

Submitted: 13.11.2013

Accepted: 27.11.2014

Wieloparametryczna ultrasonografia w diagnostyce worka mosznowego i jąder niezstąpionych u chłopców

Multiparametric ultrasonography of the pediatric scrotum and in boys with undescended testes

Grzegorz Jędrzejewski, Andrzej Paweł Wieczorek

*Zakład Radiologii Dziecięcej, Uniwersytet Medyczny w Lublinie, Lublin, Polska
Correspondence: Grzegorz Jędrzejewski, Zakład Radiologii Dziecięcej, Uniwersytet Medyczny w Lublinie, ul. Chodźki 2, 20-093 Lublin, tel./faks: +48 81 741 84 47, e-mail: gjedrzejewski@wp.pl*

Słowa kluczowe

jądra niezstąpione,
orchidopexja,
sonoelastografia,
ultrasonografia 2D,
ultrasonografia 3D

Key words

undescended testes,
orchiopexy,
sonoelastography,
2D ultrasonography,
3D ultrasonography

Streszczenie

Ze względu na nieinwazyjność i dużą zdolność rozdzielczą badanie sonograficzne jest badaniem z wyboru w obrazowaniu struktur worka mosznowego u dzieci. Pozwala wykazać zmiany niemożliwe do stwierdzenia w badaniu klinicznym. Postępy technologiczne w ostatnich latach dodatkowo wzmocniły znaczenie tego badania. Wraz z wprowadzeniem głowic o częstotliwościach 10–17 MHz poprawiła się rozdzielczość obrazów jąder pediatrycznych oraz rozdzielczość kanałów pachwinowych, co ma szczególne znaczenie w ocenie jąder niezstąpionych i wędrujących, a także brzusznych. Pojawiły się także nowe narzędzia diagnostyczne, takie jak obrazowanie trójwymiarowe czy elastografia, których zastosowanie może dostarczyć wielu dodatkowych informacji w ocenie jąder u dzieci, a także w monitorowaniu leczenia bądź kontrolach pooperacyjnych. Badanie 3D umożliwia dokładniejszą ocenę położenia jądra niezstąpionego, objętości jądra, a także ocenę waskularyzacji. Elastografia może być stosowana w ocenie zmian ogniskowych, zmian poniedokrwiennych, niejasnych przestrzeni płynowych, jąder niezstąpionych i po orchidopexji.

Abstract

Due to its noninvasiveness and high resolving power, ultrasound examination is the examination of choice for the imaging of the structures of the pediatric scrotum. It allows to reveal changes impossible to find in the course of a clinical examination. Its significance has increased over the past few years due to the technological developments. The introduction of transducers with frequency of 10–17 MHz has improved the resolution of pediatric testes images as well as the resolution of the inguinal canals images, which has been of particular importance for the evaluation of undescended, retractile and abdominal testes. New diagnostic tools have also been introduced, such as 3D imaging or elastography, whose application has helped provide valuable additional information for the evaluation of pediatric testes, for treatment monitoring, and for post-surgical follow-up examinations. 3D imaging facilitates a more accurate evaluation of the location of an undescended testicle, testicular volume, and vascularization. Elastography may be used for the evaluation of focal lesions, post-ischemic lesions, unclear fluid spaces, undescended testes, and following orchiopexy.

Wstęp

Podstawową metodą diagnostyczną w obrazowaniu struktur worka mosznowego jest badanie 2D pozwalające na ocenę struktury jądra, wielkości oraz – w przypadku wykonania trzech pomiarów – przybliżonej objętości. Można również zastosować badanie dopplerowskie, coraz czulsze, wykrywające niską prędkość przepływu, co ma duże znaczenie w ocenie jąder u małych chłopców. Badanie to bardzo dobrze obrazuje kanał pachwinowy i jego zawartość, a co za tym idzie – umożliwi ocenę umiejscowienia jądra w kanale pachwinowym oraz jego przepływów. Pokazuje także zmiany, takie jak zmniejszenie wielkości niezstąpionego jądra czy zmiany w jego strukturze.

