

(20)

Zastosowanie trójwymiarowej ultrasonografii w okulistyce

The applications of three-dimensional ultrasound scans in ophthalmology

Michał Wilczyński, Irena Suprunowicz

Z Kliniki Chorób Oczu Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Wojciech Omulecki

Summary:

Development of ophthalmology in recent years is connected with perfecting diagnostic methods and equipment. Ultrasound examination, because of its good availability, repetitiveness and non-invasiveness has become a commonly used method in ophthalmic diagnosis.

Three-dimensional ultrasound (3DUS), also called three-dimensional ultrasound tomography, is an advanced method based on digital analysis of series of two-dimensional images. This technique is especially useful in ocular oncology, vitreoretinal pathologies and ocular trauma.

Authors present selected cases visualised using 3DUS technique and discuss its advantages in comparison with traditional two-dimensional scans.

Słowa kluczowe: ultrasonografia trójwymiarowa, USG, 3DUS.

Key words: three-dimensional ultrasound, US, 3DUS.

Wstęp

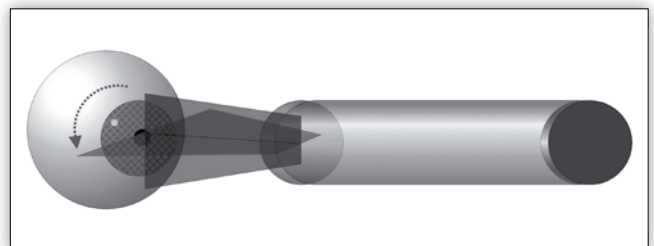
Obserwowany w ostatnich latach rozwój okulistyki wiąże się między innymi z ciągłym doskonaleniem metod obrazowania i aparatury diagnostycznej. Badanie ultrasonograficzne, ze względu na szeroką dostępność, techniczną łatwość wykonania badania, powtarzalność i nieinwazyjność, stało się metodą powszechnie stosowaną w diagnostyce chorób oka. Jest ono przydatne w diagnozowaniu szeregu schorzeń, szczególnie w przypadkach istnienia nieprzezierności ośrodków optycznych.

Najpowszechniej stosowane są: prezentacja A (ang. amplitude), wykorzystywana zarówno jako osobna metoda diagnostyczna, jak i element biometrii gałki ocznej, oraz prezentacja B (ang. brightness), w której obraz wyświetlany jest w postaci punktów o różnej jasności, odzwierciedlających amplitudę badanego obiektu i położonych w jednej płaszczyźnie (1). W praktyce klinicznej stosowane są także: ultrasonografia dopplerowska, umożliwiająca badanie przepływu krwi w tętnicach, biomikroskopia ultradźwiękowa (UBM – ang. ultrasound biomicroscopy), umożliwiająca obrazowanie struktur przedniego odcinka gałki ocznej oraz ultrasonografia wysokiej częstotliwości (tzw. prezentacja C), służąca do otrzymywania obrazów akustycznych preparatów histologicznych (2).

Trójwymiarowa ultrasonografia, zwana także trójwymiarową tomografią ultradźwiękową (3DUS – ang. three-dimensional ultrasound tomography), to zaawansowana technicznie metoda diagnostyczna oparta na analizie komputerowej serii obrazów dwuwymiarowych. Technika ta znajduje zastosowanie głównie w diagnostyce chorób z zakresu onkologii okulistycznej, patologii witreoretinalnych oraz urazów gałki ocznej (1).

