

Przydatność badania echokardiograficznego w praktyce klinicznej małych zwierząt

Rafał Niziołek

z Prywatnej Weterynaryjnej Praktyki Kardiologicznej w Warszawie

Badanie echokardiograficzne to technika obrazowania struktur klatki piersiowej, w szczególności serca. W chwili obecnej badanie to staje się jednym z najbardziej istotnych metod diagnostycznych układu krążenia, jako technika uzupełniająca badanie radiologiczne. Powszechnie wprowadzenie badań obrazowych opartych na technice ultrasonograficznej do diagnostyki kardiologicznej stanowi ogromny postęp, co doprowadziło do eliminacji z codziennej praktyki bardziej inwazyjnych technik diagnostycznych, takich jak angiografia serca i dużych naczyń oraz ich katetyzacja. Angiokardiografia jest nadal przydatną techniką obrazowania głównie naczyń wieńcowych, ale z tymi problemami spotykamy się niezmiernie rzadko u naszych pacjentów.

Echokardiografia jako technika obrazowa umożliwia szczegółową ocenę wyglądu serca, poszczególnych jego części oraz funkcji. U wielu pacjentów badanie to stanowi niekiedy ostateczną metodę rozpoznania choroby i stopnia jej zaawansowania. Dobrze przeprowadzone badanie echokardiograficzne

potwierdza wstępne rozpoznanie postawione na podstawie badania klinicznego i innych technik diagnostycznych (ekg, rtg). Pamiętać należy, że przede wszystkim w przypadku tego badania dużo większe znaczenie ma czynnik ludzki – wynik zależy w dużej mierze od doświadczenia i prawidłowej interpretacji obrazu ultrasonograficznego przez badającego lekarza, który dodatkowo obezpany jest z możliwościami i ograniczeniami obrazowania ultrasonograficznego. Dodatkową zaletą tego badania jest możliwość powtarzania go bez narażania pacjenta na znaczny stres i kolejne znieczulenie ogólne.

Publikacja ta ma na celu przybliżenie możliwości badania echokardiograficznego przy użyciu bardzo nowoczesnego przenośnego aparatu ultrasonograficznego z modułami do badań echokardiograficznych – MEDISON SONOACE/SONOVET PICO (ryc. 1).

Wybór sond do badania echokardiograficznego

Diagnostyka echokardiograficzna do tej pory oparta była głównie na użyciu sond

Using of echocardiography in clinical examination of small animals

Niziołek R. • Private Veterinary Practice for Cardiology, Warsaw.

Echocardiography becomes the most important diagnostic method in the examination of cardiac patients. It is very helpful in evaluating cardiac functions together with thoracic radiography and electrocardiography. Extended echocardiographic examination with colour, pulsed and continuous Doppler techniques is practically irreplaceable in diagnostic evaluation of congenital heart anomalies in dogs and cats. It enables to make a detailed examination of lesions of the heart, its cavities and endocardium. By means of echocardiography it is possible to estimate the size of atria and ventricles, the diameter of the orifices, systolic or diastolic dysfunction and resultant hemodynamic changes. This technique also could be very useful in evaluating mediastinum, pericardium and the thoracic cavity (masses, lymph nodes). Also it is helpful during the diagnostic and therapeutic pericardiocentesis and thoracocentesis.

Keywords: cats, dogs, echocardiography.

mechanicznych. Obecnie stosuje się elektroniczne sondy wieloelementowe, wieloczęstotliwościowe umożliwiające zmianę zakresu częstotliwości. Wybór sondy zależy od wielkości obiektu badanego, innymi słowy głębokości badania struktur układu krążenia (tab. 1). Im wyższa częstotliwość, tym mniejsza głębokość penetracji fali ultradźwiękowej, przy jedno-



Ryc. 1. Przenośny aparat ultrasonograficzny MEDISON SONOACE/SONOVET PICO z obrazowaniem harmonicznym, oprogramowaniem kardiologicznym, dopplerem pulsacyjnym (PWD) oraz dopplerem znakowanym kolorem (CFM)



Ryc. 2. Sondy do badań kardiologicznych – głowica konweksowa 2–4 MHz oraz głowica mikrokonweksowa 4–9 MHz, po lewej stronie widoczny żelowy krążek dystansowy o grubości 2 cm

Tabela 1. Rodzaje sond i wskazania do ich użycia

Częstotliwość sondy	Wskazania do użycia
2,0–2,5 MHz	badanie serca u koni, bardzo dużych psów
3,0–3,5 MHz	badanie serca u dużych i bardzo dużych psów
5 MHz	badanie serca u psów średnich i małych
7,5 MHz	badanie serca u psów bardzo małych i kotów, badanie ścięgien u koni
10 MHz	badanie pacjentów pediatrycznych, małych kotów, fretek, badanie gałek ocznych u wszystkich gatunków niezależnie od wielkości

czesnym lepszym obrazowaniu, co wynika z faktu, że przy wyższej częstotliwości osiągnięta jest wyższa rozdzielczość osiowa. Do diagnostyki małych psów, kotów oraz fretek stosuje się przede wszystkim sondy o wysokich częstotliwościach (4–9 MHz), zaś do badania dużych lub olbrzymich ras psów sondy 2–4 MHz. Niekiedy zachodzi konieczność badania bardzo małych pacjentów (pacjenci pediatryczni) i wówczas przydatne staje się zastosowanie żelowych krążków dystansowych umożliwiających uzyskanie dobrych parametrów obrazowania bardzo małych serc przy wykorzystaniu sond 2–4 MHz (ryc. 2; 1,2).

Tryby pracy aparatu do echokardiografii

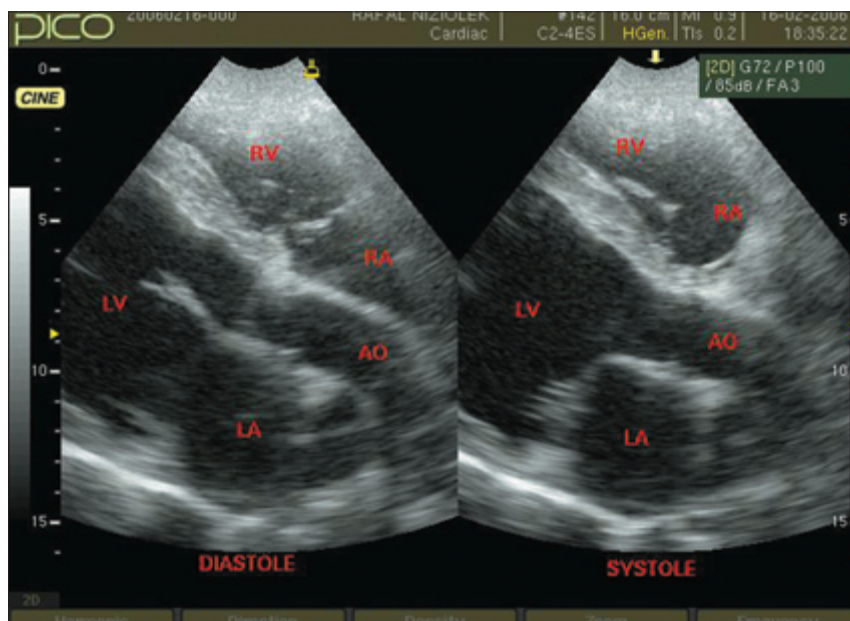
Istnieją dwa podstawowe tryby obrazowania. Jednym z nich jest tzw. projekcja B-mode (brightness mode). Elementy głowicy są pobudzane kolejno z częstotliwością rzędu tysięcy impulsów na sekundę. Każdy element najpierw emituje wiązkę ultradźwięków, a następnie odbiera ich echa. Sygnał echa powstający po odbiciu od granicy ośrodków o różnej impedancji akustycznej jest przedstawiany na monitorze w postaci pikseli (świejących plamek), których położenie zależy od czasu nadejścia echa, a jasność od jego amplitudy. Dwuwymiarowy obraz ilustruje różnice właściwości akustycznych tkanek w płaszczyźnie wyznaczonej przez kierunek wiązki i szerokość głowicy.