Mimo tak doskonałych możliwości potrzebne jest narzędzie, które umożliwi ocenę stanu niezstąpionego jądra przed zabiegiem operacyjnym lub po nim, a także prognozę dotyczącą funkcjonowania jąder w przyszłości. Jest to trudne przede wszystkim ze względu na czas, jaki dzieli podjęcie pełnej funkcji przez jądro od zabiegu operacyjnego. Głównie stosuje się tutaj ocenę objętości, którą próbuje się przełożyć na funkcję jądra. Można do tego dołączyć zliczanie segmentów naczyniowych, ocenę spektrum przepływu. Pojawiły się także nowe narzędzia diagnostyczne, takie jak sonoelastografia i ultrasonografia trójwymiarowa.

Ultrasonografia trójwymiarowa (3D ultrasound, 3DUS)

Technologia 3D dostarcza wielu ciekawych funkcji, które można wykorzystać jako uzupełnienie badania w opcji 2D. Obraz narządu bądź patologii przedstawiany jest w wielu różnych płaszczyznach. Istotną okazuje się zwłaszcza płaszczyzna czołowa (której obrazu w przypadku między innymi jąder niezstąpionych zwykle nie możemy uzyskać w trakcie badania 2D), ponieważ pozwala precyzyjniej określić dokładne położenie takiego jądra w samym kanale pachwinowym bądź jego zachyłkach, w których można spotkać jądra ektopowe⁽¹⁾ (ryc. 1).

W badaniu 3D ocena objętości jądra lub zmian ogniskowych jest dokładniejsza, gdyż możemy odwzorować dokładny kształt interesującego nas obszaru. Pomiar w zarchiwizowanym badaniu podlega wielokrotnemu odtworzeniu. Ocena objętości jądra w badaniu 2D zależy od dokładności pomiarów w trzech płaszczyznach, których nie można poprawić w zarchiwizowanych badaniach⁽²⁾. Właśnie archiwizacja badań 3D ma olbrzymi potencjał w standaryzacji badań. Umożliwia późniejszy powrót do pełnych danych pacjenta, monitorowanie zmian, a także zbadanie korelacji z innymi badaniami obrazowymi⁽¹⁾.

Połączenie opcji 3D i dopplera mocy pozwala na dokładniejszą ocenę jakościową i ilościową unaczynienia narządu oraz zachodzących w nim zmian. Pokazuje patologiczne unaczynienie, umożliwia też wyliczenie indeksu waskularyzacji, czyli stosunku ilości naczyń do określonej objętości, zmiany bądź całego narządu (ryc. 2). Indeks waskularyzacji ma olbrzymi potencjał diagnostyczny, ponieważ pozwala na

Introduction

The basic diagnostic method for scrotal structures imaging is 2D examination allowing for the evaluation of a testicle's structure, size and – in the case of a measurements in three planes – estimating the volume. The increasingly sensitive Doppler scan may also be used, to detect low flow speed, which is of considerable importance for the evaluation of testes in young boys. The examination renders a very good image of the inguinal canal and its content, thus allowing to locate the testicle in the canal and determine its flows. It also reveals changes such as decrease in the size of an undescended testicle, or changes in its structure.

