

A bal pitvari fülcse echokardiográfiás vizsgálata – transoesophagealis, transthoracalis és intracardialis lehetőségek

Nemes Attila dr. ■ Havasi Kálmán dr. ■ Ambrus Nóra dr.
Kohári Mária dr. ■ Sággy László dr. ■ Forster Tamás dr.

Szegedi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Szent-Györgyi Albert Klinikai Központ,
II. Belgyógyászati Klinika és Kardiológiai Központ, Szeged

A bal pitvari fülcse egy alakban és méretben változó előfordulású üreg a szívben, melynek állapota összefüggést mutat a pitvari aritmiákkal és a thrombus jelenlétével. Tekintettel a bal pitvari fülcse nehézkes ábrázolhatóságára, a jelen összefoglaló célja a különböző echokardiográfiás módszerek szerepének bemutatása.
Orv Hetil. 2018; 159(9): 335–345.

Kulcsszavak: bal pitvari fülcse, echokardiográfia

Echocardiographic assessment of the left atrial appendage – transoesophageal, transthoracic and intracardiac approaches

Left atrial appendage is a cardiac chamber in variable shapes and sizes. Its condition is associated with atrial arrhythmias and the presence of a thrombus. Due to its difficult visualisation, the present review aimed to demonstrate the role of different echocardiographic methods in its assessment.

Keywords: left atrial appendage, echocardiography

Nemes A, Havasi K, Ambrus N, Kohári M, Sággy L, Forster T. [Echocardiographic assessment of the left atrial appendage – transoesophageal, transthoracic and intracardiac approaches]. Orv Hetil. 2018; 159(9): 335–345.

(Beérkezett: 2017. november 22.; elfogadva: 2017. december 14.)

Semmelweis Ignác születésének 200. évfordulója évében a *Szerkesztőség* felkérésére készített tanulmány.

Rövidítések

2D = kétdimenziós; 2DE = kétdimenziós echokardiográfia; 2DSTE = kétdimenziós speckle-tracking echokardiográfia; 3D = háromdimenziós; 3DSTE = háromdimenziós speckle-tracking echokardiográfia; BP = bal pitvar; BPF = bal pitvari fülcse; BPFmax = végdiasztolés BPF area; BPFmin = végszisztolés BPF area; DE = Doppler-echokardiográfia; EF = ejekciós frakció; EKG = elektrokardiográfia; ICE = intracardialis echokardiográfia; MME = M-mód echokardiográfia; PF = pitvarfibrilláció; RT3DE = (real-time three-dimensional echocardiography) valós idejű háromdimenziós echokardiográfia; TEE = transoesophagealis echokardiográfia; TTE = transthoracalis echokardiográfia; S = strain; Sr = strain rate; SR = sinusrhythmus;

SEC = (spontaneous echo contrast) spontán echókontraszt; STE = speckle-tracking echokardiográfia; TDI = (tissue Doppler imaging) szöveti Doppler-echokardiográfia

A bal pitvari fülcse

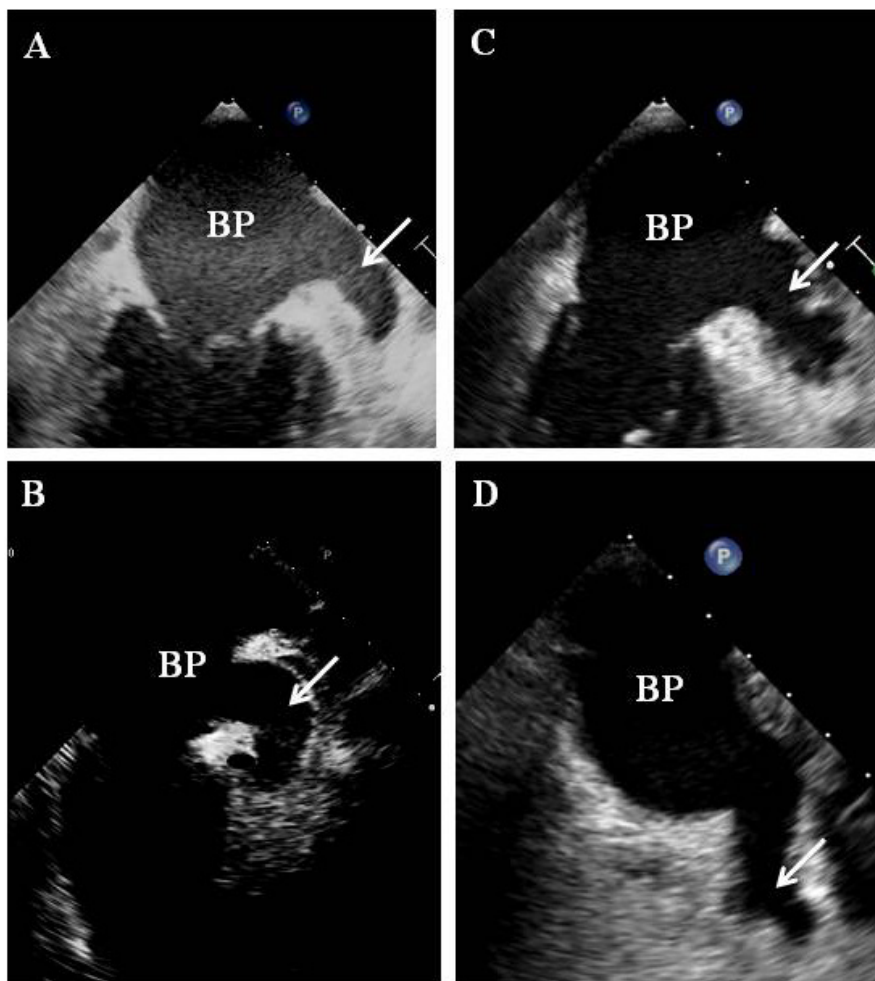
A bal pitvari fülcse (BPF) a bal pitvar (BP) ujjszerű nyúlványa, annak anterolaterális muscularis kiterjedése, mely a bal atrioventricularis árokban, közel a bal felső pulmonalis vénához és a bal körbefutó coronariához helyezkedik el. A trabekularizált BPF az eredeti embri-

onális BP maradványa, mely a gesztációs időszak harmadik hetében fejlődik ki. A sima falú BP-i üreg később alakul ki a pulmonalis vénák kinövéseként [1]. A BPF egy alakjában és méretében, valamint a környező cardialis és extracardialis struktúrákhoz való viszonyában változó előfordulású üreg a szívben [2]. A leggyakoribb alakformák előfordulásuk sorrendjében az alábbiak (1. ábra) [3, 4]:

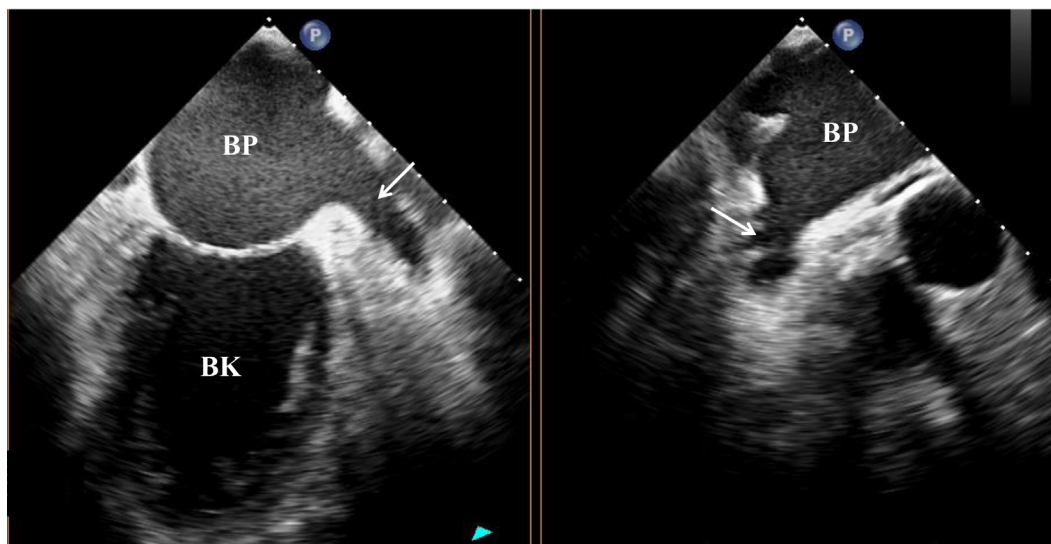
- csirkeszárny vagy C alakú BPF, amikor a domináns lebeny közepén egy egyértelmű görbület ismerhető fel – ilyenkor másodlagos lebenyek is lehetnek (48%);
- multilobularis vagy kaktusz alakú BPF, amikor egy domináns lebenyből számos szekunder lebeny ágazik ki különböző irányokba (30%);
- szélzsák alakú vagy egy domináns lebenyű BPF – a szekunder és a terciér lebenyek elhelyezkedése és száma változó (19%);
- legyező, brokkoli vagy karfiol alakú BPF számos lebennyel, amelyek között nincs domináns – jellemző a típusra a rövid hossz, a komplex belső és az orificium irreguláris alakja, valamint az a tény, hogy gyakran jár együtt emboliás eseménnyel (3%).

A BPF átlagos hossza 16–51 mm, térfogata 0,7–19,2 ml, az orificiuma inkább elliptikus, mint kör keresztmetű, és trabekularizált pectinatus izmok vannak a testében [3]. Az esetek 20%-ában 1 lebenyes, 54%-ában 2 lebenyes, 23%-ában 3 lebenyes, míg 3%-ában 4 lebenyes [5]. Relaxációja esetén megtelik vérrel, míg kontrakciójakor ürül; egészségesekben négyfázisú hullámmintázat igazolható sinusrhythmus (SR) fennállása esetén (lásd később). A BPF állapota összefüggést mutat a pitvari aritmiákkal, thrombus jelenlétével, a stroke előfordulásával és ennek megfelelően az antikoaguláns kezelés megfontolásával. Pitvarfibrilláció (PF) fennállása esetén a thrombusképződés elsődleges előfordulási helye [3].

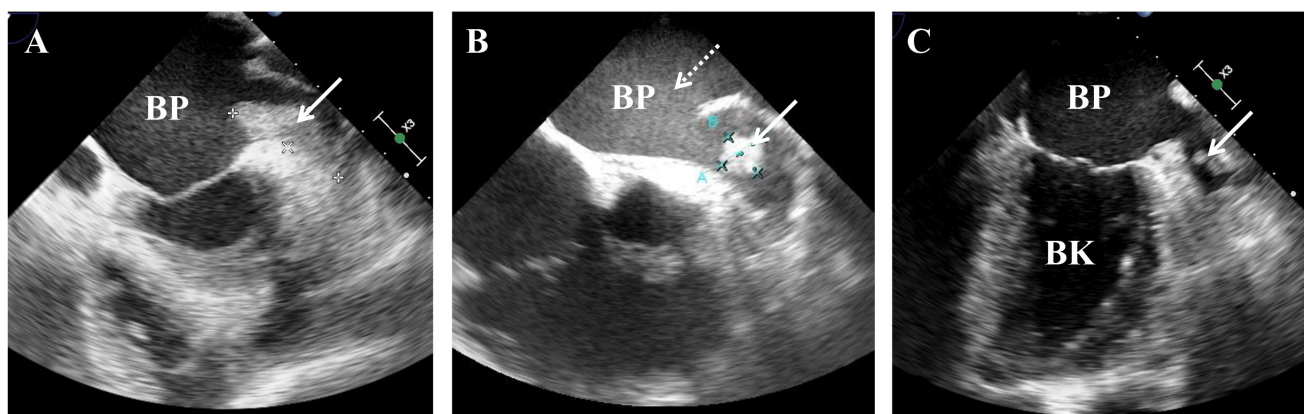
A képalkotó vizsgálatok célja a BPF alakjának, morfológiájának, valamint mechanikus funkciójának jellemzése ablatiós beavatkozások előtt és után, praethromboticus állapotok, illetve thrombus(ok) detektálása, az áramlási sebességek jellemzése és mérése, az orificium méretének meghatározása, az okklúziós eszközök számára történő 'landing zone' jellemzése stb. Tekintettel a BPF nehézkes ábrázolhatóságára, transoesophagealis és transthoracalis ablakból, illetve intracardialis echokardiográfia so-



1. ábra | Kétdimenziós transoesophagealis echokardiográfia során változó alakformájú képtelként ábrázolható a bal pitvari fülcs: szélzsák alakú vagy egy domináns lebenyű (A), csirkeszárny vagy C alakú (B), legyező, brokkoli vagy karfiol alakú (C) és a multilobularis vagy kaktusz alakú (D)



2. ábra | Bizonyos echokardiográfás készülékek lehetővé teszik az egyidejűleg több síkból történő vizualizálás lehetőségét kétdimenziós transoesophagealis echokardiográfia során



3. ábra | Spontán echókontraszt (SEC) (szaggatott nyíl) és különböző alakú [fali (A), golyó (B) és propeller (C)] thrombusok ábrázolása kétdimenziós transoesophagealis echokardiográfia során (1. nyíl)

rán is megkísérelhető a vizsgálata. Azt is figyelembe kell azonban venni, hogy ma már számos echokardiográfás módszer – beleértve az M-mód (MME), a kétdimenziós (2D), a Doppler- (DE), a szöveti vagy 'tissue' Doppler- (TDI), a 2D speckle-tracking (2DSTE), a valós idejű háromdimenziós (RT3DE) és a 3D speckle-tracking (3DSTE) metodikákat – külön-külön is alkalmazható a különböző echokardiográfás transzducerek és a készülékekbe/munkaállomásokba épített szoftverek használata során [6]. A jelen összefoglaló célja a fent részletezett módszertanok bemutatása a BPF megítélésében (a rutinban alkalmazott eljárásokat csillaggal jelöltük).

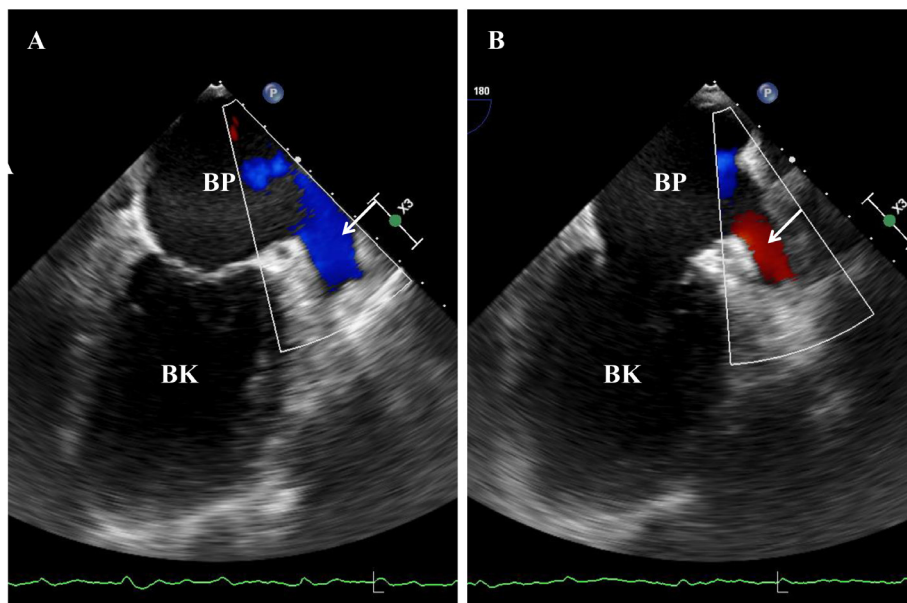
Transoesophagealis echokardiográfia (TEE)

A TEE a leggyakrabban alkalmazott szemiinvaszív echokardiográfás eljárás, mely alkalmas a BPF morfológiai és funkcionális megítélésére és a benne elhelyezkedő thrombusok meglétének kizárására. TEE során nagy

frekvenciájú transzducert vezetünk a nyelőcsőbe. Ilyenkor a BP a szektor csúcsában van, így a képpalkotást a bordák, a tüdő stb. nem akadályozzák [3] (1. ábra).