Jest to obraz generowany w czasie rzeczywistym. Z uwagi na dużą łatwość uzyskania tego obrazu stosowany jest jako podstawowy tryb, z którego po dalszej obróbce uzyskuje się inne tryby pracy. Jest również najprostszy do interpretacji, wymaga, bowiem jedynie znajomości anatomii serca (ryc. 3, 4).

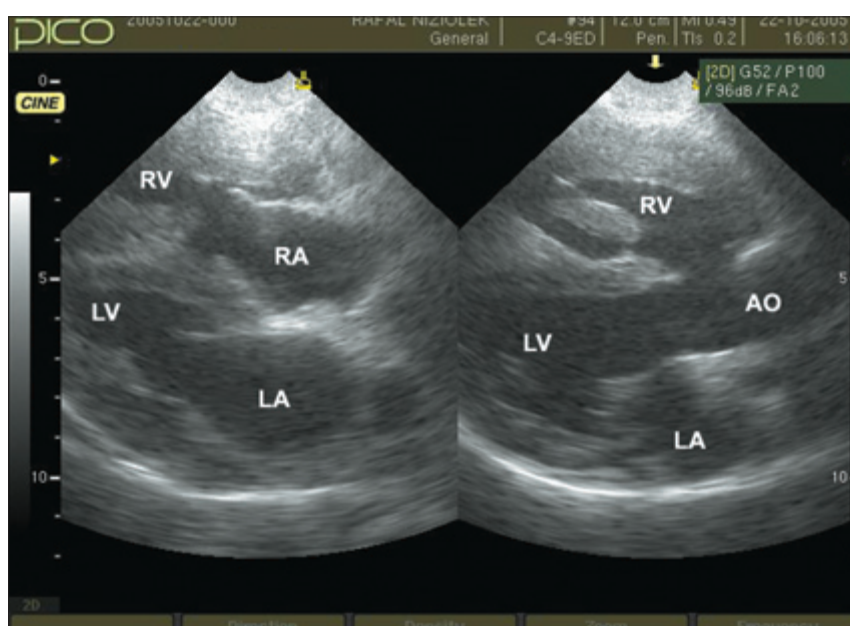
Drugi tryb pracy wykorzystywany do pomiarów nazywa się trybem M-mode (motion mode). Echa w tej prezentacji są przedstawiane w postaci pikseli, o zróżnicowanej jasności. Wyniki kolejnych pomiarów umieszczane są obok siebie tak, że kreślą pionowe linie na ekranie monitora, a cały obraz ilustruje zmiany zachodzące wzdłuż tych linii w funkcji czasu. Na tej podstawie można ocenić ruchomość lub kurczliwość badanych obiektów. Umożliwia on ocenę jedynie małego fragmentu serca, ale jest wyjątkowo przydatny w badaniu. W tym trybie pracy aparatu uzyskuje się obrazy umożliwiające dokładne pomiary poszczególnych struktur (przegrody, komory, przedsionka, aorty). Dodatkowo można ocenić kurczliwość elementów anatomicznych, a także określić charakter ich ruchu – hipokinetyka, hiperkinetyka, dysskinetyka (ryc. 5, 6; 2).

Obrazowanie harmoniczne dostępne w bardzo nowoczesnych aparatach (w tym

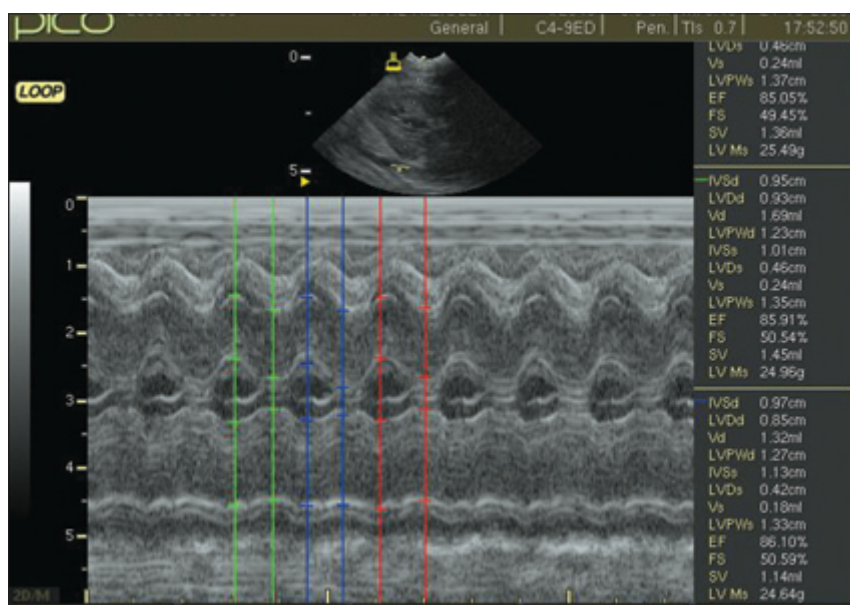
Ryc. 3. Obraz w ujęciu prawobocznym w projekcji podłużnej pokazujący anatomie aorty, zastawki mitralnej, lewego przedsionka oraz części lewej i prawej komory w fazie skurczu i rozkurczu z włączonym obrazowaniem harmonicznym. Dokładna analiza obrazu możliwa jest za pomocą opcji tzw. kina (LV – lewa komora, LA – lewy przedsionek, RV – prawa komora, RA – prawy przedsionek, AO – aorta)

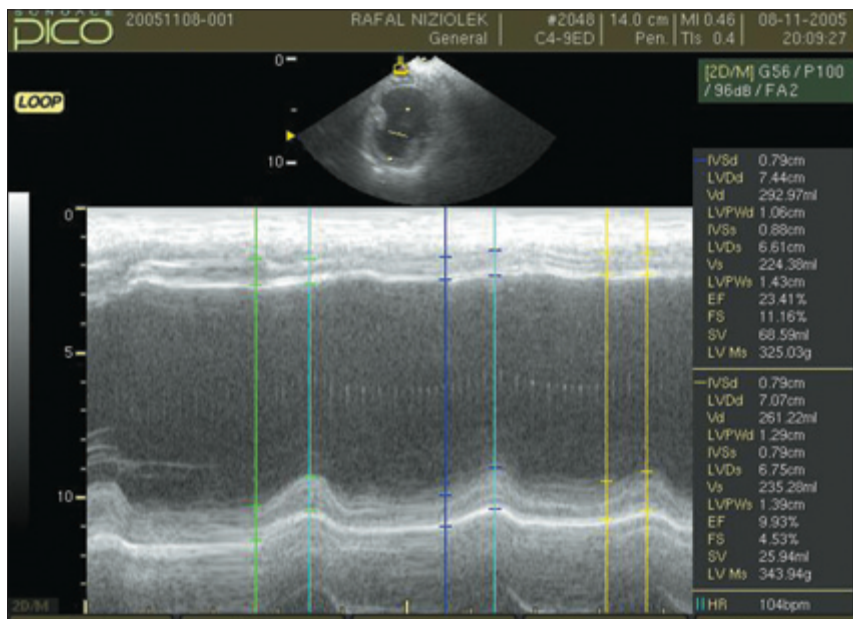


Ryc. 4. Obraz w ujęciu prawobocznym w projekcji podłużnej u psa z rozpoznaną wadą wrodzoną – tetralogią Fallota. Na prawym obrazie widoczny duży ubytek przegrody międzykomorowej w odcinku błoniastym oraz aorta typu jeździec. W prawej komorze przy przegrodzie międzykomorowej widoczny znacznie rozbudowany mięsień brodawkowaty



