

Otrzymano:
16.07.2018
Zaakceptowano:
13.10.2018
Opublikowano:
31.12.2018

Zalecenia dotyczące badań ultrasonograficznych w okulistyce. Część II: Ultrasonografia oczodołu

Recommendations for ultrasound examination in ophthalmology. Part II: Orbital ultrasound

Małgorzata Karolczak-Kulesza^{1,2}, Małgorzata Rudyk³,
Magdalena Niestrata-Ortiz⁴

¹ Inżynieria Biomedyczna, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Politechnika Poznańska, Poznań, Polska

² Klinika Pro Bono, Poznań, Polska

³ Katedra i Klinika Okulistyki, Uniwersytet Medyczny w Poznaniu, Poznań, Polska

⁴ Imperial College NHS Trust, Western Eye Hospital, London, UK

Adres do korespondencji: Małgorzata Karolczak-Kulesza, Klinika Pro Bono, ul. Leszczyńska 5a, 60-115 Poznań; e-mail: m.k.kulesza@wp.pl

DOI: 10.15557/JoU.2018.0051

Słowa kluczowe

ultrasonografia
oczodołów,
metoda standaryzacji
wg Ossoiniga,
wskazania
okulistyczne
do zastosowania
ultrasonografii
w okulistyce

Keywords

orbital
ultrasonography,
method
of standardized
echography acc.
Ossoinig,
ophthalmic
indications
for ultrasonography
in ophthalmology

Abstract

Pathological processes within the orbits are a heterogeneous group of diseases of various etiologies, clinical pictures and therapy models. Due to poor access to the orbits in a clinical examination, imaging plays a significant role in both diagnosis and treatment monitoring in patients with an orbital pathology. One of such imaging modalities is ultrasonography. It is relatively well-available, rapid and safe for the patient. This paper enumerates indications for an orbital ultrasound scan, including functional ocular disorders (vision disorders, mobility disorders), autoimmune diseases, inflammatory conditions, proliferative processes, and others. The authors present Ossoinig's standardized method which encompasses topographic, qualitative and kinetic echography, and may facilitate orbital ultrasound examinations. Moreover, the article shows management standards for ultrasound imaging of orbital pathologies with an emphasis on the relevance of equipment selection, scanning technique (transducer position, transocular technique, paraocular technique) and patient preparation for the examination, and indicates appropriate elements of an examination report. The authors discuss the ultrasound presentation of the orbital structures in physiological conditions and selected orbital pathologies, such as pseudotumor, thyroid orbitopathy, cancerous tumors of the optic nerve, and others. The ultrasonographic characteristics of the presented pathologies are shown taking into account A and B scans. Attention was paid to the evaluation of angle kappa in the A scan in echographic assessment of the orbits. Furthermore, the authors include referential values for extraocular muscle thickness and quantitative measurement of the severity of thyroid ophthalmopathy based on Ossoinig's muscle index.

Terminologia badań ultradźwiękowych gałki ocznej i oczodołu

Badanie ultrasonograficzne jest bardzo przydatnym badaniem w diagnostyce patologii oczodołów. Wskazaniami do

badania są m.in: wytrzeszcz, zaburzenia ruchomości gałki ocznej, przemieszczenie gałki, obrzęk okolicy gruczołu łzowego, orbitopatia endokrynnna, podejrzenie zapalenia mięśni czy twardówki, urazy oczodołu, obrzęk tarczy nerwu wzrokowego, fałdy naczyńówki, nagła zmiana refrakcji



Ryc. 1. Ultrasonograficzna technika transokularna i paraokularna

(nadwzroczność, astygmatyzm), poszerzenie żył nadtwardówki, bóle gałki ocznej i oczodołu o niejasnej etiologii^(1,2).