Technika badania 3DUS

Trójwymiarowa ultrasonografia gałki ocznej wykorzystuje sondę dającą obraz w prezentacji B. Wiązka ultradźwięków, dzięki rotacji sondy, nie jest ograniczona do jednej płaszczyzny (jak w klasycznej prezentacji B), lecz pozwala na uzyskanie informacji o badanej przestrzeni o kształcie stożka (1). Podobnie jak w prezentacji B, amplituda sygnału wyświetlana jest w formie punktów o różnej jasności – wyższa amplituda sygnału odpowiada większej jasności punktów. Sondę przykłada się przez zamknięte powieki, trzymając ją nieruchomo w jednej pozycji podczas całego procesu skanowania przestrzennego. W czasie uzyskiwania obrazów trójwymiarowych sonda obraca się o 180° wokół swej osi (ryc.1). Jednocześnie komputer zapisuje serię dwuwymiarowych obrazów w projekcji B przybierających postać pojedynczego „skanu objętościowego”. Ruch sondy jest precyzyjnie sterowany przez komputer, co pozwala na uzyskanie geometrycznie dokładnych obrazów, a to z kolei umożliwia dokonywanie pomiarów badanych obiektów (1). Skanowanie



Ryc. 1. Skanowanie trójwymiarowe – sonda obraca się o 180° wokół swej osi.

Fig. 1. Three-dimensional scanning – the probe revolves 180 degrees around its axis.

trwa kilkanaście sekund, przy czym istotne jest, aby pacjent nie ruszał gałką oczną, gdyż może to spowodować znaczne zniekształcenia uzyskanego obrazu. W sytuacji idealnej centralna oś otrzymanego obrazu pokrywa się z osią rotacji sondy, jednakże w praktyce nie zawsze jest to możliwe do osiągnięcia (ryc. 1).

Każdy obraz cyfrowy można przedstawić jako dwuwymiarowy układ „szachownicy” punktów o określonym kolorze, zwanych pikselami. „Objętościowy” obraz trójwymiarowy składa się z przestrzennej siatki trójwymiarowych pikseli, zwanych woksami. Dzięki temu, że każdy woks posiada przyporządkowane mu koordynaty przestrzenne, możliwe jest odtworzenie obrazu w dowolnej płaszczyźnie (ang. multiplanar reformatting). W wyniku tego procesu uzyskuje się nowy przekrój badanej struktury, bardzo zbliżony do obrazu, który można byłoby uzyskać, przykładając sondę w prezentacji B w tej płaszczyźnie (czasem dany przekrój byłby niemożliwy do uzyskania inną metodą – np. przekrój gałki ocznej w płaszczyźnie czołowej) (1).

Zaawansowane cyfrowe przetwarzanie obrazu pozwala na przedstawienie przestrzenne powierzchni (ang. surface rendering). W tej projekcji ciało szkliste nie jest uwidocznione (jest „przezroczyste”), dzięki czemu możliwa jest wizualizacja struktur o wyższej echogeniczności w postaci płaszczyzn. W celu uzyskania wrażenia trójwymiarowości obliczana komputerowo jasność wkseli jest uzależniona od ich odległości od sondy (1).

Oprogramowanie obsługujące aparat USG pozwala na zmiany niektórych parametrów wyświetlanego obrazu. Możliwe jest manipulowanie takimi parametrami jak: intensywność ech (regulacja skali szarości, ang. shading adjustment), TGC (ang. time gain control) – parametr służący do zmiany nasycenia obrazu w jego przedniej części, całkowite wzmocnienie sygnału (ang. gain), regulacja „głębokości” – kontrast między intensywnością obszarów położonych blisko i daleko od obserwatora (ang. depth adjustment), powiększenie obrazu (zoom) oraz pseudokolor. Dodatkową opcją ultrasonografii trójwymiarowej jest możliwość odtworzenia wykresu w prezentacji A wzdłuż prostej biegnącej w dowolnym kierunku, co umożliwia dokładne pomiary badanych struktur (1).