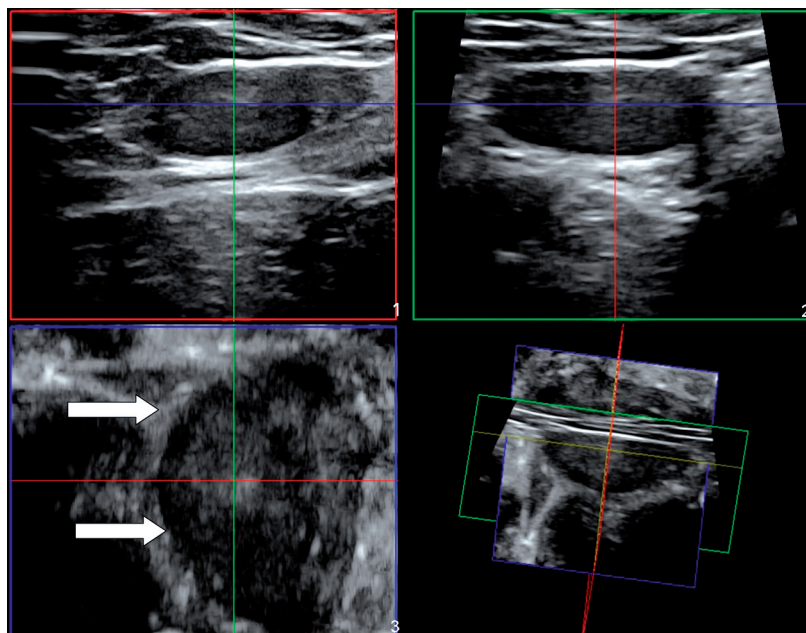
Despite such excellent imaging opportunities, we still need a tool helping to evaluate the condition of an undescended testicle prior to and following a surgical procedure, and to provide a prognosis on the function of the testes in the future. This proves difficult mainly due to the time which lapses before a testicle resumes its full function after the procedure. The general tendency is to evaluate the testicular volume, trying to translate it into the testicle's function. This can be accompanied by counting the vascular segments and the evaluating the flow spectrum. New diagnostic methods, such as sonoelastography and 3D ultrasonography have also emerged.

3D ultrasound (3DUS)

3D technology provides numerous interesting functions that may be used alongside the 2D examination. The image of an organ or a pathological structure is presented in many different planes. The coronal plane (for conditions such as undescended testes frequently unobtainable in a 2D scan) proves particularly significant, as it helps to determine more accurately the exact location of such a testicle in the inguinal canal itself or in an inguinal pouch where ectopic testes are sometimes found⁽¹⁾ (fig.1).

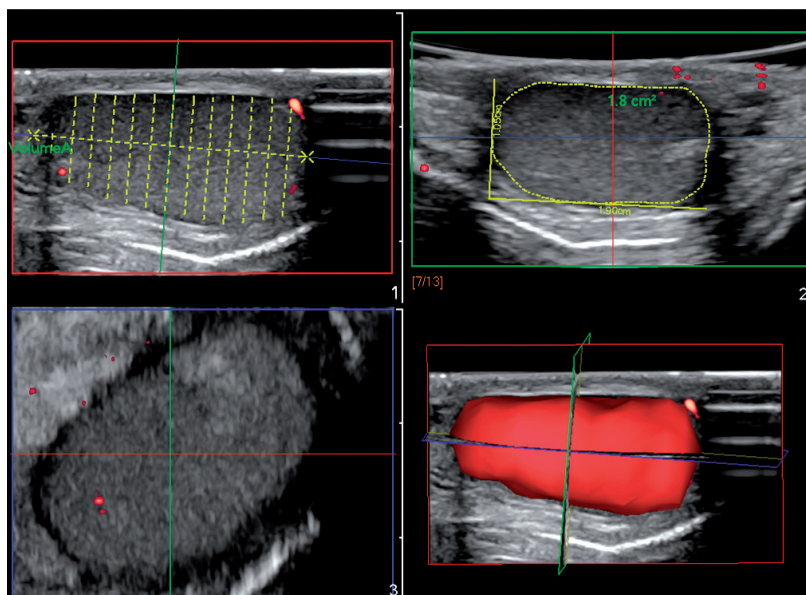
In a 3D examination the evaluation of a testicular volume or focal lesions is more accurate as we can map the exact shape of an area of interest. In an archived examination the measurements may be viewed repeatedly. The evaluation of a testicular volume in a 2D scan depends on the accurateness of measurements in the three planes, and they cannot be corrected in the archived examinations⁽²⁾. It is precisely the archiving of 3D examinations that has huge potential for standardizing examinations. It allows to recover a patient's full data in the future, to monitor changes, and to examine the correlation with other imaging modalities⁽¹⁾.