W przeprowadzeniu badania ultrasonograficznego oczodołu przydatne może być zastosowanie metody standaryzacji opracowanej przez Ossoiniga^(1,3). Zgodnie z nią etapy badania powinny być następujące: **badania skryningowe**, mające na celu odnalezienie zmiany (prezentacja A + B); **echografia topograficzna**, określająca zmianę pod względem takich elementów jak: lokalizacja, kształt, granice i rozciągłość (prezentacja A + B); **echografia ilościowa**, oceniająca strukturę wewnętrzną zmiany, jej reflektywność i pochłanianie/osłabienie przez nią fal ultradźwiękowych (prezentacja A); **osłabienie fali** (absorpcja), oceniane wielkością kąta kappa, który jest kątem ostrym zawartym pomiędzy linią czasu a linią łączącą wierzchołek opadających ech: kąt kappa $>45^\circ$ oznacza duże osłabienie echa, kąt kappa $= 45^\circ$ określa średnie osłabienie echa, kąt kappa $<45^\circ$ oznacza małe osłabienie echa; **echografia kinetyczna**, dostarczająca informacji dotyczących mobilności zmiany, jej sprężystości/odkształcania, a także unaczynienia (prezentacja A + B). Ta ocena obejmuje również zastosowanie funkcji kolorowego dopplera.

Techniki ultradźwiękowe stosowane w diagnostyce patologii oczodołów

W badaniu ultrasonograficznym oczodołów stosuje się dwie techniki: transokularną i paraokularną^(3,4) (Ryc. 1).

Technika transokularna stosowana jest do oceny gałki ocznej, mięśni zewnątrzgałkowych i przestrzeni położonych w leju mięśniowym, wraz z nerwem wzrokowym. Badanie przeprowadza się zwykle przy zamkniętej szparze powiekowej. Badanie przy otwartej szparze powiekowej wykonuje się po kropkowym znieczuleniu worka spojówkowego, przykładając sondę bezpośrednio na rogówkę i spojówkę. Technika ta umożliwia pomiar długości osiowej gałki ocznej (*axial length*, AL), wykorzystywany m.in. do kalkulacji mocy wszczepu wewnątrzgałkowego przed operacją zaćmy, jak również w celu biometrii porównawczej, co jest istotne np. w przypadku wytrzeszczu rzekomego, wynikającego ze znacznej różnicy w długości osiowej gałek ocznych (prezentacja A). Metoda ta pozwala także na pomiar grubości mięśni zewnątrzgałkowych oraz struktur patologicznych w wyżej wymienionych

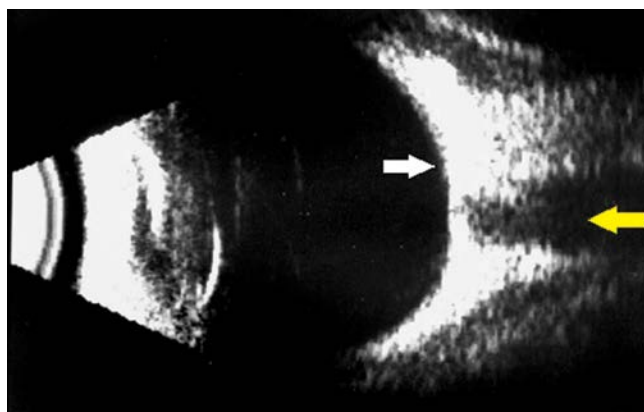
obszarach (prezentacja A, B) oraz na wykonanie pomiarów nerwu wzrokowego (prezentacja A, B).

W **technice paraokularnej** wiązka fali ultradźwiękowych omija gałkę oczną. Metodę tę stosuje się głównie do oceny struktur położonych poza lejkiem mięśniowym, a przy stosowaniu techniki immersyjnej – do oceny zmian położonych przedrównikowo, w tym patologii gruczołu łzowego. Badanie ultrasonograficzne oczodołów wykonuje się w trzech przekrojach: strzałkowym, podłużnym i poprzecznym.