M-mód echokardiográfia. Az MME 2DTEE-vel kombinálva egyszerűen használható a BPF vizsgálatára bármilyen síkban az idő függvényében, és a rögzített képeken mérések is végezhetők [6].

**Kétdimenziós echokardiográfia.* 2DTEE során a szektorba illesztett BP-t/BPF-t a szív ciklusnak megfelelően egy adott síkban vizsgáljuk (1–3. ábra). A látottak értékelését érdemes kinagyított ('zoomolt') és többsíkú (multiplán) felvételeken végezni. A vizsgálatot általában magas midoesophagealis nézetben 0 foknál kezdjük úgy, hogy a transzducer anteflexióban van, majd változatlan állapot mellett több síkban szkenneljük a BPF-t. A BPF két standard midoesophagealis nézete a keresztmetszeti aortabilentyű (30–60 fok) és a kétüregi (80–100 fok) nézetek.



4. ábra | Színes Dopplerrel ábrázolható kamrai szisztoléra eső telődési beáramlás (A) és pitvari szisztoléra (kamrai késő diasztoléra) eső kontrakciós kiáramlás (B) kétdimenziós transoesophagealis echokardiográfia során (1. nyíl)

Egy lehetséges alternatív nézet 130–180 foknál ábrázolódik, ahol a BPF trabekularizációja kifejezettebb [3].

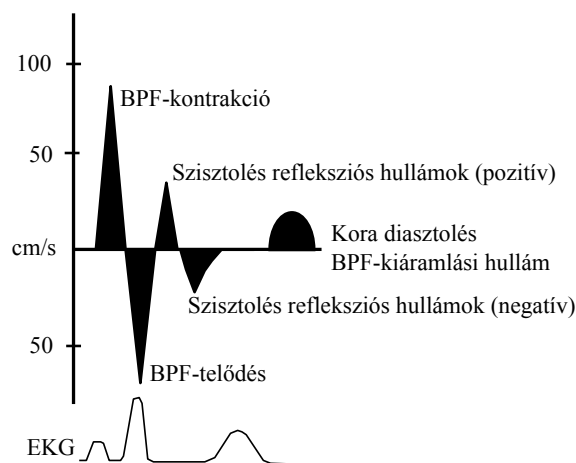
A BPF vizuális megítélése során célunk thrombus meglétének detektálása, melyet körülírt immobilis vagy mobilis masszaként értékelünk a BPF üregében – ez akusztikusan elkülöníthető az endocardiumtól és a trabeculáktól (4. ábra). A 2DTEE szenzitivitása és specifitása a BPF-thrombusok detektálására az intraoperatív észleléshez képest 92% és 98%, a negatív és a pozitív prediktív érték 100% és 86% [7]. A kisebb méretű vagy oldallebenyen lévő thrombusok detektálása azonban kifejezetten nehéz [2]. Ha 2DTEE során az üregben az alacsony áramlási sebességek miatt füstszerű gomolygó echodenzitás (is) detektálható, azt spontán echokardiográfias kontrasztnak (spontaneous echocardiographic contrast, SEC) nevezzük. A SEC aktivált trombocytákból, fehérvérsejtekből és felhalmozódott vörösvértestekből áll, praethromboticus állapotnak tekinthető, és a thrombus kialakulásának rizikófaktora [3]. A 'sludge' köztes állapot a SEC és a thrombus között, viszkózus, kocsonyás, 'nem jól formált' morfológia jellemzi [2]. Amennyiben a képalkotás szuboptimális, ultrahangos kontrasztanyag használata válhat szükségessé, melynek célja csökkenteni a képalkotási műtermékek előfordulását. Ilyenkor a BPF teljes feltöltődésével a telődési hibák felhívhatják a figyelmet a thrombus jelenlétére [8].

Ma már tudjuk, hogy az RT3DE-TEE-hez képest a 2DTEE alulbecsüli a BPF orificium area nagyságát [9, 10]. A fentiekén túl fennáll a lehetősége bármilyen síkú keresztmetszeti kép, valamint planimetria segítségével a végdiasztolés (BPFmax) és a végszisztolés (BPFmin) BPF area lemérésére és a BPF ejekciós frakciójának (EF) kiszámítására is 2DTEE során az alábbi képlettel: $BPF-EF = (BPFmax - BPFmin) / BPFmax$. Normális méretű

BP-i dimenziók és sinusrhythmus fennállása esetén értéke $55 \pm 21\%$ (14–87%), míg PF esetén 18% (8–41%) [11]. Irodalmi adatok alapján volumetrikus adatok is számíthatók, a $BPF > 34 \text{ cm}^3$ emeli a stroke rizikóját PF fennállása esetén [12].

***Doppler-echokardiográfia (DE).** DE során egy mozgó „tárgyról” visszaverődő hullám frekvenciájának, hullámhosszának és sebességének megváltozását vizsgáljuk [6]. A klinikumban a pulztilis, a folyamatos hullámú és a színes Doppler-módszert használjuk.

A színes Doppler-technika segíthet a fülcsében zajló áramlási viszonyok vizuális megítélésében, mivel SR fennállása esetén a BPF egy kontraktilis muscularis zsák, melynek csúcsa pitvari szisztolé idején lezáródik [2] (4. ábra). További segítséget nyújthat egy BPF-thrombus meglétének igazolásában, mivel ahol csökkent vagy nincs



5. ábra | Típusos áramlási mintázat a bal pitvari fülcsében

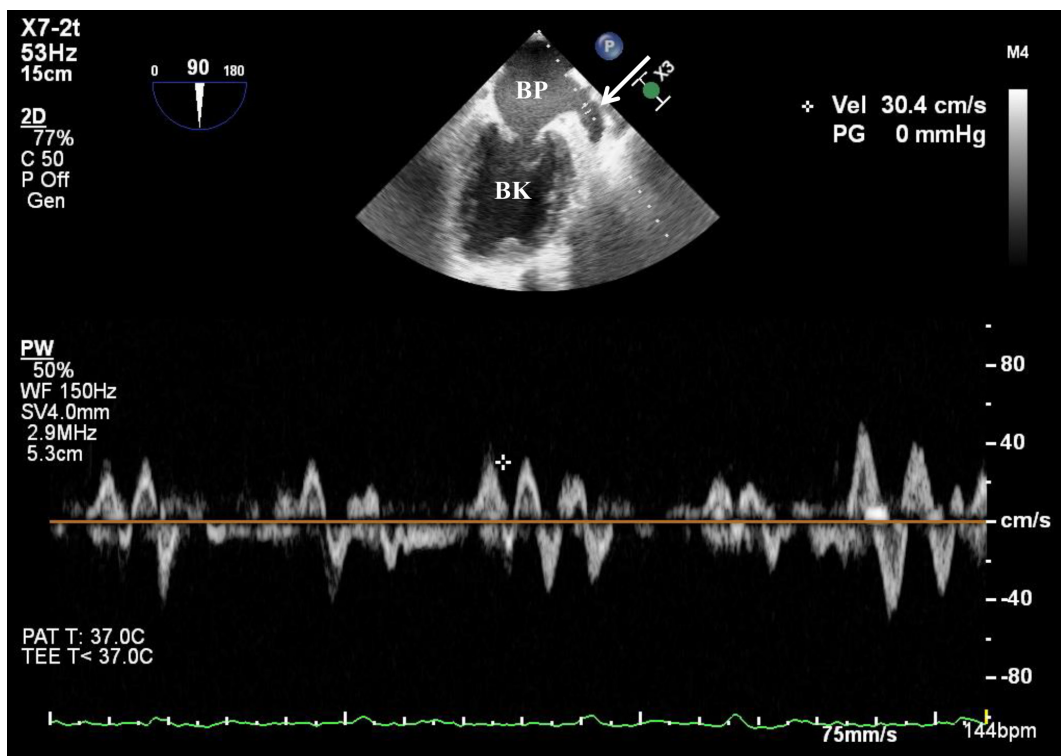
színes áramlási minta, ott annak megléte feltételezhető [3]. Pulzatis Doppler-vizsgálat esetén a BPF hosszten-gelyben (60–90 fok) vizsgálandó: ilyenkor a mintát a szí-nes Doppler segítségével vesszük a BPF szájában vagy proximalis harmadában oly módon, hogy meghatároz-zuk, hol a legnagyobb az áramlási sebesség. Ilyenkor több szívciklus során mért értékek átlagát számítjuk. Fontos technikai észrevétel, hogy a mérések során azok szöge az áramláshoz képest párhuzamos legyen [3]. Tí-pusosan az alábbi áramlási mintázat figyelhető meg a BPF-ben [13] (5. ábra):