Combining 3D option with power Doppler helps to deliver a more accurate qualitative and quantitative assessment of the vascularization of an organ and the changes occurring therein. It reveals pathologic vascularization and enables to calculate the vascularization index, i.e. the ratio of the number of vessels to a given volume, lesion or entire organ (fig. 2). The vascularization index has a huge diagnostic potential, since it allows to monitor,



Ryc. 1. Badanie 3D w trzech płaszczynach i rekonstrukcja wielopłaszczyznowa (slice plane), jądro w kanale pachwinowym, strzałki – płaszczyna czołowa

Fig. 1. 3D examination in three planes and slice plane, testicle in the inguinal canal, arrows – coronal plane



Ryc. 2. Badanie 3D, norma. Pomiar objętości i indeksu waskularyzacji jądra

Fig. 2. 3D examination, normal result. Measurement of the testicular volume and VI (vascularization index)

monitorowanie – bez użycia środków kontrastowych – wszelkich patologii, w których dochodzi do zmian w unaczynieniu. Pomiar indeksu waskularyzacji może mieć znaczenie w przypadku oceny dobrostanu jąder po zabiegach operacyjnych, po skrętach i wielu innych przypadkach klinicznych związanych nie tylko z układem płciowym. W przypadku jąder prawidłowych zwykle nie przekracza on 10%, a w zmianach patologicznych może dochodzić nawet do 30%. U chłopców z wewnątrzem indeks waskularyzacji był niższy w jądrach

without any contrasting agents, all kinds of pathologies where vascularization changes occur. The vascularization index measurement may be significant for the evaluation of the health of testes following surgical procedures, torsions, as well as various other clinical conditions, including ones unrelated to the reproductive system. For normal testes the index tends not to exceed 10%, whereas in pathologic changes it amounts to 30%. In boys displaying cryptorchidism the vascularization index was lower

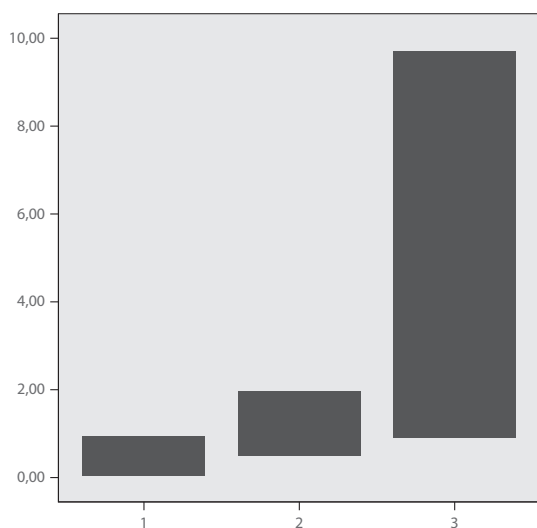
niezstąpionych, a także w jądrach sprowadzonych do moszny (ryc. 3). U pacjentów z guzami wywodzącymi się z ektopowej tkanki nadnerczowej (*testicular adrenal rest tumor*, TART) indeks waskularyzacji zmian obniżał się w trakcie leczenia, co może wskazywać na obniżenie aktywności zmian⁽³⁾. Wystandaryzowanie metody wymaga oczywiście dodatkowych badań na większej grupie pacjentów.

Niestety, możemy napotkać także pewne ograniczenia badań 3D moszny u dzieci. Należą do nich: brak współpracy pacjenta, gorsza rozdzielczość niż w USG 2D, potrzeba analizy komputerowej, mniejszy rozmiar obszarów zainteresowania czy mniejsze rozmiary badanych narządów. Mimo to, jeśli pozwala na to stosowana aparatura, badanie 3D powinno być wykonywane jako uzupełnienie badania 2D.

Sonoelastografia czasu rzeczywistego (*real-time sonoelastography*, RTSE)

Elastografia jest coraz szerzej stosowaną metodą w diagnostyce ultrasonograficznej, także w ocenie struktur moszny. Dotychczasowe publikacje wskazują na znaczący potencjał elastografii w ocenie zmian ogniskowych w jądrze i lepszym ich zróżnicowaniu, a także odróżnianiu zmian zapalnych od guzowatych⁽⁴⁾. Dodatkowo wskazują na możliwość odróżniania niejasnych zmian płynowych, np. krwiaków od guzów litych⁽⁵⁾. Prace te dotyczą głównie dorosłych mężczyzn, u których częściej dochodzi do powstawania zmian guzowatych. U dzieci zmiany te są zdecydowanie rzadsze, dlatego zastosowanie elastografii będzie użyteczne raczej w innych schorzeniach.