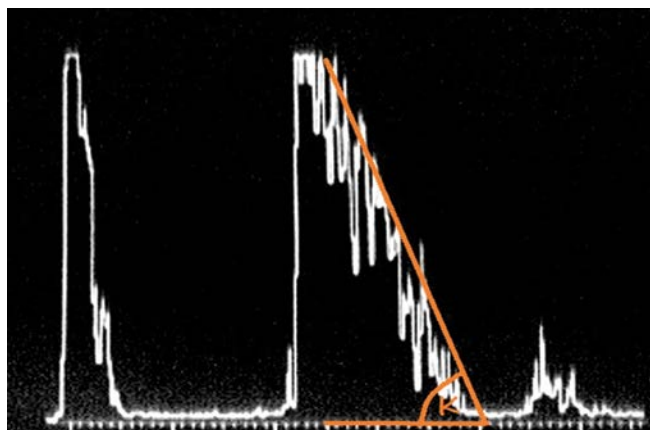
Ocena poszczególnych struktur oczodołowych

Znajomość prawidłowego obrazu struktur oczodołowych jest niezbędna w diagnostyce ultrasonograficznej i poszukiwaniu potencjalnych patologii. Zawsze należy wykonywać badania porównawcze obu oczodołów i przy zastosowaniu testu obniżonej czułości (T – 20 dB), w tych samych warunkach pozycjonowania gałki ocznej i sondy ultradźwiękowej oraz przy użyciu tego samego aparatu (najlepiej przez tego samego badacza)^(3,4).

W **prezentacji B** kształt oczodołu w przyłożeniu strzałkowym centralnym (C) przypomina trójkąt. Jego podstawę

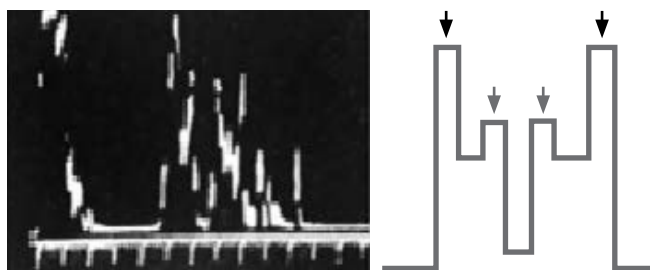
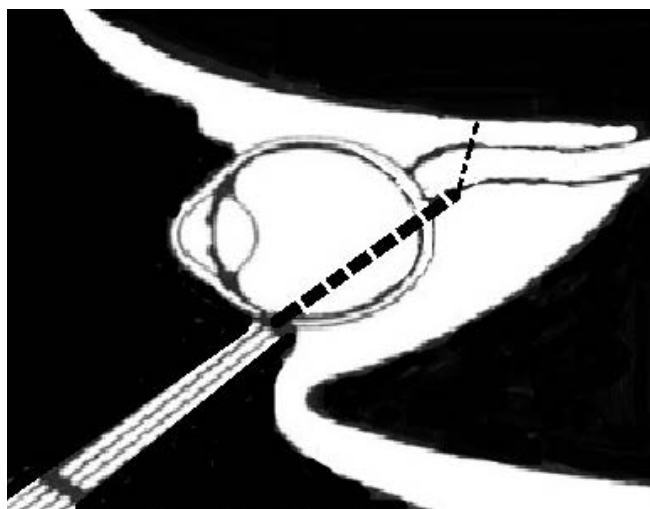


Ryc. 2. Przekrój strzałkowy przez gałkę oczną i nerw wzrokowy w prezentacji B. Strzałka biała – tylna ściana gałki ocznej, strzałka żółta – nerw wzrokowy



Ryc. 3. Ultrasonogram oczodołu u zdrowej osoby w prezentacji A, z zaznaczonym kątem kappa

stanowi tylna ściana gałki ocznej (na Ryc. 2 biała strzałka), z wyraźnie hiperechogeniczną twardówką. W osi trójkąta obserwujemy nerw wzrokowy (na Ryc. 2 żółta strzałka), który jest silnie hipoechogeniczny i dzieli tkankę tłuszczową o średniej refleksyjności na dwie części (na kształt litery „W”). Boki trójkąta w ultrasonogramie tworzone są przez ściany kostne oczodołu, które wraz z mięśniami lepiej uwidocznilić w przyłożeniach podłużnych (L), kiedy wiązka ultradźwiękowa pada na nie prostopadle.