- a BPF-kontrakciós kiáramlási hullám, vagyis a pitvari szisztolé az EKG-n a P-hullámot követi, és összefüg-gést mutat a késő diasztolés mitralis A-hullámmal (normálértéke: 64–50 cm/s);
- BPF-telődési beáramlási hullám kamrai szisztolé ide-jén (normálértéke: 46–58 cm/s);
- szisztolés reflexiós hullámok mindkét oldalon, ez a szisztolé idején jelentkező passzív áramlás;
- kora diasztolés BPF-kiáramlási hullám, mely a kora di-asztolés mitralis E-hullámot követi (normálértéke: 20–38 cm/s).

A tachycardia növeli, míg a kor csökkenti a BPF ürülé-si sebességértékeit, melyek értéke nőkben kisebb a férfiakéhoz képest. PF fennállása esetén cápafogszerű min-tázatot kapunk, amelynél variabilis amplitúdójú és regularitású jelek észlelhetők, és alacsonyabb sebességek mérhetők kamrai szisztolében, mint diasztolében [14] (6. ábra). A legmagasabb sebességértékeket SR fennállá-sa esetén, a legalacsonyabbakat krónikus PF-es betegek-

ben, míg a kettő közötti értékeket paroxismalis PF és pitvari flutter fennállása esetén látunk [2, 15]. Az ala-csony BPF-sebesség (<40 cm/s) a stroke emelkedett rizikójával és a SEC-cel mutatott összefüggést [16], míg a <20 cm/s a BPF-en belüli thrombus meglétével és a thrombemboliás események magasabb incidenciájával [13, 15]. SR fennállása esetén a SEC jelenléte komolyabb összefüggést mutat a stroke-rizikóval, mint a csök-kent BPF-ürülési sebességek [17]. Nonvalvularis PF fennállása esetén az átlagos BPF-sebesség, >31 cm/s, a cardioversio-sikeresség független prediktorának bizo-nyult [18]. Az is igazolást nyert, hogy az átlagos BPF-csúcssebesség, >40 cm/s, előre jelzi a sinusrhythmus egyéves folyamatos fennállását nonvalvularis PF esetén [19]. A cardioversiót követő BPF-stunning, melyet a 20 cm/s-nál kisebb csúcs késői diasztolés ürülési sebessége jelez, a jövőbeli thrombemboliás szövődmény rizikójá-nak előrejelzője [20]. Amennyiben a Doppler-szignál szuboptimális, kontrasztanyag használata javíthatja a BPF Doppler-áramlási sebességeinek detektálását [21].

Szöveti Doppler-echokardiográfia (TDI). TDI során az alacsony sebességű, de nagy amplitúdójú, hosszten-gelyi intrinszik myocardialis sebességértékek mérhetők. A mért paraméterek azonban szögfüggőek, és a kapott ér-tekeket a szomszédos myocardialis szövetek lényegesen befolyásolhatják [6]. A fentiekén túl a TDI alkalmas a falmozgások deformitása kvantitatív jellemzőinek, az ún. strain és strain rate értékeknek a számítására is.



6. ábra | Pulzatis Dopplerrel detektálható áramlási mintázat pitvarfibrilláció fennállása esetén kétdimenziós transoesophagealis echokardiográfia során. A mélységkapu a bal pitvari fülcsé szájadéékába lett helyezve

A BPF TDI-vizsgálata annak hossztenyelyi nézetében történik oly módon, hogy annak septalis és lateralis falára helyezük. SR fennállása esetén a TDI-szignál trifázikus [22]:

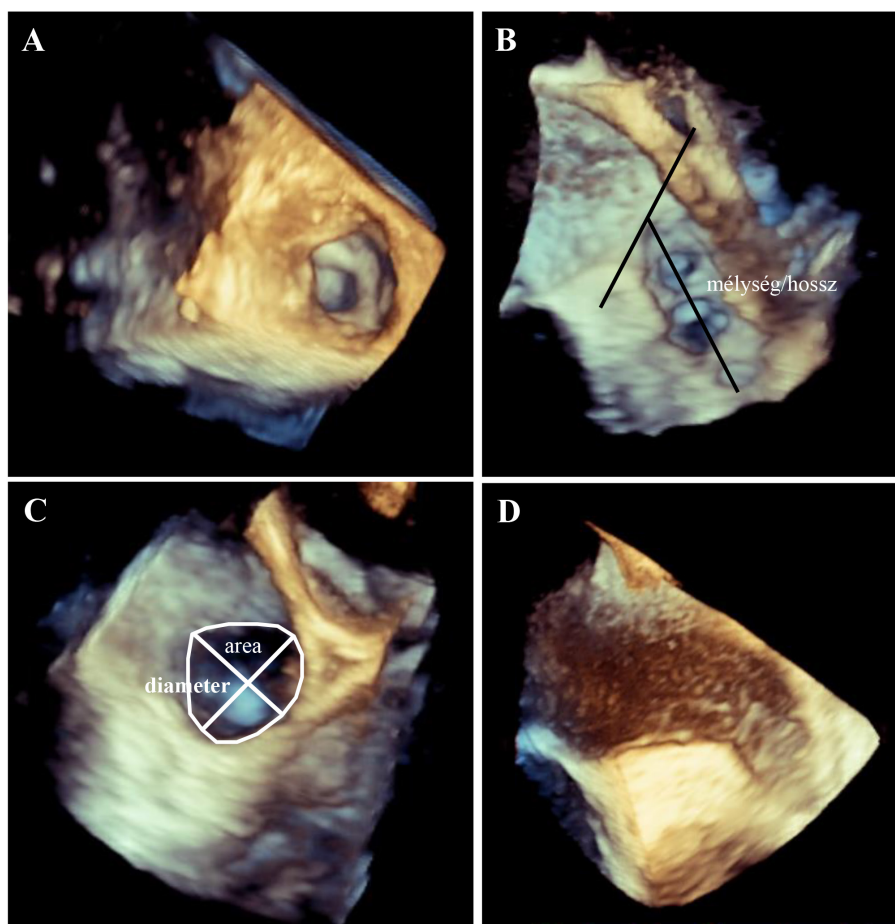
- korai pitvari szisztolés hullám a P-hullám előtt az EKG-n (az alapvonal felett);
- magas amplitúdójú késő szisztolés hullám a P-hullám után (az alapvonal felett);
- késő diasztolés hullám a BPF telődése idején (az alapvonal alatt).