Prawidłowe jądro wykazuje dość jednorodną strukturę, o wysokiej sztywności (spistości) (ryc. 4). Zmiany ogniskowe mogą być lepiej wyodrębnione w badaniu elastograficznym, jako obszary o jeszcze wyższej spistości



Ryc. 3. Indeks waskularyzacji u pacjentów z jądrami niezstąpionymi (1), po orchidopexji (2) i w grupie kontrolnej (3)

Fig. 3. VI in patients with undescended testes (1), following orchidopexy (2), and in control group (3)

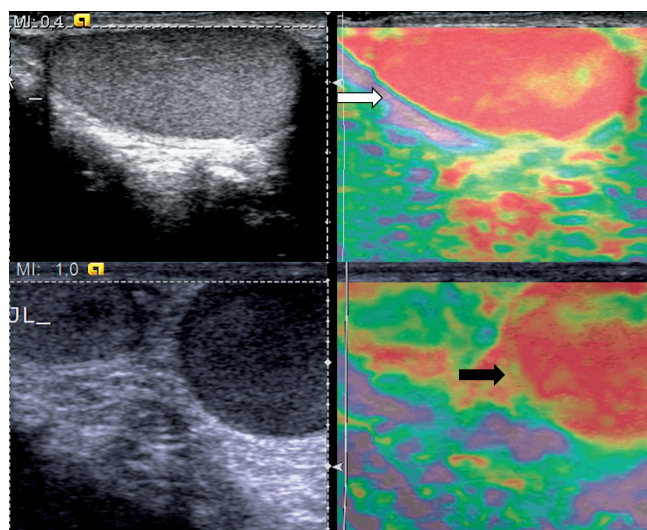
in undescended testes, as well as in testes moved to the scrotal sac (fig. 3). In patients with testicular adrenal rest tumors (TART), the vascularization index decreased as treatment proceeded, possibly pointing to a decrease in the activity of the lesions⁽³⁾. However, before the method is standardized, further research on a larger patient group is necessary.

Unfortunately, there also exist limitations of 3D scrotum examinations in children, including lack of patient's cooperation, poorer resolution than in 2DUS, the need for computer analysis, the smaller size of the regions of interest and of organs to be examined. Nonetheless, wherever the device allows, a 3D scan should be performed to accompany the 2D one.

Real-time sonoelastography (RTSE)

Elastography is an increasingly popular method applied in the ultrasound diagnostics, including the assessment of the scrotal structures. The publications so far have indicated a significant potential of elastography for the evaluation of focal lesions in the testicle and for their improved differentiation as well as for distinguishing inflammatory from mass lesions⁽⁴⁾. Moreover, they have also pointed to the potential for distinguishing unclear fluid lesions, e.g. hematoceles, from solid tumors⁽⁵⁾. The research however has mostly been concerned with adult men who are more prone to develop mass lesions which in children are much less prevalent. Hence, the application of elastography tends to be found useful for diagnosing other conditions.

A normal testicle tends to display homogenous structure of high stiffness (fig. 4). Focal lesions may be better isolated in the elastographic examination, as areas of even increased stiffness as compared to the normal testicular parenchyma