Ryc. 5. Obraz w projekcji M-mode u młodego kota brytyjskiego niebieskiego z kardiomiopią przerostową – przerost ściany wolnej lewej komory oraz przegrody międzykomorowej. Widoczne kolorowe linie umożliwiają przeprowadzenie dokładnych pomiarów w kilku ewolucjach serca. Oprogramowanie kardiologiczne na podstawie uzyskanych pomiarów oblicza kilka przydatnych parametrów, np. frakcja skurczowa – FS

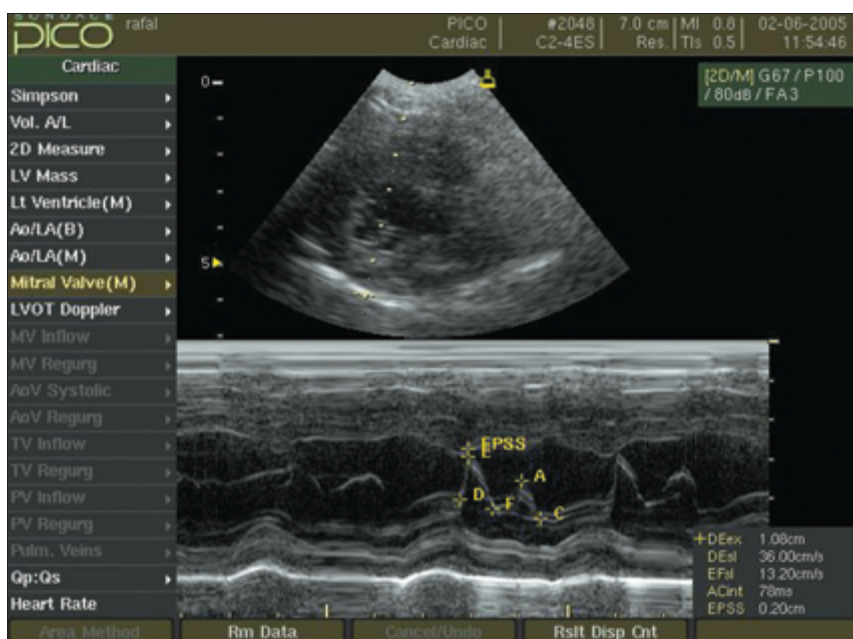




Ryc. 6. Obraz w projekcji M-mode u psa rasy bokser z kardiomiopią rozstrzeniową. Widoczne jest znacznego stopnia poszerzenie światła lewej komory z utratą kurczliwości przegrody międzykomorowej oraz frakcją skurczową 4 i 11%.

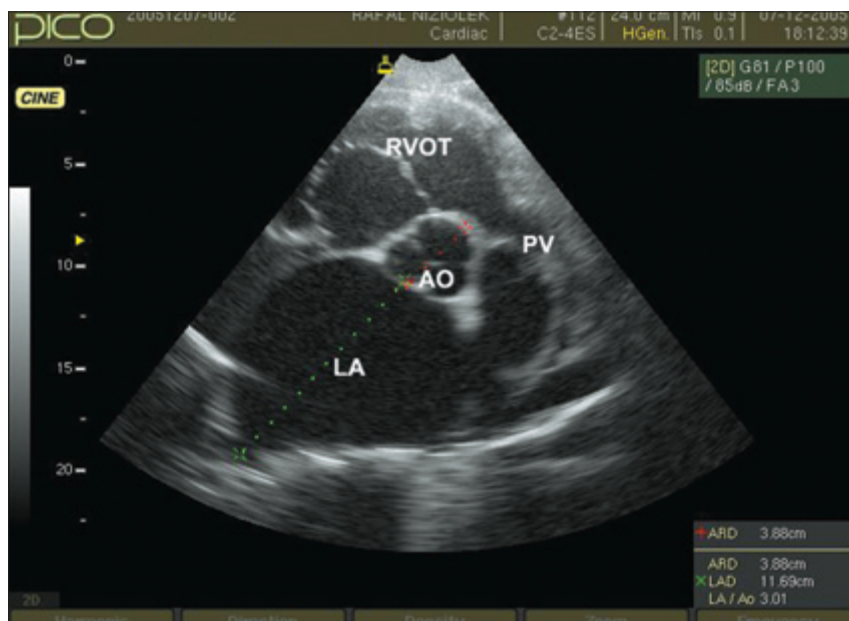


Ryc. 7. Echokardiografia umożliwia bezpieczne usuwanie płynu z worka osierdziowego, perikardiocentezę przeprowadza się, obserwując miejsce wkłucia igły oraz skuteczność tego zabiegu

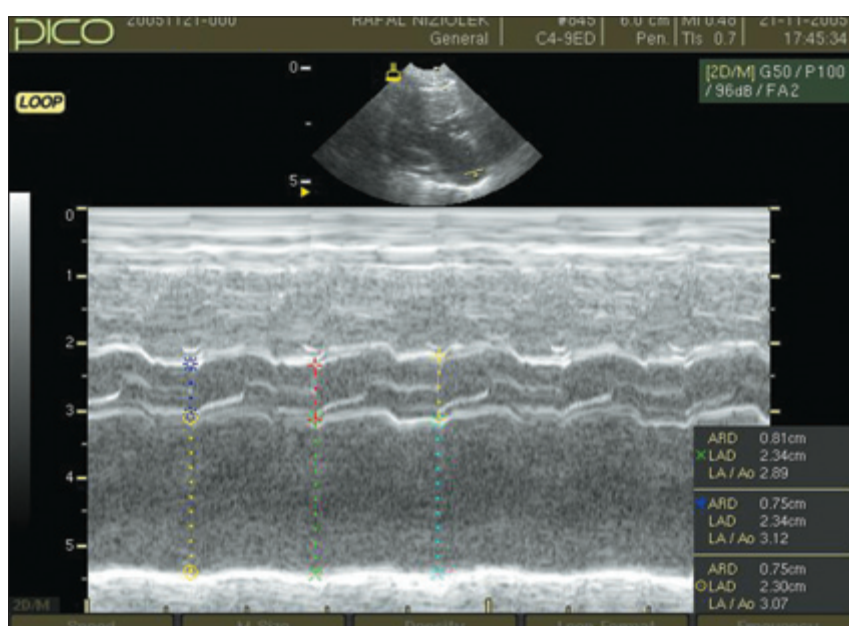


Ryc. 8. Projekcja M-mode na wysokości zastawki dwudzielnej. Na obrazie widoczna jest pełna ewolucja płatków zastawki mitralnej z oznaczeniem wszystkich punktów pomiarowych oraz wyliczeniem najstojniejszego z nich - EPSS