Doukky és mtsai szerint a TDI-vel a mitralis anuluson mért E/e' és e' sebességek független összefüggést mutattak a BPF-thrombus meglétével nonvalvularis PF fennállása esetén, mely tény igazolhatja a diasztolés diszfunkció és az emelkedett BP-i nyomással együtt járó stasis szerepét a BPF-thrombus kialakulásában [23]. Amennyiben a BPF-en mért TDI-hullámokat vizsgáljuk, PF fennállása esetén azok irregulárisra válnak, és a korai pitvari szisztolés hullám eltűnik [3]. A BPF-funkciót jellemző és a TDI segítségével mért strain- (S) és strain rate (Sr) értékek lemérhetők, és a BPF-ürülési sebességgel korrelálnak [24, 25]. Igazolást nyert, hogy BPF-ben SEC és thrombus fennállása esetén az S és az Sr értéke alacsonyabb [25].

Kétdimenziós speckle-tracking echokardiográfia (2DSTE). STE során a szívizomszövetről visszaverődő szóródásos echók blokkjait (természetes akusztikus markereket, 'speckle'-ket) használjuk fel a képkalkotás során oly módon, hogy a szoftver azokat a szívciklusnak megfelelően képről képre követi. Ennek megfelelően alkalmas a falmozgások kvantitatív jellemzőinek, az ún. strainelemek számára. Amennyiben ez 2D-s felvételeken történik, akkor 2DSTE-ről, ha egy digitálisan begyűjtött, piramis alakú 3D-s térbeli adatbázisban ('echóködben'), akkor 3DSTE-ről beszélünk [6].

Limitált mennyiségű információ áll rendelkezésünkre a 2DSTE-vel mért strainparaméterek használhatóságáról a BPF vizsgálatában. Egy 'velocity vector imaging' technikával végzett tanulmányban a csökkent BPF-kontraktilis funkció a BPF-thrombus kialakulása független meghatározójának bizonyult [26].

**Real-time háromdimenziós echokardiográfia (RT3DE)*. RT3DE során EKG-kapuzással, speciális ultrahangkészülék alkalmazása mellett úgynevezett mátrixtranszducerrel piramis alakú 3D-s adatbázist rögzítünk digitálisan. A begyűjtött 3D-s 'echóköd' analízisét egy ebből a célból kifejlesztett speciális szoftver segítségével végezzük [6].



7. ábra | A bal pitvari fülsze valós idejű háromdimenziós transoesophagealis echokardiográfia során rekonstruált kereszt- (A, C) és hossztenyelyi (B, D) metszetei. A keresztmetszeti képen a bal pitvari fülsze orificiumának hosszú és rövid átmérője, valamint arcája lemérhető (C), míg a hossztenyelyi képen annak mélysége (hossza) az orificium közepétől az elsődleges lebeny fenekéig (csúcsáig) tartó távolságként definiálható (B)

A módszer hazai bemutatása 2007-ben megtörtént [27]. A technikai fejlesztéseknek köszönhetően ma már RT3DE-vizsgálatra alkalmas speciális transoesophagealis transzducer is elérhető, mely lehetővé teszi a BPF térbeli vizsgálatát és pontos 3D-s mérések végzését.

A vizsgálat kivitelezése során a BPF-et tartalmazó piramis alakú adatbázist 45 foknál végkilégzés idején EKG-kapuzás mellett gyűjtjük be digitálisan, az adatelemzés ezt követően speciális szoftverek alkalmazásával történik [3]. Lehetséges jobb képminőséggel járó, szűkített szögű, illetve zoomolt (kinagyított) adatgyűjtést is végezni. Irodalmi adatok alapján elmondható, hogy az RT3DE-TEE olyan valós idejű, átfogó vizsgálati lehetőséget kínál, melynek segítségével a BPF geometriája, annak komplexitása térben részletesen elemezhető [3]. A módszer lényeges előnye, hogy bármilyen síkú vizsgálati képek készíthetők, segítve ezzel a környező struktúrák egymáshoz való viszonyának könnyebb megértését [2], és akár a thrombus és a pectinatus izom elkülönítése is lehetséges [3]. Az RT3DE-TEE-vel mért volumetrikus adatok tökéletes korrelációt mutattak a sebészeti úton eltávolított masszával [28].

A 3D-s piramis alakú adatbázis segítségével a különböző rövid- és hossz tengelyi 2D-s vizsgálati síkok rekonstrukciója lehetséges a szív ciklus különböző fázisaiban. A BPF orificiumának hosszú és rövid átmérője és areája különböző rekonstrukciós szinteken vizsgálható a BPF rövidtengelyi nézetében (7. ábra). A BPF rövidtengelyi orificiumának meghatározásához két vonal szükséges: az egyik a bal coronariához közel a mitralis billentyű annulusának vestibulumát köti össze azzal a ponttal, amelyik 1–2 cm-re van a bal felső pulmonalis véna peremének csúcsától, míg a másik az aortabillentyű annulusához közeli pontot és a bal pulmonalis véna lateralis peremétől 1–2 cm-re lévő pontot köti össze. A BPF mélysége (hossza) az orificium közepétől az elsődleges lebeny fenekéig (csúcsáig) tartó távolságként mérhető. Speciális szoftveralkalmazások segítségével a BPF-ről hossza mentén rövidtengelyi multiplanáris metszetek készíthetők, lehetővé téve a BPF morfológiájának rekonstrukcióját és volumetrikus mérések végzését. Az utóbbinak lényeges szerepe lehet percutan záróeszközök pontos méretezése során [29]. Tudjuk azt is, hogy RT3DE-TEE-vel jobban meg lehet ítélni a BPF orificiumának a környező struktúrákhoz való viszonyát (pl. mitralis billentyű, bal felső pulmonalis véna stb.) a 2DTEE-hez képest [30]. Igazolást nyert, hogy az RT3DE-TEE-vel és a komputertomográf-fal mért BPF-i orificium area mérete tökéletesen korrelál [9], ami azért fontos, mert ennek az areának a progresszív szív növekedése (és az excentricitási index csökkenése) együtt jár a PF előfordulásának emelkedésével [10]. Az RT3DE a fentiekben túl alkalmas a BPF-térfogat mérésére és a térfogatalapú ejekciós frakció számítására is [31].

Háromdimenziós speckle-tracking echokardiográfia (3DSTE). A 3DSTE a legmodernebb echokardiográfias technikának tekinthető, mivel egyesíti az STE és a 3D-s

echokardiográfia előnyeit: az analízis nem egy síkban, hanem térbeli 3D-s adatbázisban történik, ezáltal teoretikusan pontosabbá téve a méréseket [6, 32].

A 3DSTE-vizsgálatra alkalmas TEE-transzducer bemutatása 2016 decemberében megtörtént, de e cikk írásának idején (2017. november) a módszerrel kapcsolatos irodalom nem érhető el, és eddig klinikai vizsgálat sem igazolta annak szerepét a BPF megítélésében.