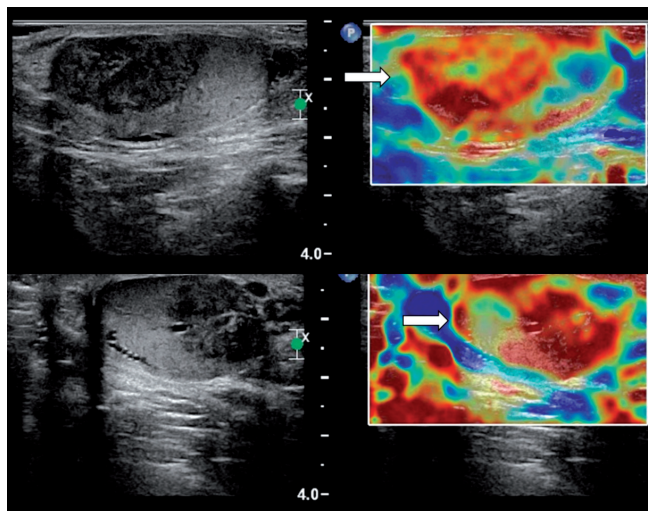


Ryc. 4. Obraz 2D i elastografia prawidłowego jądra (biała strzałka) oraz włóknistego guza rzekomego (czarna strzałka)

Fig. 4. 2D image and elastography of a normal testicle (white arrow) and a fibrous pseudotumor (black arrow)

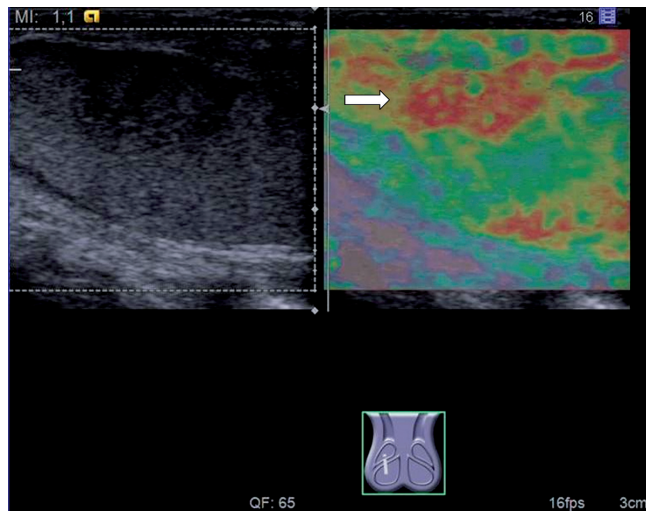
w stosunku do prawidłowego mięszu jądra (ryc. 4, 5). W przypadku takich zmian, rozlanych bądź ogniskowych, prawidłowy mięsz jądra wykazuje spistość pośrednią⁽⁶⁾. Podobnie zachowują się guzy łagodne, TART (ryc. 5), potworniak, torbiel skórzasta oraz guzy rzekome, dlatego sama elastografia nie może być stosowana w diagnostyce różnicowej tych zmian^(7,8). U pacjentów z TART zaobserwowano wyrównywanie się spistości zmiany i pozostałego mięszu jądra, co może świadczyć o zmniejszeniu się sztywności tkanek guza. Elastografia wychwytuje z większą dokładnością zmiany poniedokrwienne i bliznowate.

(figs. 4, 5). In the case of such lesions, whether diffuse or focal, the normal parenchyma of the testicle displays intermediate stiffness⁽⁶⁾. A similar pattern may be found in conditions such as benign tumors, TART (fig. 5), teratomas, dermoid cysts and pseudotumors, hence elastography on its own is insufficient for the sake of differentiative diagnosis thereof^(7,8). In TART patients the stiffness of lesions and the remaining testicular parenchyma has been observed to even out which may be an evidence of a decrease in the stiffness of the tumor tissue. Elastography proves a more accurate method of finding post-ischemic and scarring