Ryc. 4. Technika pomiaru nerwu wzrokowego w prezentacji A. Prawidłowy nerw wzrokowy w prezentacji A (schemat): czarne strzałki – opona twarda, szare strzałki – opona miękka

Szczyt oczodołu jest trudny do uwidocznienia w badaniu USG ze względu na głębokość penetracji fali ultradźwiękowej i bliskość struktur kostnych. W **prezentacji A** echogram zdrowego oczodołu przedstawia zwartą grupę ech, które rozpoczynają się wysokim pikiem początkowym oraz ciągiem pozostałych wychyleń o szybko zmniejszającej się amplitudzie. Kąt kappa w zdrowym oczodole wynosi $>45^\circ$. W miejscu odpowiadającym nerwowi wzrokowemu obserwujemy tłumienie ech (Ryc. 3).

W prezentacji A dokonuje się również oceny grubości mięśni zewnątrzgałkowych. W trakcie badania pacjent proszony jest o patrzenie na wprost i utrzymanie gałki ocznej w pozycji 0° . Sondę przykładą się po przeciwnej stronie tak, aby wiązka ultradźwiękowa biegła prostopadle przez tylną i przednią powierzchnię badanego mięśnia. Pomiar wykonuje się, porównując wymiary poszczególnych mięśni w obu oczodołach (Tab. 1) oraz sumarycznie wszystkich mięśni w każdym oczodole, z obliczeniem indeksu mięśniowego według Ossoiniga (zsumowanie pomiarów grubości mięśni zewnątrzgałkowych i podzielenie wyniku przez liczbę mięśni sumowanych) (Tab. 2).

W prawidłowych oczodołach różnice między wartościami grubości poszczególnych mięśni nie są większe niż 0,5 mm, a różnice sumy grubości mięśni pomiędzy obu oczodołami nie większe niż 1,2 mm. Wartości te są bardzo podobne w obu oczodołach u tego samego pacjenta. Stąd

Mięsień	Wymiar (mm)**	Różnice między oczodołami (mm)
Mięsień prosty górny i mięsień dźwigacz powieki górnej	3,9–6,8	0,8
Mięsień prosty boczny	2,2–3,8	0,4
Mięsień prosty dolny	1,6–3,6	0,4
Mięsień prosty przyśrodkowy	2,3–4,7	0,5
Suma	11,9–16,9	1,2

* Wartości <95. percentyla
** Pomiar dokonywany w części środkowej mięśnia

Tab. 1. Pomiar grubości mięśni zewnątrzgałkowych według Byrne i Ossoiniga^{3,4}. Przy teście obniżonej czułości wartości powyżej 95. percentyla uznaje się za nieprawidłowe

<5 – prawidłowy	Prawidłowy
4,5–5,5	Stopień lekki oftalmopatii
5,5–6,5	Stopień średni oftalmopatii
>6,5	Stopień ciężki oftalmopatii

Tab. 2. Indeks mięśniowy według Ossoiniga³ (opis w tekście)

też w ocenie mięśni badanie porównawcze obu oczodołów jest szczególnie istotne.

Nerw wzrokowy ocenia się, wykonując w pierwszej kolejności badanie w prezentacji B w przekroju strzałkowym, podłużnym i poprzecznym, przy ustawieniu gałek ocznych pacjenta w pozycji 0°. Analizuje się lokalizację, granice, kształt, rozmiary i echogeniczność, porównując oba nerwy. Następnie badanie w prezentacji A przeprowadza się, przykładając sondę na wysokości równika gałki ocznej, od strony skroniowej, naprzeciwko mięśnia prostego przyśrodkowego (do spojówki okolicy kąta bocznego szpary powiekowej). Zmieniając kąt nachylenia głowicy tak, by wiązka ultradźwiękowa przebiegała przez nerw wzrokowy, dokonuje się pomiarów w różnych przekrojach pomiędzy gałką oczną a szczytem oczodołu (najczęściej w odległości $\frac{2}{3}$ od szczytu oczodołu).

