych cech podkreślana jest konieczność ich dalszej weryfikacji obrazowej (tomografia komputerowa, obrazowanie rezonansu magnetycznego) w celu potwierdzenia diagnozy⁽⁸⁾.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że mimo ogólnie przyjętych reguł odnośnie do echostruktury guzów nadnerczy, w tym guzów łagodnych, jak gruczolaki, *myelolipoma* i torbiele⁽⁸⁾, prezentowany materiał wraz z dokumentacją zdjęciową wskazuje na konieczność w sytuacjach przypadkowo wykrytych zmian (incidentaloma) zastosowania ogólnie przyjętego algorytmu oceny w badaniach tomografii komputerowej lub obrazowania rezonansu magnetycznego.

Unikalną możliwością ultrasonografii (w tym ze środkiem kontrastującym trzeciej generacji z zastosowaniem obrazowania parametrycznego) jest możliwość różnicowania między guzkowym rozrostem kory nadnercza a gruczolakami

adrenal cortex and adenomas (these masses should be confirmed as benign lesions containing lipids using computed tomography or magnetic resonance imaging). This is potentially particularly important for patients with Conn's syndrome, which may be the subject of further research (in our material there were no patients with primary hyperaldosteronism).

Conflict of interest

The authors do not report any financial or personal connections with other persons or organizations, which might negatively affect the contents of this publication and/or claim authorship rights to this publication.

Funding/Support and role of the sponsor

This study has received funding as part of a grant program of the Polish Ministry of Science and Higher Education no. N N402481239, implemented in 2010–2014.

References / Piśmiennictwo

1. Jenssen C, Dietrich CF: [Ultrasound and endoscopic ultrasound of the adrenal glands]. *Ultraschall Med* 2010; 31: 228–247.
2. Kasperlik-Zaluska AA, Otto M, Cichocki A, Roslonowska E, Słowińska-Srzednicka J, Jeske W *et al.*: Incidentally discovered adrenal tumors: a lesson from observation of 1,444 patients. *Horm Metab Res* 2008; 40: 338–341.
3. Kasperlik-Zaluska AA, Otto M, Cichocki A, Roslonowska E, Słowińska-Srzednicka J, Zgliczyński W *et al.*: 1,161 patients with adrenal incidentalomas: indications for surgery. *Langenbecks Arch Surg* 2008; 393: 121–126.
4. Słapa RZ, Jakubowski W, Tyminińska B, Aderek G, Szopiński K: Postęp w diagnostyce obrazowej guzów nadnerczy. *Pol Merk Lek* 2000; 8: 430–435.
5. Słapa RZ, Szopiński K, Jakubowski W, Białek E, Serafin-Król M, Młosek RK *et al.*: Tkankowe obrazowanie harmoniczne: ultrasonograficzny przegląd obrazowy. *Twój Magazyn Medyczny* 2002; 6: 7–15.

(zmiany powinny być potwierdzone jako zmiany łagodne zawierające lipidy w badaniu tomografii komputerowej lub obrazowaniu rezonansu magnetycznego). Ma to potencjalnie szczególne znaczenie w grupie chorych z zespołem Conna, co może stanowić przedmiot dalszych badań (w naszym materiale nie było pacjentów z pierwotnym hiperaldosteronizmem).

Konflikt interesów

Autorzy nie zgłaszają żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpłynąć na treść publikacji oraz rościć sobie prawo do tej publikacji.

Źródło finansowania

Badania były finansowane w ramach grantu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr N N402481239, realizowanego w latach 2010–2014.

6. Szopiński KT, Wysocki M, Pajk AM, Słapa RZ, Jakubowski W, Szopińska M: Tissue harmonic imaging of thyroid nodule: initial experience. *J Ultrasound Med* 2003; 22: 5–12.
7. Shapiro RS, Simpson WL, Rausch DL, Yeh HC: Compound spatial sonography of the thyroid gland: evaluation of freedom from artifacts and of nodule conspicuity. *AJR Am J Roentgenol* 2001; 177: 1195–1198.
8. Fan J, Tang J, Fang J, Li Q, He E, Li J *et al.*: Ultrasound imaging in the diagnosis of benign and suspicious adrenal lesions. *Med Sci Monit* 2014; 20: 2132–2141.
9. Słapa RZ, Kasperlik-Zaluska AA, Migda B, Otto M, Jakubowski WS: Application of parametric ultrasound contrast agent perfusion studies for differentiation of hyperplastic adrenal nodules from adenomas. Initial study. *Eur J Radiol* 2015; 84: 1432–1435.