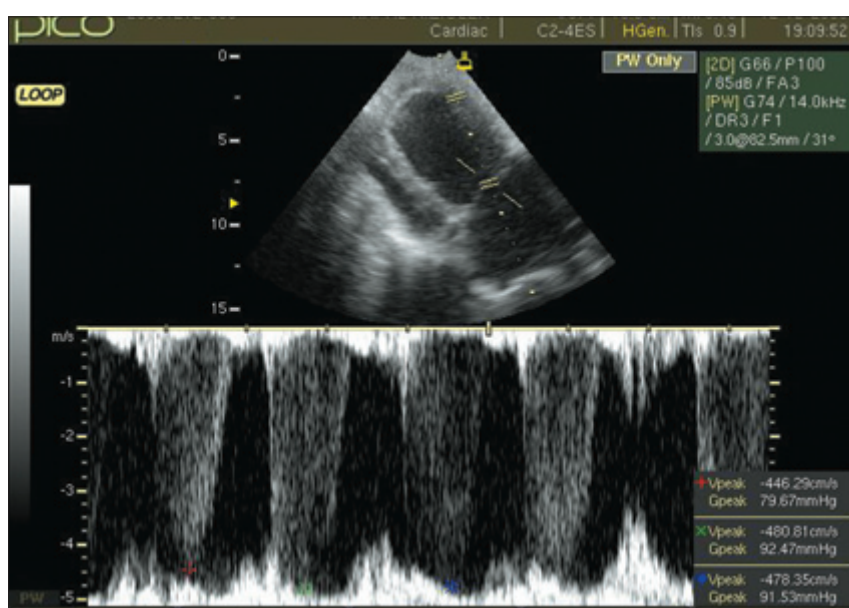
Ryc. 9. Projektja prawoboczna poprzeczna u doga niemieckiego na wysokości pierścienia zastawki aorty z włączonym obrazowaniem harmonicznym. W tej projekcji wykonuje się pomiary wielkości lewego przedsionka (LA – 11,69 cm), aorty (AO – 3,88 cm) oraz stosunku LA/AO – 3,0, co świadczy o znacznej rozstrzeni lewego przedsionka w tym przypadku w przebiegu kardiomiopatii rozstrzeniowej (RVOT – ujście z prawej komory, PV – zastawka tętnicy płucnej)



Ryc. 10. Inny rodzaj pomiaru wielkości lewego przedsionka i stosunku do aorty. Pomiar przeprowadzany w projekcji prawobocznej podłużnej i tryb M-mode przez aortę i przedsionek. W świetle aorty widoczne ruchy płatków zastawki aorty



Ryc. 11. Projektja lewoboczna koniuszkowa z bramką dopplerowską PWD ustawioną w świetle pierścienia mitralnego u sznaucera ołbrzymia. Na dole widoczny przepływ od głowicy (anatomicznie z lewej komory do lewego przedsionka) na skutek niedomykalności mitralnej w przebiegu kardiomiopatii rozstrzeniowej. Obraz dopplerowski wypełniony „szumem” wskazuje na turbulentny przepływ z prędkością około 4–4,5 m/s. Włączone obrazowanie harmoniczne



w aparacie PICO) pozwala na poprawę jakości uzyskiwanych obrazów oraz znaczącą redukcję artefaktów podczas badania tzw. trudnych pacjentów (zwierzęta otyłe lub z głęboką klatką piersiową). W obrazowaniu tego typu rejestrowana jest druga harmoniczna fali odbitej. Podstawą fizyczną powstawania składowych harmonicznych jest nieliniowe rozchodzenie się fal ultradźwiękowych. Aparat ultrasonograficzny emituje falę sinusoidalną, która po przejściu przez ośrodek zmienia swój kształt. W widmie takiego sygnału pojawiają się wtedy składowe harmoniczne. Przetwornik emituje falę o danej częstotliwości i rejestruje echa powstałe w wyniku odbicia tej fali o częstotliwości dwukrotnie większej. Jeśli głowica ultrasonograficzna emituje falę o częstotliwości 2 MHz, to wszystkie echa o częstotliwości różnej od 4 MHz są odfiltrowywane, a rejestrowane i przetwarzane dalej są tylko echa o częstotliwości 4 MHz.

Inną metodą poprawiającą jakość obrazowania B-mode jest tzw. obrazowanie Pulse-Inverse („odwróconego impulsu”). W metodzie odwróconego impulsu emitowane są przez głowicę dwie paczki fal ultradźwiękowych tak przesuniętych w fazie, że są odwrócone względem siebie. Zarówno od jednej, jak i od drugiej paczki fal ultradźwiękowych powstają echa i składowe harmoniczne. Drugie składowe harmoniczne dodają się do siebie, natomiast echa o częstotliwości emitowanej wygaszają się nawzajem. W ten sposób do odbiornika dociera tylko druga składowa harmoniczna, dodatkowo o wzmocnionej amplitudzie. To pozwala jeszcze bardziej poprawić jakość obrazowania w trybie B-mode, przy „trudnych” pacjentach. Ten tryb obrazowania również jest dostępny na aparatach ultrasonograficznych firmy MEDISON.

Cele badania echokardiograficznego

Podstawowym zadaniem techniki obrazowej opartej na ultrasonografii jest ocena wielkości serca i zmian w nim zachodzących na skutek procesu patologicznego. Badanie funkcji serca można podzielić na cztery etapy: 1) oszacowanie zmiany wielkości przedsionków/komor (odległości/długości, obszar, objętość, masa), 2) ocena funkcji skurczowej i rozkurczowej komór oraz 3) określenie zmian hemodynamicznych w obrębie całego serca (ubytki, wady anatomiczne) lub 4) pojedynczych zastawek (zwężenia, niedomykalności). Badanie echokardiograficzne może również służyć do oceny struktur znajdujących się w bezpośredniej bliskości serca, takich jak: śródpiersie – guzy, wnętrze klatki piersiowej – przepukliny przeponowe, przepukliny przeponowo-osierdziowe oraz pozwala również określić przyczyny gromadze-

nia się płynu w klatce piersiowej czy worku osierdziowym. Inną przydatną funkcją jest możliwość bezpiecznego usuwania płynu z worka osierdziowego, klatki piersiowej oraz wykonywanie diagnostycznych biopsji pod kontrolą usg (ryc. 7; 5).

Zmiany wielkości przedsionków i komór

Choroby serca powodują zmiany w geometrii serca oraz jego rozmiarach. To, co różni badanie echokardiograficzne od badania rentgenowskiego to przede wszystkim możliwość oceny wielkości jam serca, grubości ich ścian oraz grubości przegrody międzykomorowej. Tradycyjnie pomiary echokardiograficzne lewego przedsionka i lewej komory przeprowadza się w prezentacji M-mode (motion mode) uzyskiwane w prawostronnych projekcjach przymostkowych w osi długiej i krótkiej (right parasternal long and short axis view; 1, 2, 5).

Pomiary grubości ścian oraz światła komór dokonuje się na wysokości strun ścięgniętych, poniżej ujścia mitralnego i powyżej mięśni brodawkowatych. Najlepiej oceniać jest kilka cykli pracy serca (od 3 do 5), a przy istniejącym migotaniu przedsionków nawet do 10 cykli. Wartości uzyskane z pomiarów uśrednia się, co zmniejsza możliwość popełnienia błędów. Należy pamiętać, aby nie wykonywać pomiarów w przypadku występowania skurczów dodatkowych, nie są one miarodajne do oceny całości pracy serca. W czasie skurczów dodatkowych dochodzi do zmian objętości komory lewej (5, 6). Właściwe pomiary zapewnia jednoczesny monitoring pracy serca (ekg), co powinny umożliwiać aparaty ultrasonograficzne przeznaczone do badań serca (2).