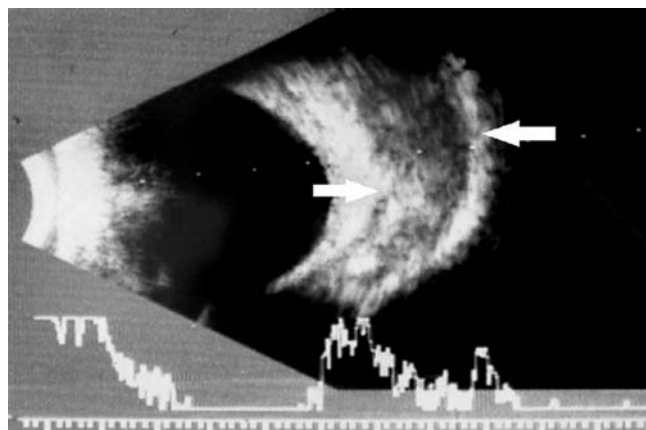
Prawidłowy nerw wzrokowy w prezentacji A uwidoczniony jest za pomocą czterech pików, dwóch zewnętrznych wyższych, odpowiadających osłonkom nerwu, i dwóch wewnętrznych niższych, odpowiadających tkance nerwu (Ryc. 4). Średnica nerwu wzrokowego wynosi średnio $3,5 \pm 0,6$ mm.

Gruczoł łzowy bada się, przykładając sondę w obszarze powieki górnej, w okolicy skroniowej i kierując ją horyzontalnie oraz wertykalnie, przy zastosowaniu techniki immersyjnej lub dużej ilości żelu (tzw. poduszczone żelowe). W prezentacji A gruczoł łzowy charakteryzuje się zbiorem regularnych ech o wysokiej refleksyjności i niskim stopniu osłabienia fali (ostry kąt kappa). W prezentacji B charakteryzuje się strukturą homogeną, o wysokiej refleksyjności i gładkich zarysach.

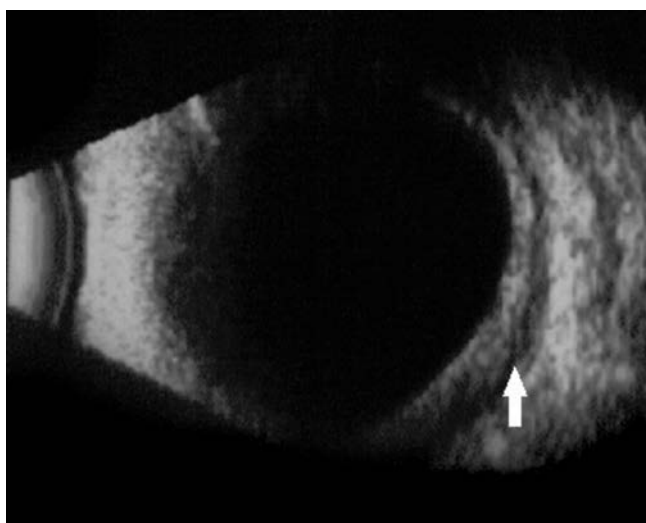
Wybrane patologie oczodołów – cechy kliniczne a diagnostyka ultrasonograficzna

Idiopatyczne zapalenie tkanek miękkich oczodołu (*pseudotumor*) jest procesem zapalnym o podłożu nieinfekcyjnym i nienowotworowym, mogącym obejmować niektóre lub wszystkie tkanki oczodołu. U dzieci może występować obustronnie, u dorosłych najczęściej jednostronnie. W prezentacji A charakteryzuje się regularną strukturą wewnętrzną, niską refleksyjnością, twardą konsystencją i wyraźnymi granicami. W prezentacji B przedstawia obraz zmiany położonej pozagałkowo, o widocznych granicach i o średniej do niskiej echogeniczności⁽⁵⁾ (Ryc. 5).