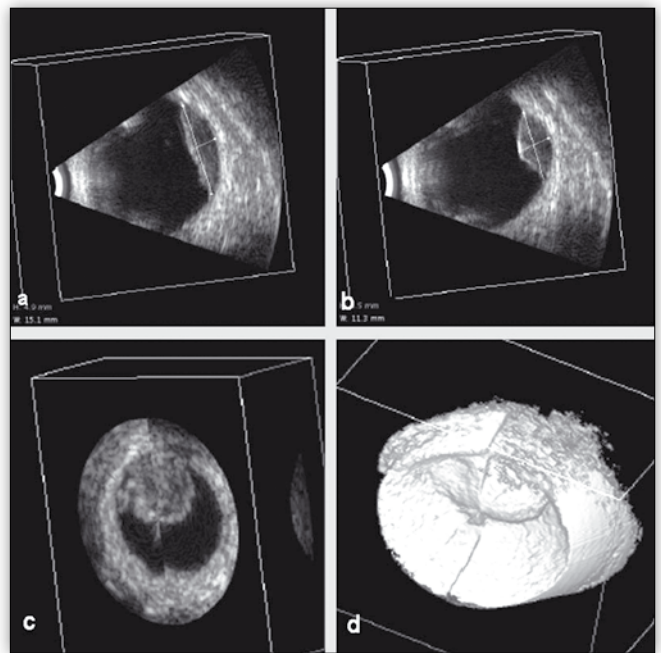
Do niewątpliwych zalet techniki cyfrowej należy zaliczyć także gromadzenie bazy danych pacjentów oraz możliwość zapisywania skanów na dysku komputera, co pozwala na dostęp do danych w dowolnym momencie i przez to łatwe porównanie z poprzednimi badaniami. Dzięki archiwizacji danych możliwa jest dokładniejsza zarówno retrospektywna, jak i prospektywna ocena zmian, istnieją lepsze możliwości wykorzystania danych również w celach edukacyjnych, a w przyszłości być może również w telemedycynie.

Tradycyjnie, dwuwymiarowe badanie ultrasonograficzne stosowane jest m.in. jako badanie diagnostyczne przy nieprzeziernych ośrodkach optycznych. Technika 3DUS jest w takich przypadkach równie pomocna. Niewątpliwą zaletą techniki 3DUS jest możliwość uzyskania przekrojów w dowolnej płaszczyźnie oraz możliwość wykonywania pomiarów wolumetrycznych zmian patologicznych. Jednakże przewagą ultrasonografii dwuwymiarowej w prezentacji B jest to, że umożliwia ona ocenę dynamiczną np. ruchów tkanki włóknistej wraz z ruchami gałki ocznej (4,5).

Przykłady zastosowań 3DUS

Technika 3DUS posiada unikalne i cenne właściwości, pomocne w diagnostyce i monitorowaniu szeregu chorób okulistycznych. Do najczęstszych zastosowań należą: ocena stanu gałki ocznej przy nieprzeziernych ośrodkach optycznych (podobnie jak prezentacja B), ocena morfologiczna gałki ocznej i jej zniekształceń, ocena porażenia oka (np. zwichnięcie soczewki do ciała szklanego, uzyskanie dokładnej topografii wewnątrzgałkowego ciała obcego), diagnostyka chorób ciała szklanego (np. wylew krwi do ciała szklanego, przestrzenna wizualizacja trakcji szklisko-siatkówkowych w retinopatii cukrzycowej) (3,4). Ponadto ocena guzów wewnątrzgałkowych (pierwotnych i przerzutowych) z określeniem ich objętości (może to być pomocne np. w monitorowaniu wyników terapii lub dokładniejszej ocenie guzów o niezmienną się wysokości, zaś rozprzestrzeniających się na boki), diagnostyka schorzeń siatkówki (odwarstwienie siatkówki, proliferacje przedsiatkówkowe) i inne (5,6,7). Obrazy w płaszczyźnie czołowej (rekonstruowane komputerowo) mogą być pomocne np. w ocenie nerwu wzrokowego (1).

Obrazy prezentowane w niniejszej pracy pochodzą z archiwum Kliniki Chorób Oczu Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Uzyskano je za pomocą aparatu 3D i-Scan (OTI, Toronto, Kanada), zaopatrzonego w sondę o częstotliwości 10 MHz i kącie wiązki 50° (ryc. 2-10).