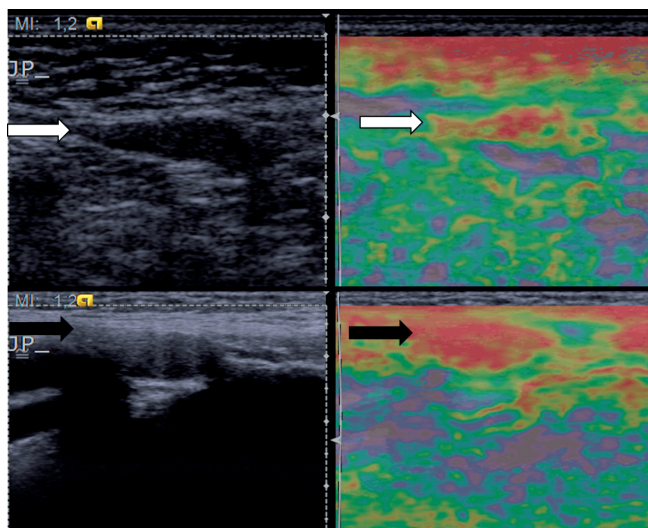
Ryc. 5. Guzy jąder (TART) (białe strzałki) u pacjenta z wrodzonym przerostem kory nadnerczy

Fig. 5. TART (white arrows) in a patient with congenital adrenal hyperplasia



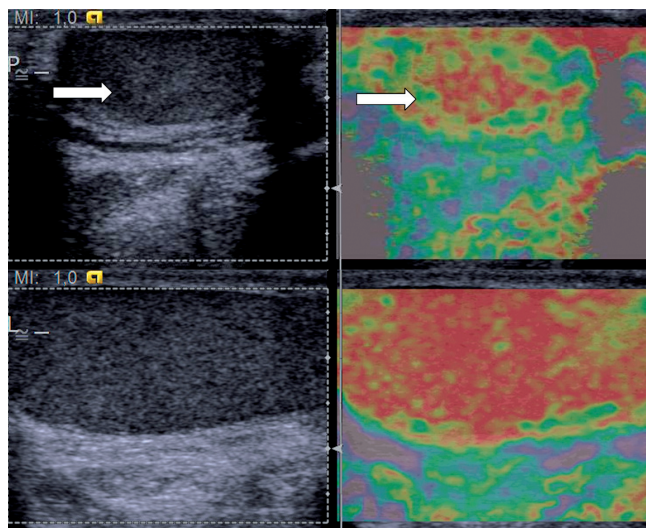
Ryc. 6. Elastografia jądra trzy tygodnie po skręcie jądra. Zmiany bliznowate o wyższej spistości

Fig. 6. Elastography of a testicle 3 weeks after a torsion incident. Scarring lesions of increased cohesion



Ryc. 7. Elastografia jądra znajdującego się w kanale pachwinowym (białe strzałki) i w jamie brzusznej (czarne strzałki)

Fig. 7. Elastography of a testicle located in the inguinal canal (white arrows), and in the abdominal cavity (black arrows)



Ryc. 8. Elastografia jąder dwa lata po prawostronnej orchidopexji. Jądro prawe mniejsze, o niejednorodnej strukturze elastograficznej, z obszarami o wzmożonej spistości

Fig. 8. Elastography of a testicle 2 years after a right-side orchidopexy. Right testicle smaller, of heterogeneous elastographic structure, with areas of enhanced stiffness

Już kilka tygodni po skręcie, w przypadku gdy mimo zabiegu dojdzie do niedokrwienia i pojawiają się nieostro odgraniczone, słabiej unaczynione zmiany, elastografia wychwytuje je z większą dokładnością, jako obszary o wzmożonej spoistości (ryc. 6). Podobnie w przypadku zmian wstecznych pourazowych.

Ponadto elastografia może pomóc potwierdzić obecność niezstąpionych jąder w jamie brzusznej czy kanale pachwinowym, zwłaszcza w przypadku małych, słabo zróżnicowanych struktur (ryc. 7). W przypadku jąder po orchidopeksji w badaniu tym można wykazać obszary o zwiększonej sztywności wewnątrz jąder (ryc. 8) bądź w tkankach otaczających jądra⁽³⁾.

Większość wymienionych zastosowań RTSE należy uznać za obserwacje wstępne, wymagające dalszych badań. Stosunkowo łatwość wykonania tego badania umożliwia jego zastosowanie u dzieci. Mimo to – ze względu na niepokój i ruchliwość pacjenta – mogą pojawić się pewne ograniczenia. Ponadto RTSE dostarcza tylko jakościowych informacji o ściśliwości tkanek, które w dużym stopniu są zależne od techniki badania.