Po wykonaniu tych pomiarów, ocenia się pracę zastawki dwudzielnej podczas cyklu zamykania i otwierania się. Funkcję zastawki można ocenić na podstawie parametrów ruchu płatków mitralnych. W prezentacji M-mode przedni płatek wykonuje ruch w kształcie litery M, ruch płatka tylnego jest lustrzanym odbiciem (litera W). Najistotniejszym pomiarem jest EPSS (end point to septal separation), czyli odległość punktu E od przegrody (punkt E to maksymalny, wczesnorozkurczowy ruch otwarcia). Szczególnie przydatny jest ten pomiar w ocenie parametrów pacjentów podejrzewanych o występowanie kardiomiopatii rozstrzeniowej. Inne pomiary ruchu zastawki są mniej istotne, obliczać można amplitudę ruchu otwarcia (odcinek DE) oraz prędkość nachylenia rozkurczowego EF (ryc. 8; 5, 6, 7).

Ostatnie pomiary wykonywane są na wysokości zastawki aorty w trybie dwuwymiarowym. Oprócz możliwości uzyskania realnych pomiarów wielkości aorty oraz lewego przedsionka, istotny jest

również ich wzajemny stosunek. Stosunek LA/AO ma duże znaczenie w diagnozowaniu rozstrzeni lewego przedsionka w przebiegu chorób serca przebiegających z niedomykalnością mitralną (ryc. 9; 1, 2, 5, 6). Opracowano również inne sposoby oceny wielkości lewego przedsionka i aorty, ale dość rzadko się je wykorzystuje w praktyce. Dość dokładne pomiary można również uzyskać w oparciu o pomiary z trybu M-mode w przekroju przez tętnicę na wysokości zastawki aorty i porównanie tego przekroju do równocześnie uzyskanego przekroju lewego przedsionka (ryc. 10; 5).

Ocena funkcji skurczowej

Na podstawie parametrów pomiarowych uzyskanych na podstawie badania w projekcji M-mode ocenia się funkcję skurczową mięśnia sercowego. Wykonane pomiary umożliwiają szacunkową ocenę objętości poszczególnych struktur serca oraz jego masy. W medycynie człowieka, gdzie wygląd geometryczny i wielkość serca jest mniej więcej, stały istnieje wiele dokładnych wzorów przedstawiających kształt monomorficznej z założenia lewej komory. Różnorodność kształtów geometrycznych komór psów i duże rozbieżności w ich wielkości utrudniają wykorzystanie tych metod na szerszą skalę w echokardiografii weterynaryjnej. Metody te są obciążone dość dużym błędem pomiaru, jednakże zwiększona ilość pomiarów pozwala na uzyskanie bardziej wiarygodnych wyników badań.

W praktyce wykorzystuje się najczęściej wskaźniki wykorzystowe lewej komory, z których do oceny funkcji skurczowej najbardziej przydatny jest parametr określany mianem frakcja skracania (fractional shortening – FS) oraz procentowe zmiany grubości przegrody i/lub wolnej ściany lewej komory. Zmniejszenie wartości frakcji skracania (poniżej 20–25%) nosi nazwę hipokinetyki i może dotyczyć obu struktur zaangażowanych w skurcz komory lewej (przegrody i ściany wolnej) lub tylko samej ściany czy przegrody międzykomorowej (ryc. 6). Nadmierny wzrost FS ponad 45–50% nazywany jest hiperkinetyką (ryc. 5). Wartości FS nie należy wiązać jednoznacznie z siłą skurczu serca. Na zmiany wartości FS wpływa bardzo wiele czynników, takich jak obciążenie wstępne czy obciążenie następcze. Upraszczając, hiperkinetyka występuje najczęściej u pacjentów z niedomykalnością mitralną na tle endokardiozy i u kotów z kardiomiopatią przerostową, zaś hipokinetyka typowa jest dla kardiomiopatii rozstrzeniowej. Istotna jest również obserwacja symetrii skurczu serca. W niektórych chorobach, w których wzrasta ciśnienie w prawej ko-

morze serca może dochodzić do paradoksalnego ruchu przegrody międzykomorowej w rozkurczu bądź też do całkowitego braku tego ruchu (1, 2, 5, 6).

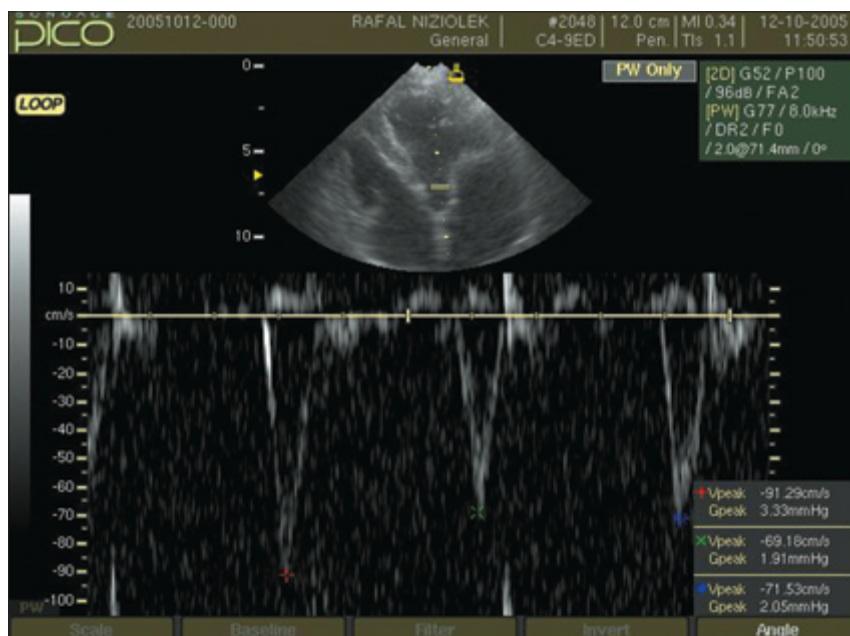
Istotny w diagnostyce echokardiograficznej u ludzi parametr frakcji wyrzutowej (ejection fraction – EF) ma niewielkie znaczenie w weterynarii, a jego ocena jest rzadko znacząca. Wynika to przede wszystkim z faktu, że żadna z opracowanych dla ludzi zasad oceny wolumetrycznej skurczu serca (oceniającej objętość) nie została adaptowana dla zwierząt. U ludzi wykorzystuje się dodatkowo obrazowanie dwuwymiarowe z sumowaniem powierzchni krążków metodą Simpsona, co umożliwia uzyskanie dokładnego pomiaru nawet w warunkach niesymetrycznego skurczu serca wywołanego ogniskową akinezą (brakiem możliwości skurczu) lub hipokinezą pól zawałowych (7, 8). Mniej dokładne pomiary uzyskiwane są u ludzi przy użyciu zmodyfikowanej metody Teichholza, która z powodzeniem stosowana jest w praktyce weterynaryjnej. Uzyskane na jej podstawie parametry objętości końcowoskurczowej (end-systolic volume index – ESVI) umożliwiają z nieco większą dokładnością określenie stopnia niewydolności mięśnia sercowego niezależnie od obciążenia wstępnego czy następnego. Parametr ten jest ściśle skorelowany z powierzchnią ciała pacjenta (body surface area – BSA). Inny parametr oceny wolumetrycznej, czyli objętość końcoworozkurczowa (end-diastolic volume index – EDVI) ma większe znaczenie podczas oceny funkcji rozkurczowej komory (5). Wszystkie wymienione wyżej pomiary można wykonać przy użyciu pakietu pomiarów kardiologicznych dostępnych w aparacie ultrasonograficznym PICO.