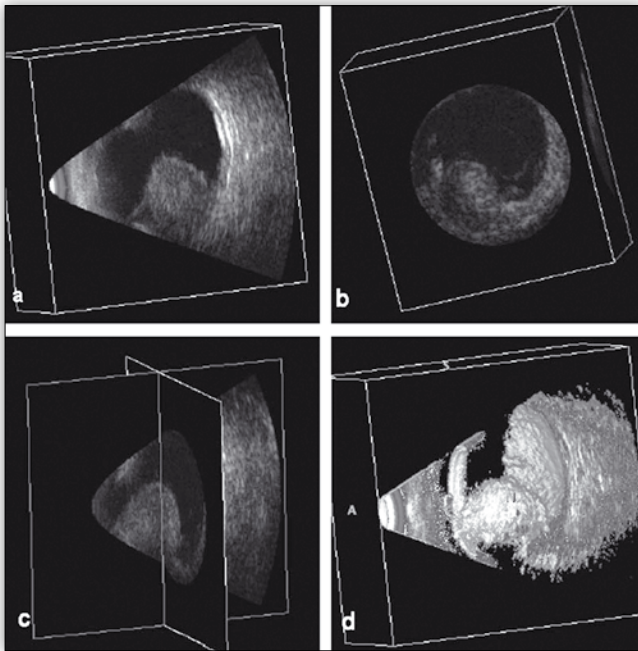


Ryc. 2. Obraz ultrasonograficzny guza naczyniówki:

- przekrój w prezentacji B na godzinie 12., w płaszczyźnie strzałkowej – guz ma wymiary 4,9 x 15 mm,
- przekrój tego samego guza – sonda nieznacznie przesunięta w bok, wymiary guza w tym przekroju wynoszą 5,5 x 11,3 mm,
- komputerowo odtworzony przekrój w płaszczyźnie czołowej gałki ocznej (tzw. multiplanar reformatting),
- przedstawienie przestrzenne tylnego bieguna gałki ocznej.

Fig. 2. Ultrasound scans of a choroidal tumour:

- B presentation in a 12 o'clock position, saggital plane – dimensions of the tumour are 4.9 x 15 mm,
- Cross-section of the same tumour – the probe was slightly shifted to the side, dimensions of the tumour are 5.5 x 11.3 mm,
- Cross-section digitally recreated in the coronal plane of the eyeball (so-called multiplanar reformatting),
- Three-dimensional spatial representation of the posterior pole of the eye.

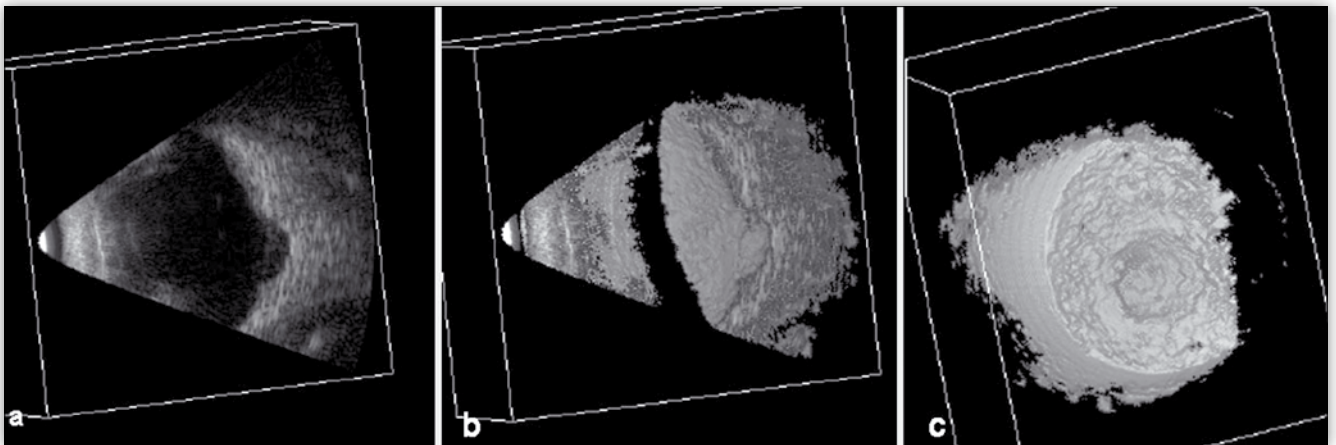


Ryc. 3. Obraz ultrasonograficzny guza naczyniówki:

- a) przekrój w prezentacji B na godzinie 12., w płaszczyźnie strzałkowej,
- b) komputerowo odtworzony przekrój w płaszczyźnie czołowej,
- c) możliwe jest również uzyskanie jednoczesnych przekrojów w dwóch płaszczyznach,
- d) prezentacja przestrzenna tylnego bieguna gałki ocznej. Masa guza jest dobrze wyodrębniona.

Fig. 3. Ultrasound scans of a choroidal tumour:

- a) B presentation in a 12 o'clock position, saggital plane,
- b) Cross-section digitally recreated in the coronal plane of the eyeball,
- c) It is possible to view simultaneous cross-sections in two planes,
- d) Three-dimensional spatial representation of the posterior pole of the eye. The tumour is well outlined.

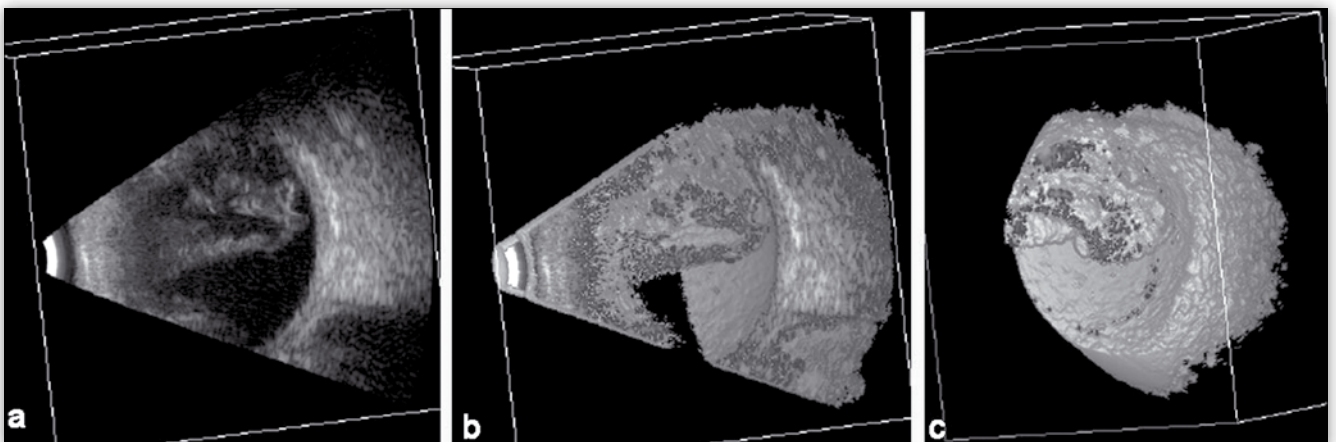


Ryc. 4. Obraz ultrasonograficzny garbiaka tylnego twardówki:

- a) przekrój w prezentacji B na godzinie 12., w płaszczyźnie strzałkowej,
- b) prezentacja przestrzenna przekroju w tym samym południku co skan a,
- c) prezentację przestrzenną można obracać i oglądać z dowolnej strony.

Fig. 4. Ultrasound scans of posterior scleral staphyloma:

- a) B presentation in a 12 o'clock position, saggital plane,
- b) Three-dimensional spatial representation of the posterior pole of the eye in the same meridian as scan a),
- c) Spatial representation can be rotated and viewed from any side.