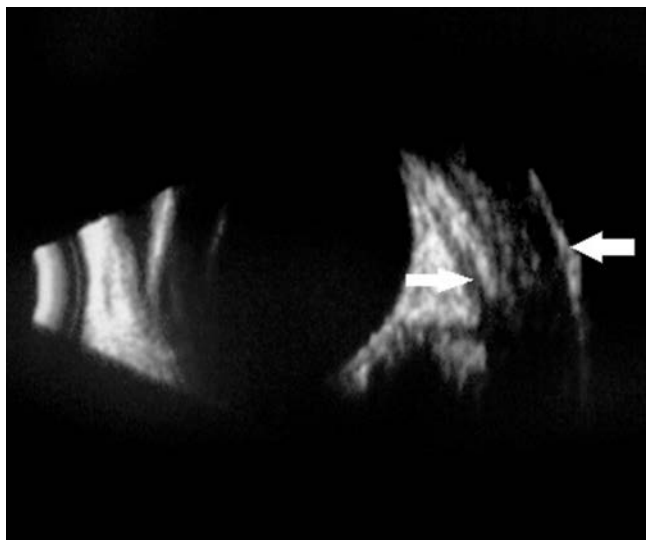
Orbitopatia tarczycowa (*Thyroid orbitopathy*) jest najczęstszą przyczyną patologii mięśni zewnątrzgałkowych. Proces chorobowy mięśni w przebiegu choroby tarczycy ma zwykle przebieg obustronny i asymetryczny. W prezentacji A struktura akustyczna mięśnia jest regularna; może być nieregularna w przypadku znacznego powiększenia mięśnia, z refleksywnymi echami wewnątrz, odpowiadającymi okołonaczyniowym zmianom zapalnym w obrębie mięśnia. Refleksyjność wewnętrzna jest średnia do niskiej, widoczne są dobrze zarysowane granice (w fazie nieaktywnej) lub zatarte (w fazie aktywnej). W prezentacji B obserwuje się pogrubienie mięśnia zarówno w przekroju poprzecznym,



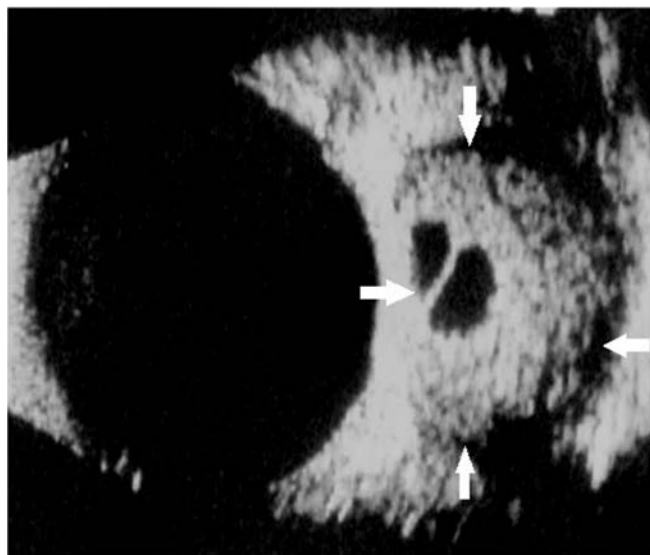
Ryc. 5. Guz rzekomy oczodołu w obrazie ultrasonograficznym (prezentacja A i B). Strzałką zaznaczono obszar zmiany



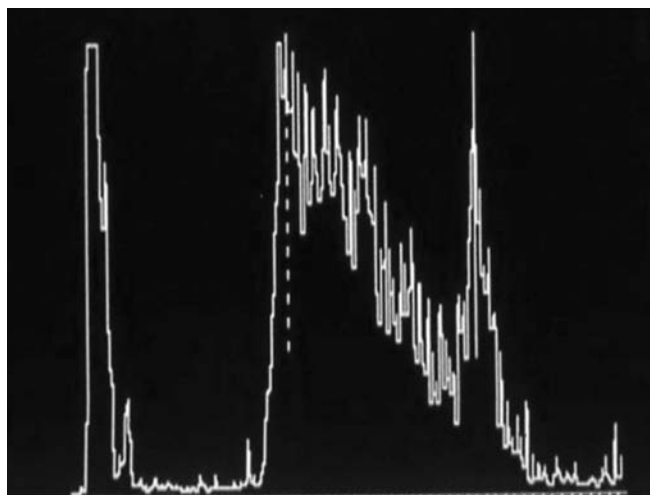
Ryc. 6. Orbitopatia tarczycowa, faza aktywna. Strzałką zaznaczono płyn pod torebką Tenona