Ocena zaburzeń hemodynamicznych z użyciem technik dopplerowskich

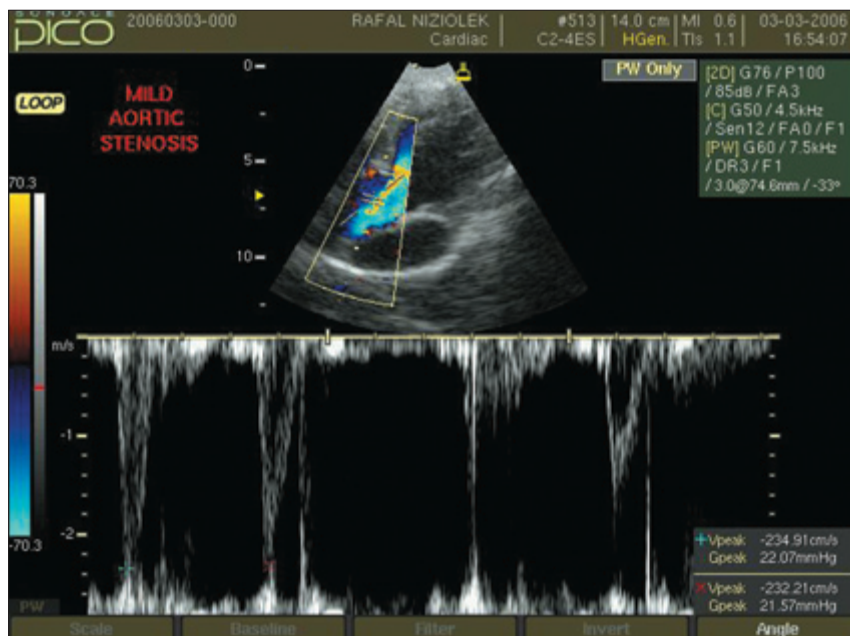
Techniki dopplerowskie, które w sposób istotny rozszerzyły przydatność kliniczną diagnostyki ultrasonograficznej serca, umożliwiają rejestracje szybkości, kierunku oraz jakości (laminarny/turbulentny) przepływu krwi w sercu i głównych naczyniach krwionośnych. Źródłem informacji niezbędnych do utworzenia obrazu dopplerowskiego jest zmiana częstotliwości fali ultradźwiękowej odbitej od ruchomych krwinek. Dotyczy to krwinek, które mają składową ruchu w kierunku rozchodzenia się wiązki. Metody używane do obrazowania przepływów można ogólnie podzielić na:

- metody fali ciągłej (CWD-Doppler),
- metody fali pulsacyjnej (PWD-Doppler).

W metodzie CWD-Doppler głowica stale wysyła i odbiera fale ultradźwiękowe. Wszystkie zmiany częstotliwości odbierane są jednocześnie. Dzięki tej metodzie można



Ryc. 12. Projekcja lewoboczna koniuszkowa z bramką dopplerowską PWD zlokalizowaną w świetle aorty. Przepływ o szybkości 0,7–0,9 m/s jest prawidłowy, dodatkowo wygląd załamków świadczy o przepływie laminarnym



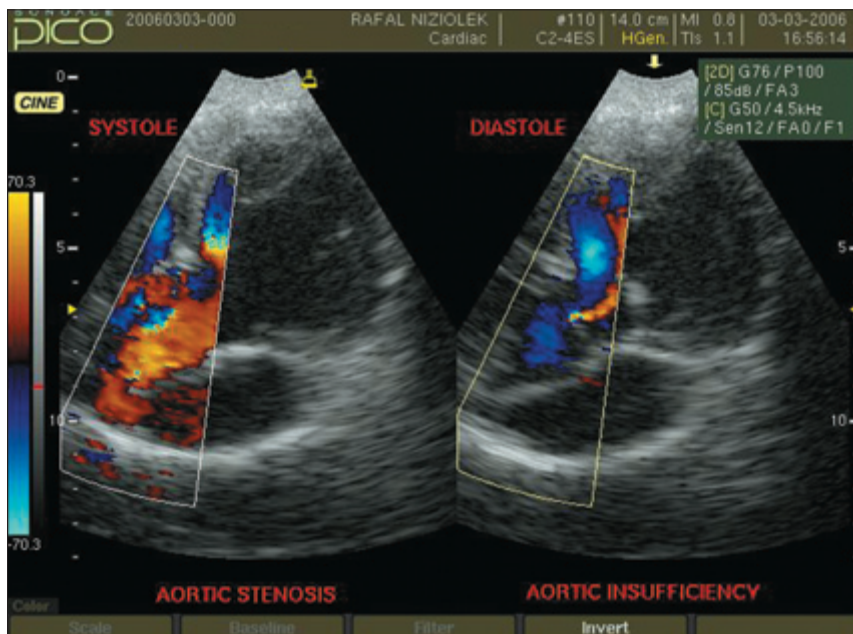
Ryc. 13. Projekcja lewoboczna koniuszkowa z bramką dopplerowską PWD zlokalizowaną w świetle aorty oraz dodatkowo włączonym dopplerem znakowanym kolorem oraz obrazowaniem harmonicznym. Przepływ jest zaburzony, świadczy o tym komponenta żółtego koloru (turbulencja) w niebieskim przepływie od głowicy. Obraz wskazuje na łagodną formę podzastawkowego zwężenia aorty

określić bardzo duże prędkości przepływów, natomiast nie jest możliwe określenie głębokości, na której zachodzi przepływ.

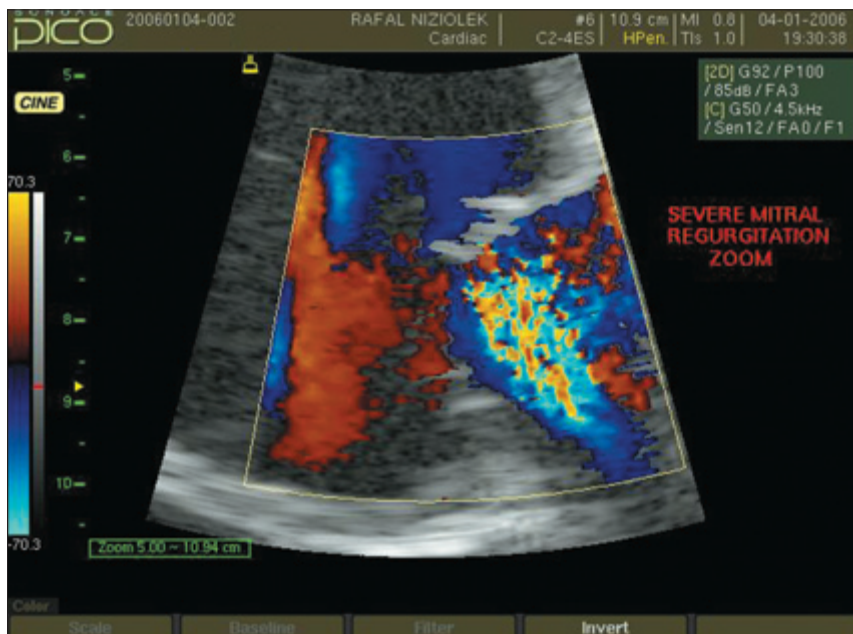
Za pomocą metody fali pulsacyjnej można dokładnie określić głębokość, na której zachodzi przepływ oraz prędkość przepływu. Wykorzystuje się tę metodę przede wszystkim do oceny szybkości przepływu krwi przez badane naczynie (aorta, tętnice szyjne, tętnica płucna) z zastawki serca (4, 5, 6, 7, 8). Metoda ta ma jednak ograniczenie: nie można nią rejestrować bardzo dużych prędkości przepływów. Ograniczenie to spowodowane jest tym, że prze-

twornik, wysyłając impuls fali ultradźwiękowej, czeka na powrót tego impulsu i po jego odebraniu może dopiero wysłać kolejny impuls. Kryterium Nyquista określa największą dającą się zmierzyć częstotliwość dopplerowską. Analiza czasu powrotu i zmiany częstotliwości pozwala określić, na jakiej głębokości nastąpiło rozproszenie ultradźwięków oraz z jaką prędkością poruszają się krwinki. Za pomocą PWD można różnicować przepływ laminarny od przepływu turbulentnego (ryc. 11, 12).