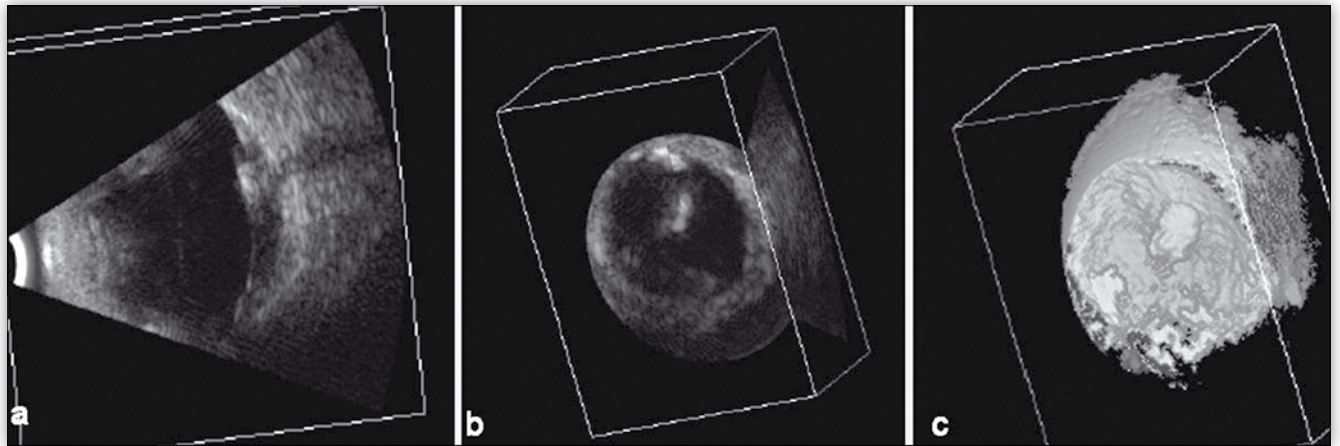


Ryc. 5. Masywny, lecz ograniczony wylew śródszkliskowy. Siatkówka przyłożona:

- a) przekrój w prezentacji B, na godz. 12., w płaszczyźnie strzałkowej,
- b) prezentacja przestrzenna w tym samym południku,
- c) prezentacja przestrzenna – obraz widoczny pod innym kątem.

Fig. 5. A massive, but limited vitreous haemorrhage, the retina is flat:

- a) B presentation in a 12 o'clock position, saggital plane,
- b) Spatial representation in the same meridian as scan a),
- c) Spatial representation viewed under a different angle.

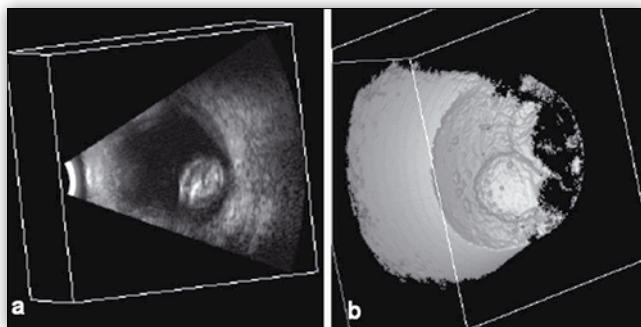


Ryc. 6. Wewnątrzgałkowe ciało obce. Dzięki metodzie 3DUS możliwa jest dokładna ocena położenia ciała obcego względem ściany gałki ocznej:

- a) przekrój w prezentacji B na godzinie 12. w płaszczyźnie strzałkowej,
- b) komputerowo odtworzony przekrój w płaszczyźnie czołowej,
- c) prezentacja przestrzenna tylnego bieguna gałki ocznej. Wewnątrzgałkowe ciało obce jest dobrze uwidocznione.

Fig. 6. Intraocular foreign body. Owing to 3DUS method it is possible to precisely evaluate the position of the foreign body in relation to the wall of the eyeball:

- a) B presentation in a 12 o'clock position, saggital plane,
- b) Cross-section in the coronal plane of the eyeball re-created digitally,
- c) Spatial representation of the posterior pole of the eye. The intraocular foreign body is well visualised.