Transthoracalis echokardiográfia (TTE)

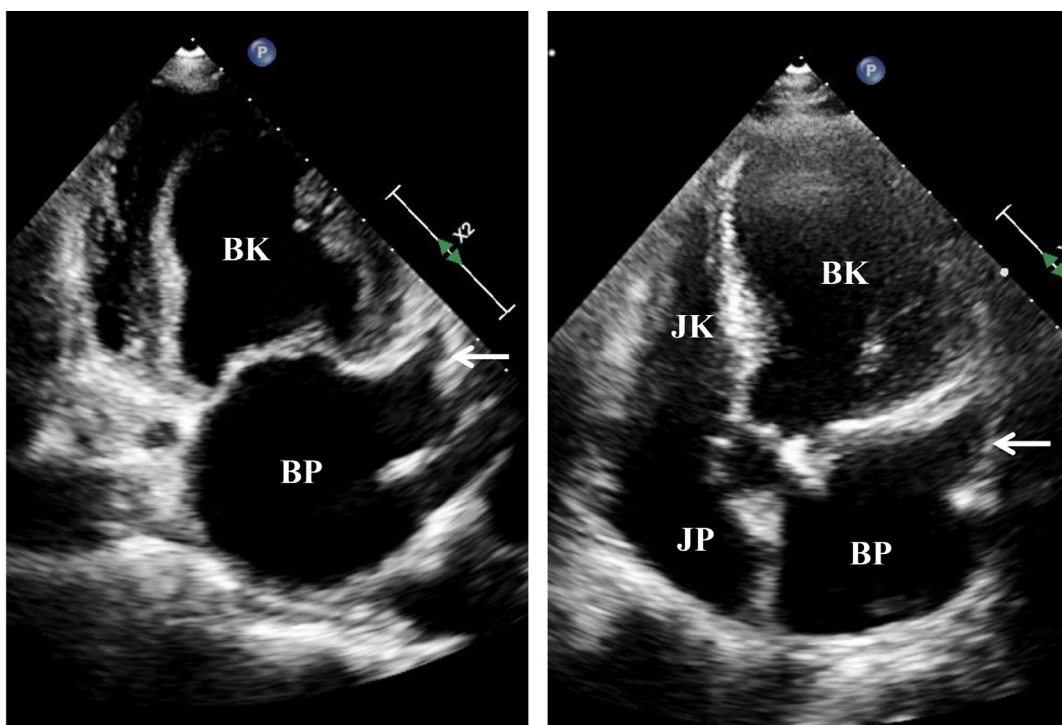
A TTE valamennyi klinikai kardiológus számára elérhető rutin-vizsgálómódszer: ilyenkor a transzducert a mellkasfalra helyezzük, ennek megfelelően a képalkotás non-invazív [3]. A napi rutinban a TEE mellett TTE is elvégzendő gyakorlatilag valamennyi olyan esetben, amikor a BPF echokardiográfias vizsgálata szükséges. A BPF korlátozott TTE-s vizsgálhatósága miatt azonban ilyenkor célunk általános képet kapni a szívről, beleértve a szívüreg méretének és funkciójának megítélését, a billentyűk vizsgálatát stb. Valamennyi korábban bemutatott echokardiográfias eljárás elérhető TTE során, ezek szerepe azonban a BPF megítélésében nem egységes.

M-mód echokardiográfia. Amennyiben a BPF ábrázolható, úgy MME segítségével elvileg a méretek lemérhetők, annak pontossága azonban a méretek miatt kérdéses, így a rutinban alig használt eljárás.

Kétdimenziós echokardiográfia. Bár 2DTTE során az irodalmi adatok a BPF ábrázolhatóságát 97–100%-ra teszik [33], a módszerrel a BPF-thrombusok minimális mértékben, 33–60%-ban detektálhatók [34]. Ma már a harmonikus képalkotás és az echokardiográfias kontrasztanyagok alkalmazása mellett lehetséges a BPF vizualizálása, ami annál könnyebb, minél nagyobb a BP/BPF [3]. Ezeknek az eljárásoknak az alkalmazása javítja a BPF-thrombusok ábrázolhatóságát is 2DTTE során [33, 35]. A BPF az alábbi standard nézetek használatával ábrázolható transthoracalis 2DTTE során [36] (8. ábra):

- parasternalis rövidtengelyi nézetben az aorta/arteria pulmonalis szintjében, a transzducer minimális, az óramutató járásának megfelelő csavarása vagy lefelé billentése mellett;
- csúcsi ötüregi nézetben a transzducer felfelé billentése mellett;
- csúcsi kétüregi nézetben a transzducer enyhe lateralis billentése vagy az óramutató járásának megfelelő csavarása mellett.

Doppler-echokardiográfia. A DE-mérések szögfüggése ellenére fennáll az elvi lehetőség a BPF-áramlási sebességek DE-TTE-mérésére. Egy 2017-ben megjelent közleményben a TEE és TTE során DE-vel mért ürülési sebességek jól korreláltak, és a TTE előre jelezte a TEE-vel igazolt thrombus, SEC és BPF-diszfunkció jelenlétét [37].



8. ábra | Kétdimenziós transthoracalis echokardiográfia során ábrázolt bal pitvari fülce (1. nyíl)

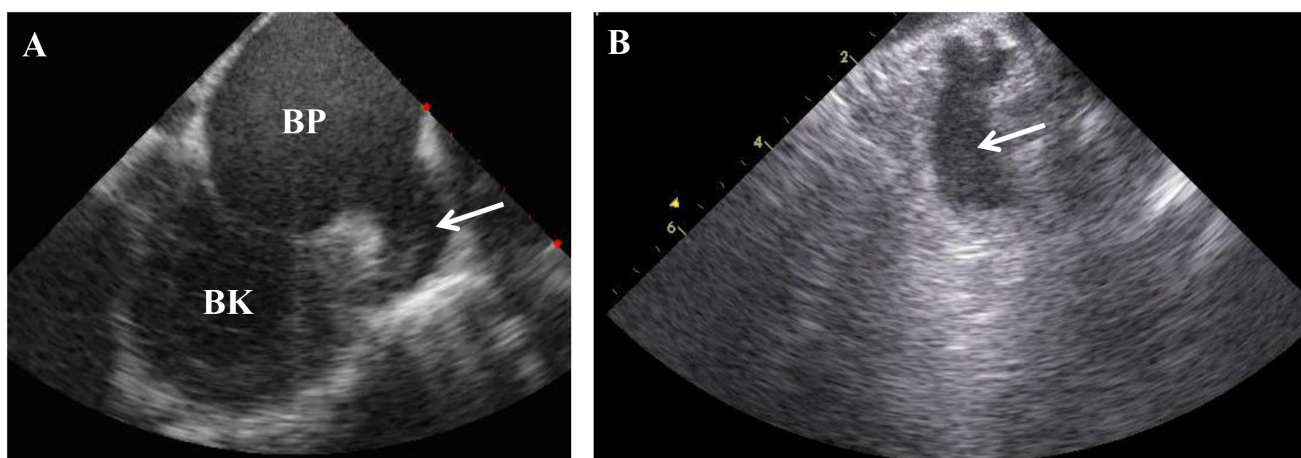
Szöveti Doppler-echokardiográfia. A gyenge vizualizálhatóság, a kicsiny méretek és a szív mozgása miatt a TDI a BPF megítélésére TTE során rutinszerűen nem használatos, bár bizonyos nézetekben (parasternalis rövidtengelyben) elvégezhető [38].

Kétdimenziós speckle-tracking echokardiográfia. A gyenge vizualizálhatóság és a kicsiny méretek miatt a 2DSTE a BPF megítélésére TTE során a rutinban nem használatos.

Valós idejű háromdimenziós echokardiográfia. Bár a méretek miatt a BPF RT3DE-TTE-ábrázolhatósága nehézkes, ennek ellenére a közelmúltban megjelent vizsgálat eredményei alapján elmondható, hogy a 2DTTE és az

RT3DE-TTE kombinált használata a 2DTEE-hez mérhető pontosságú a BPF-thrombusok detektálásában és a BPF-ben a pectinatus izomtól történő elkülönítésében [35]. Igazolást nyert, hogy az RT3DE-TTE jobb a 2DTTE-hez képest a thrombus struktúrájában bekövetkező változás detektálásában (pl. kalcifikáció, degeneráció, lysis stb.) [39].

Háromdimenziós speckle-tracking echokardiográfia. Eddig egy eset bizonyította a 3DSTE használhatóságát a BPF vizualizálásában [40]. Amennyiben a képminőség és a BPF morfológiája megfelelő, a módszer alkalmasnak tűnik a BPF-ről 3D-s modell noninvaszív alkotására és arról volumetrikus és strainparaméterek egyidejű számítására.