Aparat Pico umożliwia obrazowanie za pomocą metody tzw. high PRF. Łączy ona



Ryc. 14. Projektcja lewoboczna koniuszkowa z przepływami przez aortę znakowanymi kolorem i obrazowaniem harmonicznym u młodego owczarka niemieckiego. Obraz po lewej wskazuje na znaczne turbulencje w czasie przepływu przez zwężenie aorty, po lewej stronie widoczny żółtopomarańczowy strumień wsteczny do wnętrza lewej komory oznaczający niedomykalność aorty



Ryc. 15. Powiększony obraz pierścienia zastawkowego w projekcji prawobocznej podłużnej. Widoczny na zdjęciu jest wsteczny przepływ krwi do wnętrza lewego przedsionka w formie strumienia skierowanego w kierunku ściany wolnej przedsionka. Obraz wskazuje na niedomykalność mitralną. Włączone obrazowanie harmoniczne

pewne cechy metody fali ciągłej i metody fali pulsacyjnej. W metodzie tej zwiększono częstotliwość wysyłania impulsów drgań, co spowodowało zwiększenie maksymalnej, dającej się zmierzyć prędkości. Przetwornik wysyła impuls fali ultradźwiękowej, ale nie czeka na odbiór echa od tego impulsu, aby wysłać kolejny, tak jak jest to realizowane w metodzie fali impulsowej.

Echokardiografia dopplerowska kodowana kolorem (color flow mapping – CFM) tzw. kolor Doppler, umożliwia obrazowanie kierunku i rodzaju przepływu krwi w ko-

lorach, ułatwiając rozpoznawanie nieprawidłowych przepływów wewnątrz mięśnia sercowego (ubytki przegrodowe, zwężenia i niedomykalności zastawkowe) oraz pozwala często, wraz z innymi technikami dopplerowskimi (dopplerem ciągłym i pulsacyjnym) na określenie stopnia zaawansowania zmian. Kierunek przepływu określają odpowiednie kolory (czerwoną to przepływ do głowy, niebieski od głowy), a przechodzenie wzajemne kolorów, tzw. perski dywan, występuje w przypadku przepływu turbulentnego (**ryc. 13,**

14, 15). CFM jest pewnego rodzaju modyfikacją dopplera pulsacyjnego i dlatego ma podobne ograniczenia odnośnie do prędkości maksymalnej, co wynika z twierdzenia Nyquista (2, 5, 7).

Każda z dostępnych metod badania dopplerowskiego ma zalety i ograniczenia. Badanie echokardiograficzne często wymaga pełnej oceny przepływów i wówczas nieodzowne staje się wykorzystanie wszystkich dostępnych technik badania (CWD, PWD, CFM). Rejestracja przepływów metodami dopplerowskim pozwala na określenie stopnia niedomykalności czy zwężenia na podstawie obliczonego gradientu ciśnień. Do tego celu wykorzystywane jest uproszczone równanie Bernoulliego. Dokładność pomiaru w największej mierze zależy od zachowania właściwego kąta między wiązką ultradźwiękową a strumieniem krwi, czyli w praktyce osią naczynia lub otworu (**ryc. 12**). Im większy kąt, tym większe ryzyko niedokładnego pomiaru. Należy zwrócić uwagę na dokładne ustawienie kąta korekcji. Aparat Pico umożliwia płynną zmianę tego kąta zarówno na obrazie rzeczywistym, jak i zamrożonym (maksymalny dopuszczalny kąt to 60°). Wartość ta ulega również zmianom zależnie od lokalizacji miejsca pomiaru (bramki dopplerowskiej). Wiele badań wymaga oceny gradientu przed zwężeniem i za nim (2, 3, 5).

W weterynarii najczęściej wykonywane są pomiary przepływów przez duże naczynia – aortę i tętnicę płucną oraz przez zastawki przedsionkowo-komorowe (ocena niedomykalności i zwężeń). Niekiedy zachodzi również potrzeba obliczenia przepływów przez ubytki przegrodowe przedsionkowe lub komorowe. Obecnie rozszerzona diagnostyka echokardiograficzna z pełnym badaniem dopplerowskim staje się praktycznie nieodzownym narzędziem diagnostyki wad serca u psów i kotów.

Ocena funkcji rozkurczowej

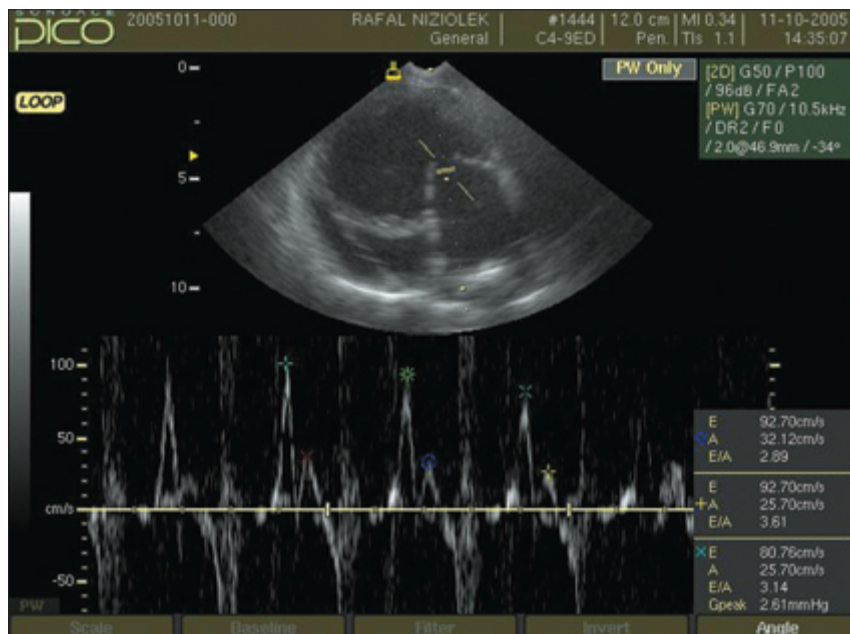
Echokardiografia dopplerowska jako jedyna pozwala na zróżnicowanie skurczowej od rozkurczowej niewydolności serca. Do tego celu przydatna jest prezentacja dwuwymiarowa z jednoczesnym pomiarem dopplerowskim. Bramka pomiarowa w technice PWD ustawiona zostaje u szczytu płatków lub na poziomie pierścienia mitralnego w projekcji koniuszkowej lewobocznej. Krzywa szybkości napływu krwi przez zastawkę mitralną dostarcza dokładnych danych umożliwiających ocenę funkcji rozkurczowej (**ryc. 16; 9**). Spośród wielu dostępnych parametrów uznano, że najbardziej przydatne parametry pomiarowe to fala E (maksymalna prędkość wczesnego napływu mitralnego), fala A (maksymalna prędkość późnego napływu mitralnego), E-DT

(czas deceleracji prędkości wczesnego napływu), iloraz E/A (iloraz maksymalnych prędkości wczesnego i późnego napływu) oraz IVRT (czas relaksacji izowolumetrycznej; 4). Ponieważ nie ma żadnych możliwości zróżnicowania na podstawie parametrów klinicznych dysfunkcji rozkurczowej technika ultrasonograficzna pozwala rozpoznawać niewyjaśnione do tej pory przypadki niewydolności serca (9).