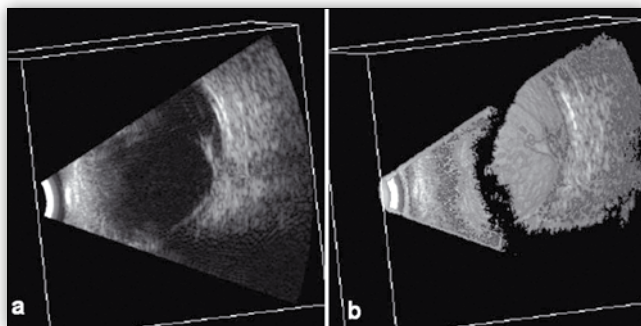


Ryc. 7. Obraz ultrasonograficzny soczewki zwichniętej na dno komory szklistej:

- a) przekrój w prezentacji B na godzinie 12., płaszczyzna strzałkowa,
- b) prezentacja przestrzenna tylnego bieguna gałki ocznej.

Fig. 7. Ultrasound scans of a lens luxated to the vitreous cavity:

- a) B presentation in a 12 o'clock position, saggital plane,
- b) Spatial representation of the posterior pole of the eye.

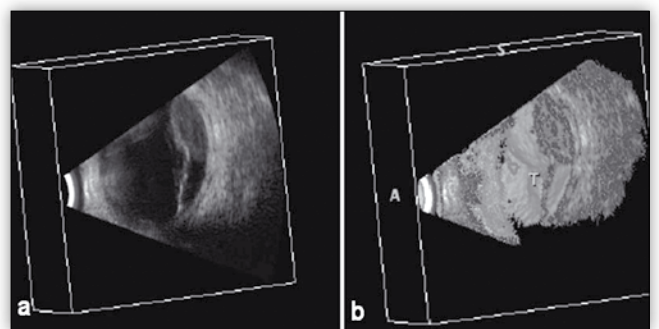


Ryc. 8. Początkowe trakcyjne odwarstwienie siatkówki:

- a) przekrój w prezentacji B na godzinie 12. w płaszczyźnie strzałkowej,
- b) prezentacja przestrzenna w tym samym południku.

Fig. 8. Early-stage tractional retinal detachment:

- a) B presentation in a 12 o'clock position, saggital plane.
- b) Spatial representation of the posterior pole in the same meridian.

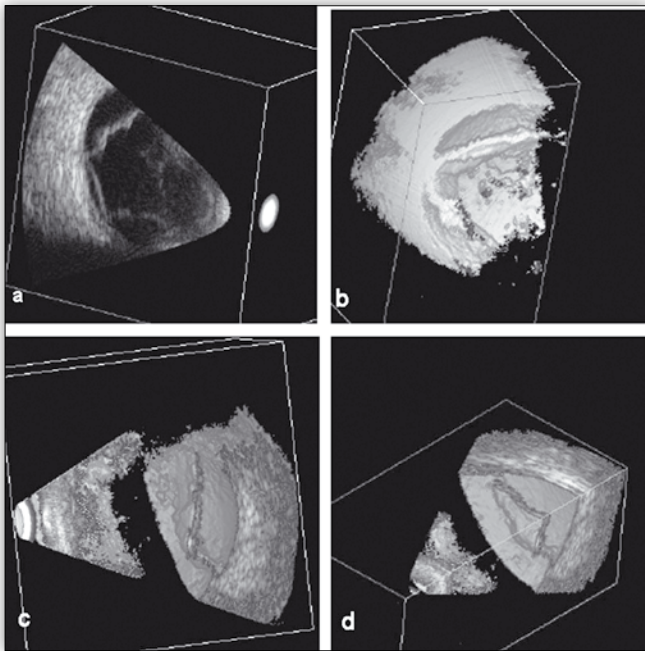


Ryc. 9. Obraz ultrasonograficzny guza naczyniówki częściowo odwarstwiającego siatkówkę:

- a) przekrój w prezentacji B na godzinie 12., w płaszczyźnie strzałkowej,
- b) prezentacja przestrzenna w tym samym południku, co skan a).

Fig. 9. Ultrasound scans of a choroidal tumour causing partial retinal detachment:

- a) B presentation in a 12 o'clock position, saggital plane.
- b) Spatial representation in the same meridian as scan a).