Ryc. 7. Orbitopatia tarczycowa, postać nieaktywna. Strzałką zaznaczono pogrubiałe mięśnie o wyraźnie zaznaczonych granicach



Ryc. 8. Naczyniak jamisty oczodołu (prezentacja B). Strzałkami oznaczono granice zmiany



Ryc. 9. Naczyniak jamisty oczodołu (prezentacja A)

jak i podłużnym (czasem gruszkowaty kształt), o średniej echogeniczności i delikatnym zatarciu granic. W fazie aktywnej zapalenia widoczny może być również płyn pod torebką Tenona (Ryc. 6, 7)⁽⁵⁾.

Naczyniak jamisty (*Cavernous hemangioma*) jest łagodnym guzem naczyniowym, w oczodole najczęściej zlokalizowanym w obrębie stożka mięśniowego. Charakterystyczna budowa histologiczna (przestrzenie naczyniowe wypełnione krwią) daje adekwatny obraz w ultrasonografii. W prezentacji A jest to wysoka refleksywność i dobre odgraniczenie. Obniżone piki wewnątrz struktury zmiany nigdy nie osiągają linii podstawy, ze względu na obecność krwi w przestrzeniach jamistych. W prezentacji B obraz naczyniaka przedstawia się jako okrągła, dobrze odgraniczona hipoechogeniczna zmiana ze średnio echogenicznymi przegrodami łącznotkankowymi wewnątrz masy guza (Ryc. 8, 9)⁽⁵⁾.

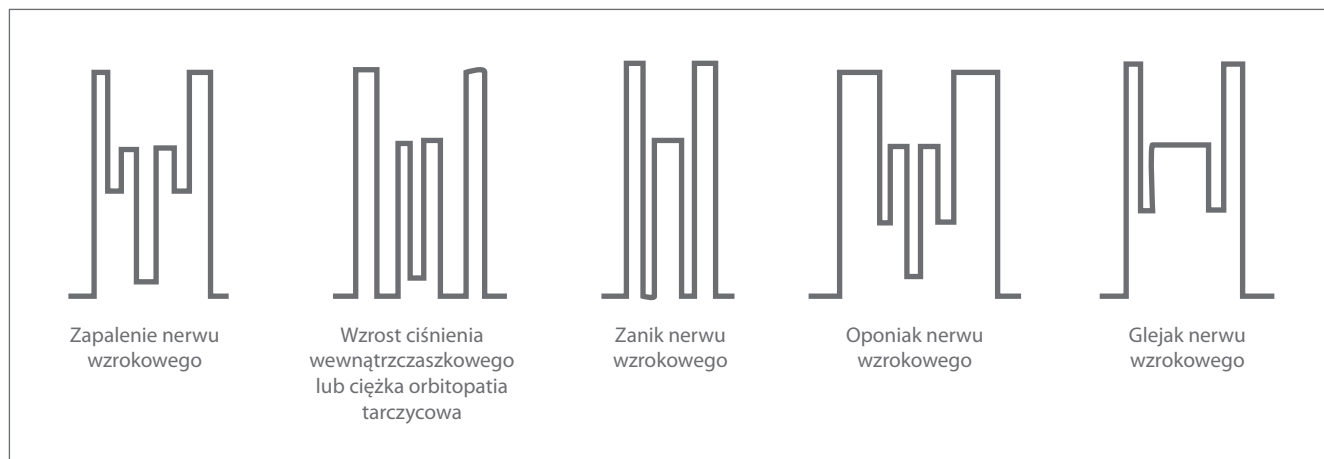
Schorzenia nerwu wzrokowego

W diagnostyce schorzeń nerwu wzrokowego szczególnie cenna okazuje się prezentacja A. Za pomocą tej metody możliwe jest różnicowanie takich patologii jak: zapalenie nerwu wzrokowego, wzmożone ciśnienie wewnątrzczaszkowe, guzy nerwu wzrokowego, neuropatia kompresyjna, zanik nerwu wzrokowego (Ryc. 10).