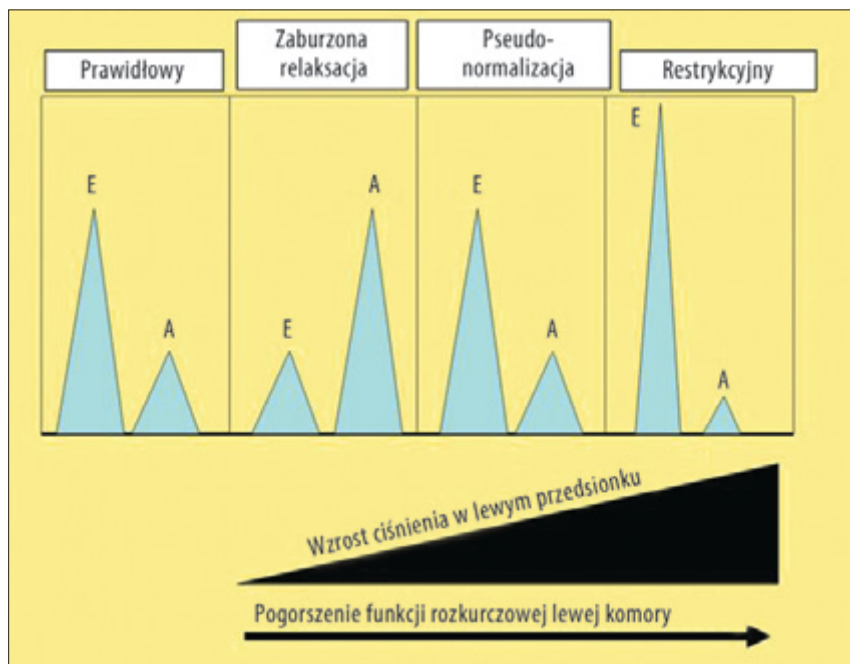
Korzyści płynące z oceny funkcji rozkurczowej dodatkowo pozwalają na ustalenie jej zaburzeń. Charakter przebiegu krzywej napełniania rozkurczowej lewej komory ulega ciągłym, progresywnym zmianom wraz z postępem choroby (ryc. 17). W stadium pierwszym dochodzi do zmniejszenia napełniania we wczesnej fazie rozkurczu (zmniejszenie E i E/A, zwiększenie A, wydłużenie IVRT i E-DT), czyli zwolnienie relaksacji. Druga faza nosi nazwę psuedonormalizacji profilu napełniania lewej komory. Stanowi fazę pośrednią między zaburzeniem aktywnej relaksacji a zaburzeniem o charakterze restrykcji. Wskaźniki dopplerowskie są w tym stadium zwykle prawidłowe. Restrykcyjny profil napełniania komory lewej to ostatnie stadium zaburzeń z wyraźnymi objawami klinicznymi (duszność przy niewielkim wysiłku). Obserwuje się bardzo powiększony i słabo kurczliwy lewy przedsionek, a podatność lewej komory znacząco spada. Parametry dopplerowskie ulegają zmianom – rośnie fala E i wskaźnik E/A, skróceniu ulega IVRT i E-DT. Restrykcyjny profil napełniania jest prognostycznie niepomyślnym czynnikiem w rokowaniu, niezależnie od innych parametrów echokardiograficznych (4, 9).

Podsumowanie

Obrazowanie echokardiograficzne zaczyna odgrywać coraz większą rolę w diagnozowaniu chorób serca, w szczególności istotne jest podczas wykrywania wad wrodzonych oraz chorobach kotów. Wraz z innymi badaniami dodatkowymi (ekg i rtg) pozwala w pełni ocenić stan pacjenta oraz ustalić jego rokowanie. Wprowadzenie badań jednowymiarowych, dwuwymiarowych oraz badań dopplerowskich znacznie poszerzyło możliwości diagnostyczne. Obecnie dostępne są również nowsze techniki ultrasonograficzne, takie jak echokardiograficzna diagnostyka trójwymiarowa (rekonstrukcyjna) oraz technika tzw. dopplera tkankowego (Doppler tissue imaging – DTI), które również wprowadza się do diagnostyki weterynaryjnej. Jak wszystkie techniki manualne istotne jest ciągle doskonalenie swoich umiejętności, gdyż od dokładności badania w dużej mierze zależy właściwa diagnoza. Ponadto wykonanie badania echokardiograficznego nie



Ryc. 16. Projekcja lewoboczna koniuszkowa u młodego sznauera średniego. Bramka dopplerowska PWD ustawiona w świetle pierścienia zastawki dwudzielnej w miejscu schodzenia się jej płatków. Poniżej widoczna jest analiza spektrum dopplerowskiego szybkości napływu rozkurczowego do lewej komory. Bardzo wysoka fala E oraz mała fala A wskazują na fazę restrykcyjną napływu, co świadczy o bardzo złym rokowaniu



Ryc. 17. Możliwe krzywe szybkości napływu rozkurczowego do lewej komory serca. Zmienne wysokości fal E i A oraz stosunek E/A korelują ze stopniem nasilenia dysfunkcji rozkurczowej oraz ciśnieniem panującym wewnątrz lewego przedsionka

zwalnia od przeprowadzenia badania klinicznego, co więcej nawet najbardziej zaawansowana technika nie pozwala na rozpoznanie zastoinowej niewydolności serca, które można uzyskać za pomocą rentgenodiagnostyki.

Piśmiennictwo

1. Boon J. A.: *Two Dimensional and M-mode Echocardiography for the Small Animal Practitioner*. Teton NewMedia, Innovative Publishing, 2002.
2. Boon J.A.: *Manual of Veterinary Echocardiography*. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 1998.
3. Nowicki A.: *Diagnostyka ultradźwiękowa. Podstawy fizyczne ultrasonografii i metod dopplerowskich*. Wydawnictwo Medyczne MAKmed, Gdańsk 2000.
4. Garncarz M.: *Echokardiograficzna ocena parametrów funkcji rozkurczowych mięśnia sercowego u psów zdrowych i chorych kardiologicznie*. Praca doktorska. SGGW, Warszawa 2005.
5. Bussadori C., Lombard C. W.: *Proceedings of Advanced Postgraduate Course ESAVS Cardiology III*, Parma 2003.
6. Oyama M. A.: *Advances in echocardiography*. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 2004, **34**, 1084–1102.

Prace poglądowe

7. Bohmeke T., Weber K.: *Echokardiografia – kompendium*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2000, s. 24–27.
8. Hoffman P., Pruszczyk P.: Podstawy metodyki badań echokardiograficznych. W: *Echokardiografia praktyczna*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, s. 12–19.
9. Witkowska M.: Rozpoznawanie zaburzeń czynności rozkurczowej lewej komory. W: Witkowska M.: *Zaburzenia czynności rozkurczowej serca*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2002, s. 72–98

Zdjęcia zamieszczone w artykule uzyskano podczas badań echokardiograficznych przy wykorzystaniu przenośnego aparatu ultrasonograficznego MEDISON SONOVET/SONOACE PICO z oprogramowaniem kardiologicznym oraz obrazowaniem harmonicznym. Szczególne podziękowanie kieruję pod adresem

p. mgr. inż. Piotra Skorka, konsultanta firmy MARMED za wszelką pomoc techniczną.

Lekarz wet. R. Niziołek, ul. Van Gogha 3b/36, 03-188 Warszawa, e-mail: rafal@niziolek.com.pl