Ryc. 10. Obraz ultrasonograficzny odwarstwienia siatkówki:

- przekrój w prezentacji B na godzinie 12., w płaszczyźnie strzałkowej,
- prezentacja przestrzenna w tym samym południku,
- prezentacja przestrzenna innego przypadku odwarstwienia siatkówki,
- przyodek ze skanu c) – wycinek przestrzenny.

Fig. 10. Ultrasound scans of retinal detachment:

- B presentation in a 12 o'clock position, saggital plane,
- Spatial representation in the same meridian as scan a),
- Spatial representation of another case of retinal detachment,
- Spatial representation of case from scan c).

Podsumowanie

Do cech ultrasonografii trójwymiarowej, stanowiących o dodatkowych zaletach tej techniki w stosunku do tradycyjnej ultrasonografii jedno- i dwuwymiarowej, zaliczyć można: poprawę wizualizacji (przestrzenna prezentacja zmian w ścianie gałki i komorze szklistej jest bardziej zbliżona do rzeczywistej,

trójwymiarowej struktury badanego obiektu), mniejsze ryzyko pominięcia małego obiektu, możliwość dokonywania pomiarów objętościowych (np. guzów wewnątrzgałkowych), możliwość uzyskania wykresu w prezentacji A wzdłuż prostej idącej w dowolnym kierunku oraz uzyskiwanie przekrojów tomograficznych w dowolnej płaszczyźnie. Technika 3DUS jest cenną metodą uzupełniającą i poszerzającą diagnostyczne możliwości oferowane przez tradycyjne dwuwymiarowe badanie ultrasonograficzne w prezentacji B, co stanowi o przydatności tej techniki zarówno w celach edukacyjnych, jak i diagnostycznych.

Piśmiennictwo:

- Shammas H.J., Dunne S., Fisher Y.: *Three-dimensional ultrasound tomography of the eye*. NovaCoast Publishing, 1998, Ontario, Canada.
- Lewandowski P.: *Diagnostyka ultrasonograficzna w okulistyce*. (w:) *Metody obrazowania w okulistyce*, pod red. T. Kęcika, C2 Polska, Warszawa, 2001, 9-34.
- Ciszewska J., Kasprzak J., Karwacka E., Litwin T., Kęcik D., Janowski A.: *Metody nieinwazyjnej oceny i rejestracji ciała szklistego. Część II. Zastosowanie ultradźwięków i interferometrii laserowej*. *Okulistyka*, 2004, 4, 39-41.
- Endo K., Kato S., Fukushima H., Inoue K., Numaga J., Kawashima H.: *Usefulness of three dimensional ultrasonography for invisible fundus*. *Br. J. Ophthalmol.*, 2000, 84, 9, 1080-1081.
- Finger P.T., Khoobehi A., Ponce-Contreras M.R., Della Rocca D., Garcia J.P.S.Jr.: *Three dimensional ultrasound of retinoblastoma: initial experience*. *Br. J. Ophthalmol.*, 2002, 86, 1136-1138.
- Nemeth J.: *Trójwymiarowa diagnostyka ultrasonograficzna gałki ocznej i oczodołu* (w:) *Metody obrazowania w okulistyce*, pod red. T. Kęcika, C2 Polska, Warszawa, 2001, 35-40.
- Romero J.M., Finger P.T., Rosen R.B., Iezzi R.: *Three-dimensional ultrasound for the measurement of choroidal melanomas*. *Arch. Ophthalmol.*, 2001, 119, 9, 1275-1282.

Praca wpłynęła do Redakcji 19.04.2006 r. (852)
Zakwalifikowano do druku 20.12.2006 r.

Adres do korespondencji (Reprint requests to):

lek. med. Michał Wilczyński
Klinika Chorób Oczu Uniwersytetu Medycznego w Łodzi
Szpital Kliniczny Nr.1 im. N. Barlickiego
ul. Kopcińskiego 22
90-153 Łódź