Podsumowanie

Zastosowanie nowoczesnych metod ultrasonograficznych, takich jak obrazowanie trójwymiarowe czy elastografia, może dostarczyć wielu dodatkowych informacji w ocenie jąder u dzieci, a także w monitorowaniu leczenia lub kontrolach pooperacyjnych. Badanie 3D pozwala na dokładniejszą ocenę położenia jądra niezstąpionego, objętości jądra, a także ocenę waskularyzacji. Elastografia może być stosowana w ocenie zmian ogniskowych, zmian poniedokrwieniowych, niejasnych przestrzeni płynowych, jąder niezstąpionych i po orchidopeksji.

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.

Piśmiennictwo/References

1. Riccabona M: Pediatric three-dimensional ultrasound: basics and potential clinical value. *Clin Imaging* 2005; 29: 1–5.
2. Elwagdy S, Razmy S, Ghoneim S, Elhakim S: Diagnostic performance of three-dimensional ultrasound extended imaging at scrotal mass lesions. *Int J Urol* 2007; 14: 1025–1033.
3. Jędrzejewski G, Ben-Skowronek I, Wozniak MM, Brodzisz A, Budzyska E, Wieczorek AP: Testicular adrenal rest tumors in boys with congenital adrenal hyperplasia: 3D US and elastography – do we get more information in diagnosis and monitoring? *J Pediatr Urol* 2013; 9: 1032–1037.
4. Goddi A, Sacchi A, Magistretti G, Almolla J, Salvatore M: Real-time tissue elastography for testicular lesion assessment. *Eur Radiol* 2012; 22: 721–730.
5. Grasso M, Blanco S, Raber M, Nespoli L: Elasto-sonography of the testis: preliminary experience. *Arch Ital Urol Androl* 2010; 82: 160–163.
6. Itoh A, Ueno E, Tohno E, Kamma H, Takahashi H, Shiina T *et al.*: Breast disease: clinical application of US elastography for diagnosis. *Radiology* 2006; 239: 341–350.
7. Huang DY, Sidhu PS: Focal testicular lesions: colour Doppler ultrasound, contrast-enhanced ultrasound and tissue elastography as adjuncts to the diagnosis. *Br J Radiol* 2012; 85 Spec No 1: S41–S53.
8. Patel K, Sellars M, Clarke JL, Sidhu PS: Features of testicular epidermoid cysts on contrast-enhanced sonography and real-time tissue elastography. *J Ultrasound Med* 2012; 31: 115–122.

lesions. Within no more than a few weeks after a torsion incident, whenever ischemia has taken place despite a surgical procedure, and unclearly marked lesions of inferior vascularization occur, elastography very sensitively detects them as areas of enhanced stiffness (fig. 6). It is similar in the case of post-traumatic regressive changes.

Elastography may also help to confirm the presence of undescended testes in the abdominal cavity or in the inguinal canal, especially in the case of small, poorly differentiated structures (fig. 7). The examination of testes which have undergone orchiopexy may establish areas of increased stiffness inside the testes (fig. 8) or in the tissues surrounding them⁽³⁾.

The majority of the RTSE applications been mentioned here should only serve as initial observations in need of further research. Since the examination is relatively simple to perform, it may be used on children. Nonetheless, due to a child's anxiety and restlessness, certain limitations are likely to occur. Moreover, RTSE provides solely qualitative information on the compressibility of tissues, the information varying largely depending on examination technique.

Conclusion

The application of modern ultrasonography methods such as 3D imaging or elastography may provide a wealth of additional information for the sake of the assessment of pediatric testes, as well as in the course of treatment monitoring and post-surgical follow-up examinations. 3D examination facilitates a more accurate assessment of the location of an undescended testicle, testicular volume, as well as vascularization assessment, whereas elastography may be used for the evaluation of focal lesions, post-ischemic lesions, unclear fluid spaces, undescended testes, and testes having undergone an orchiopexy.

Conflict of interest

Authors do not report any financial or personal links with other persons or organizations, which might affect negatively the content of this publication and/or claim authorship rights to this publication.