9. ábra | A bal pitvari fülce, a bal pitvar és a bal kamra metszete (A), valamint a bal pitvari fülce a bal pulmonalis artériából ábrázolva (B) kétdimenziós intracardialis echokardiográfia során (1. nyíl)

Intracardialis echokardiográfia (ICE)

Az intracardialis echokardiográfia (ICE) egy transzsvénán, a leggyakrabban a vena femoralison keresztül felvezetett, irányítható ultrahangkatéter segítségével történő, a szív strukturális és funkcionális vizsgálatára egyaránt alkalmas invazív eljárás [41, 42]. A transzducert különböző pozíciókba helyezve láthatóvá tehető a hasi aorta, a JP-ból az interatrialis sövény, az aortagyök, a mitralis és a tricuspidalis billentyű, a JP-i fülcse, a BPF, a bal pitvar ürege, valamint a pulmonalis vénák. A jobb kamrából vizsgálható a bal kamra, a kamrák kifolyótraktusa és a pulmonalis artéria is. Az ICE alapvetően az invazív elektrofiziológiai beavatkozások során kerül alkalmazásra, és részben az anatómiai struktúrák megjelenítésére, részben a katéterek pozíciójának monitorizálására szolgál. Legnagyobb előnye az egyéb képalkotó eljárásokhoz képest a fent említett struktúrák és katéterek egymáshoz viszonyított helyzetének valós idejű ábrázolása. Az ICE a BPF vizualizálhatóságában a TEE-hez hasonlítva annak lehetséges alternatívája katéteres ablatio során [41], bár irodalmi adatok szerint a thrombusok detektálásában a 2DTEE-hez képest kevésbé szenzitív [42].

A BPF a legkönnyebben az ultrahangkatéter JP-ba történő felvezetését követően, a transzducernek az óramutató járásával megegyező irányba (clockwise) történő rotációjával vizualizálható. Amennyiben a transzducer a JP közepén, a tricuspidalis billentyű szintjén és az aortagyök mellett helyezkedik el, akkor annak rotációjával a BPF látótérbe fog kerülni a mitralis billentyű magasságában [43].

M-mód echokardiográfia. ICE során megvan a lehetőség az MME-re, így a korábban leírtaknak megfelelően mérések is végezhetők.

Kétdimenziós echokardiográfia. Mivel a BP elülső-felső részén elhelyezkedő BPF-szájadék, valamint -üreg is aszimmetrikus formájú, és a BPF mérete-alakja egyénenként nagyfokú variabilitást mutat, így az rendkívül széles morfológiai spektrumot és ezáltal képalkotásbeli kihívásokat is okoz [44]. Bár a transzducer monoplán képalkotására alkalmas, annak forogtatásával a BPF széleskörűen átvizsgálható. PF-betegpopulációban az SR helyreállítása előtt a 2DTEE az elsődlegesen választandó vizsgálómódszer a BPF-thrombus azonosítására vagy kizárására [45]. Az olyan centrumokban azonban, ahol az elektrofiziológiai beavatkozások, különösen a komplex BP-i ablatiók kapcsán az ICE rutinszerűen kerül alkalmazásra, lehetőség van a BPF vizsgálatára, így az esetleg fennálló thrombus kimutatására is. Mivel azonban a BPF relatíve „távoli” bal oldali struktúrának bizonyul jobb pitvari transzducerpozíció esetén, az interatrialis septumon keresztül nem minden esetben vizualizálható megfelelő módon (9/A ábra). A jobb minőségű kép érdekében az ICE-nek a JP-ból a bal pulmonalis artériába történő át-helyezése válhat szükségessé (9/B ábra). Experimentális

vizsgálatok igazolták, hogy az ICE a 2DTEE-hez hasonló szenzitivitással és specifitással képes a BPF-thrombus azonosítására, melyre a legalkalmasabb a már említett, tüdőartériából történő képalkotás [46–48]. Azon PF-betegeknél, akiknél a véralvadásgátló kezelés alkalmazása kontraindikált, választható terápiás útvonal a BPF zárása. Néhány centrum eredményei alapján a beavatkozás monitorizálásához hasznos és biztonságos eszköz az ICE, melynek segítségével a BPF mérete, a fülcsezáráshoz alkalmas eszköz pozíciója és az esetleges szövődmények is nyomon követhetők, továbbá alkalmazásával a rutinszerűen elterjedt 2DTEE vizsgálathoz szükséges anesztézia is elkerülhető [49, 50].

Doppler-echokardiográfia. Az áramlássebesség-mérések a korábban leírtaknak megfelelően ICE során is elvégezhetők [42].

Szöveti Doppler-echokardiográfia. Jelenleg klinikai használatra alkalmas rendszer nem érhető el.

Kétdimenziós speckle-tracking echokardiográfia. Az elvi lehetőség fennáll 2D 'loop'-okon (sorozatképeken) STE-méréseket végezni, de az eljárás a klinikumban nem használatos.

Real-time háromdimenziós echokardiográfia. Az irodalomban leírásra került olyan metodika, mellyel – más képalkotó diagnosztikai módszer használatának segítségével – rekonstrukció során 3D-ben vizsgálható a BP (és teoretikusan a BPF) [51]. Jelenleg azonban klinikai használatra ICE során alkalmazható RT3DE-rendszer nem érhető el.

Háromdimenziós speckle-tracking echokardiográfia. Jelenleg klinikai használatra alkalmas rendszer nem érhető el.

Következtetés

A jelen összefoglaló célja a BPF vizsgálatára alkalmas echokardiográfiai eljárások bemutatása volt. Nem tekintettük azonban célunknak a BPF lezárásával kapcsolatos problémák részletes elemzését annak komplexitása miatt. Tekintettel a struktúra méretéből és elhelyezkedéséből adódó nehézkes ábrázolhatóságára, bemutattuk a rutinszerűen alkalmazott TEE mellett a TTE- és ICE-vizsgálati lehetőségeket is oly módon, hogy részleteiben ismertettük a különböző echokardiográfiai technikákban rejlő diagnosztikus lehetőségeket (MME, 2D, DE, TDI, 2DSTE, RT3DE, 3DSTE). A bemutatott eredményekből látható, hogy a már jelenleg is alkalmazott módszerek mellett jó diagnosztikus lehetőségek állnak rendelkezésre a BPF széles körű és összetett morfológiai és funkcionális vizsgálatára, bár a TEE-ICE (szemi)invazivitása limitálja azok alkalmazhatóságát. Az új echokardio-

gráfias fejlesztések (2DSTE, RT3DE, 3DSTE) lehetséges vizsgálóeljárásaként elérhető bizonyos készülékeken, de diagnosztikus erejük még nem kellően dokumentált.

Anyagi támogatás: A közlemény megírása anyagi támogatásban nem részesült.

Szerzői munkamegosztás: N. A., S. L., F. T.: A kézirat megszövegezése. H. K., A. N., K. M.: Demonstratív ábrák készítése. A szerzők a kézirat végleges változatát elolvasták és jóváhagyták.