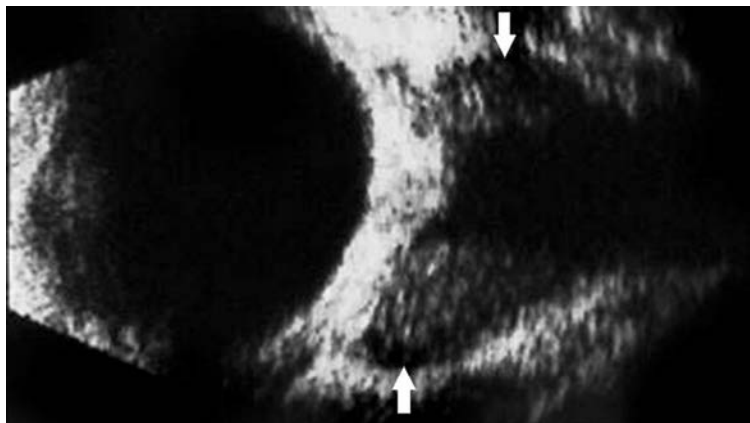
Oponiak nerwu wzrokowego (*Meningioma*) widoczny jest w prezentacji A jako regularna lub nieregularna struktura wewnętrzna, o średniej refleksywności, twardej konsystencji i dobrze wyrażonych granicach. W prezentacji B guz ten prezentuje zmianę hipoechogeniczną lub średnio echogeniczną, zwiększającą cień akustyczny nerwu wzrokowego (Ryc. 11)⁽⁶⁾.

Podsumowanie

Badanie ultrasonograficzne jest łatwo dostępnym badaniem pierwszego rzutu w diagnostyce pacjentów ze



Ryc. 10. Ultrasonograficzne różnicowanie wybranych schorzeń nerwu wzrokowego w prezentacji A



Ryc. 11. Oponiak nerwu wzrokowego – obraz ultrasonograficzny w prezentacji B. Zarys guza oznaczono strzałkami

schorzeniami oczodołowymi. Prawidłowe przeprowadzenie badania ultrasonograficznego jest kluczowe do ustalenia właściwego rozpoznania oraz stworzenia algorytmu postępowania w procesie diagnostycznym i monitorowania procesu terapeutycznego u pacjentów z chorobami oczodołów. Pomocne może być wykorzystanie metody standaryzacji według Ossoiniga, która porządkuje przebieg badania ultrasonograficznego. Istotne znaczenie w obserwacji pacjenta ma zachowanie odpowiednich warunków kontroli, tzn. wykonywanie badania ultrasonograficznego w tych samych wa-

runkach (najlepiej przez tego samego badającego), przy zachowaniu określonego pozycjonowania sondy i gałki ocznej pacjenta oraz przy użyciu takich samych technik badania i tego samego aparatu.

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 do niej prawo.

Piśmiennictwo

1. Sushil K, Ruchi G: Diagnostic Ultrasonography of the Eye. All India Ophthalmological Society, CME Series 2011; 24.
2. Kendall C, Prager TC, Cheng H, Gombos D, Tang RA, Schiffman JS: Diagnostic ophthalmic ultrasound for radiologists. *Neuroimag Clin N Am* 2015; 25: 327–365.
3. Ossoinig KC: Ophthalmic standardized echography. Course compendium. September 2001; 19– 22. Regensburg. Copyright September 2001 by K.C. Ossoinig M.P., Iowa City.
4. Hasenfratz G, Mardin C: Ultraschalldiagnostik in der Ophthalmologie (standardisierte Echographie). Teil 2: Erkrankungen der Orbita – Ultraschallbiomikroskopie-Diagnostik. *Ophthalmologie* 2014; 111: 1085–1100.
5. Urs R, Ketterling JA, Silverman RH: Ultrafast Ultrasound Imaging of Ocular Anatomy and Blood Flow. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016; 57: 3810–3816.
6. Poloschek CM, Lagreze WA, Ridder GJ, Hader C: Klinische und neuroradiologische Diagnostik bei Orbitatumoren. *Ophthalmologie* 2011; 108: 510–518.