Érdekltségek: A szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

Irodalom

- [1] Al-Saady NM, Obel OA, Camm, AJ. Left atrial appendage: structure, function, and role in thromboembolism. *Heart* 1999; 82: 547–554.
- [2] Beigel R, Wunderlich NC, Ho SY, et al. The left atrial appendage: anatomy, function, and non-invasive evaluation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2014; 7: 1251–1265.
- [3] Abdelmoneim SS, Mulvagh SL. Techniques to improve left atrial appendage imaging. *J At Fibrill.* 2014; 7: 1059.
- [4] Di Biase L, Santangeli P, Anselmino M, et al. Does the left atrial appendage morphology correlate with the risk of stroke in patients with atrial fibrillation? Results from a multicenter study. *J Am Coll Cardiol.* 2012; 60: 531–538.
- [5] Veinot JP, Harrity PJ, Gentil F, et al. Anatomy of the normal left atrial appendage: a quantitative study of age-related changes in 500 autopsy hearts: implications for echocardiographic examination. *Circulation* 1997; 96: 3112–3115.
- [6] Nemes A, Forster T. Recent echocardiographic examination of the left ventricle – from M-mode to 3D speckle-tracking imaging. [A bal kamra korszerű echokardiográfias vizsgálata – az M-módtól a 3D speckle-tracking képalkotásig.] *Orv Hetil.* 2015; 156: 1723–1740. [Hungarian]
- [7] Manning WJ, Weintraub RM, Waksmonski CA, et al. Accuracy of transesophageal echocardiography for identifying left atrial thrombi. A prospective, intraoperative study. *Ann Intern Med.* 1995; 123: 817–822.
- [8] Von der Recke G, Schmidt H, Illien S, et al. Use of transesophageal contrast echocardiography for excluding left atrial appendage thrombi in patients with atrial fibrillation before cardioversion. *J Am Soc Echocardiogr.* 2002; 15: 1256–1261.
- [9] Shah SJ, Bardo DM, Sugeng L, et al. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography of the left atrial appendage: initial experience in the clinical setting. *J Am Soc Echocardiogr.* 2008; 21: 1362–1368.
- [10] Nucifora G, Faletta FF, Regoli F, et al. Evaluation of the left atrial appendage with real-time 3-dimensional transesophageal echocardiography: implications for catheter-based left atrial appendage closure. *Circ Cardiovasc Imaging* 2011; 4: 514–523.
- [11] Pollick C, Taylor D. Assessment of left atrial appendage function by transesophageal echocardiography: Implications for the development of thrombus. *Circulation* 1991; 84: 223–231.
- [12] Burrell LD, Horne BD, Anderson JL, et al. Usefulness of left atrial appendage volume as a predictor of embolic stroke in patients with atrial fibrillation. *Am J Cardiol.* 2013; 112: 1148–1152.
- [13] Garcia-Fernández MA, Torrecilla EG, San Román D, et al. Left atrial appendage Doppler flow patterns: implications on thrombus formation. *Am Heart J.* 1992; 124: 955–961.
- [14] Noda T, Arakawa, M, Miwa H, et al. Effects of heart rate on flow velocity of the left atrial appendage in patients with nonvalvular atrial fibrillation. *Clin Cardiol.* 1996; 19: 295–300.
- [15] Santiago D, Warshofsky M, Li Mandri G, et al. Left atrial appendage function and thrombus formation in atrial fibrillation-flutter: a transesophageal echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol.* 1994; 24: 159–164.
- [16] Fatkin D, Kelly RP, Feneley MP. Relations between left atrial appendage blood flow velocity, spontaneous echocardiographic contrast and thromboembolic risk in vivo. *J Am Coll Cardiol.* 1994; 23: 961–969.
- [17] Sadanandan S, Sherrid MV. Clinical and echocardiographic characteristics of left atrial spontaneous echo contrast in sinus rhythm. *J Am Coll Cardiol.* 2000; 35: 1932–1938.
- [18] Pálincás A, Antonielli E, Picano E, et al. Clinical value of left atrial appendage flow velocity for predicting of cardioversion success in patients with non-valvular atrial fibrillation. *Eur Heart J.* 2001; 22: 2201–2208.
- [19] Antonielli E, Pizzuti A, Pálincás A, et al. Clinical value of left atrial appendage flow velocity for prediction of long-term sinus rhythm maintenance in patients with nonvalvular atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 2002; 39: 1443–1449.
- [20] Melduni RM, Malouf JF, Chandrasekaran K, et al. New insights into the predictors of left atrial stunning after successful direct-current cardioversion of atrial fibrillation and flutter. *J Am Soc Echocardiogr.* 2008; 21: 848–854.
- [21] Bernier M, Abdelmoneim SS, Stuart Moir W, et al. CUTE-CV: a prospective study of enhanced left atrial appendage visualization with microbubble contrast agent use during transesophageal echocardiography guided cardioversions. *Echocardiography* 2013; 30: 1091–1097.
- [22] Parvathaneni L, Mahenthiran J, Jacob S, et al. Comparison of tissue Doppler dynamics to Doppler flow in evaluating left atrial appendage function by transesophageal echocardiography. *Am J Cardiol.* 2005; 95: 1011–1014.
- [23] Doukky R, Garcia-Sayan E, Gage H, et al. The value of diastolic function parameters in the prediction of left atrial appendage thrombus in patients with nonvalvular atrial fibrillation. *Cardiovasc Ultrasound* 2014; 12: 10.
- [24] Arslan S, Simsek Z, Gundogdu F, et al. Can left atrial strain and strain rate imaging be used to assess left atrial appendage function? *Cardiology* 2012; 122: 255–260.
- [25] Sevimli S, Gundoglu F, Arslan S, et al. Strain and strain rate imaging in evaluating left atrial appendage function by transesophageal echocardiography. *Echocardiography* 2007; 24: 823–829.
- [26] Ono K, Iwama M, Kawasaki M, et al. Motion of left atrial appendage is a determinant of thrombus formation in patients with a low CHADS2 score receiving warfarin for persistent nonvalvular atrial fibrillation. *Cardiovasc Ultrasound* 2012; 10: 50.
- [27] Nemes A, Geleijnse ML, Soliman OI, et al. Real-time 3-dimensional echocardiography – can there be one more dimension? [Real-time 3 dimenziós echokardiográfia – lehet egy dimenzióval több?] *Orv Hetil.* 2007; 148: 2451–2460. [Hungarian]
- [28] Ahmed S, Nanda NC, Miller AP, et al. Volume quantification of intracardiac mass lesions by transesophageal three-dimensional echocardiography. *Ultrasound Med Biol.* 2002; 28: 1389–1393.
- [29] Bai W, Chen Z, Tang H, et al. Assessment of the left atrial appendage structure and morphology: comparison of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography and computed tomography. *Int J Cardiovasc Imaging* 2017; 33: 623–633.
- [30] Perk G, Biner S, Kronzon I, et al. Catheter-based left atrial appendage occlusion procedure: role of echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2012; 125: 132–138.
- [31] Chen OD, Wu WC, Jiang Y, et al. Assessment of the morphology and mechanical function of the left atrial appendage by real-time

- three-dimensional transesophageal echocardiography. *Chin Med J (Engl)*. 2012; 125: 3416–3420.
- [32] Nemes A, Kalapos A, Domsik P, et al. Three-dimensional speckle-tracking echocardiography – a further step in the noninvasive three-dimensional cardiac imaging. [Háromdimenziós speckle-tracking echokardiográfia – egy újabb lépés a noninvazív háromdimenziós kardiális képalkotásban.] *Orv Hetil*. 2012; 153: 1570–1577. [Hungarian]
- [33] Sallach JA, Puwanant S, Drinko JK, et al. Comprehensive left atrial appendage optimization of thrombus using surface echocardiography: the CLOTS multicenter pilot trial. *J Am Soc Echocardiogr*. 2009; 22: 1165–1172.
- [34] Shrestha NK, Moreno FL, Narciso FV, et al. Two-dimensional echocardiographic diagnosis of left-atrial thrombus in rheumatic heart disease. A clinicopathologic study. *Circulation* 1983; 67: 341–347.
- [35] Karakus G, Kodali V, Inamdar V, et al. Comparative assessment of left atrial appendage by transesophageal and combined two- and three-dimensional transthoracic echocardiography. *Echocardiography* 2008; 25: 918–924.
- [36] Carranza C, Abufhele A, Cartes F, et al. Transthoracic versus transesophageal two-dimensional echo Doppler determination of flow velocity in the left atrial appendage. *Echocardiography* 1997; 14: 357–362.
- [37] Wai SH, Kyu K, Galupo MJ, et al. Assessment of left atrial appendage function by transthoracic pulsed Doppler echocardiography: Comparing against transesophageal interrogation and predicting echocardiographic risk factors for stroke. *Echocardiography* 2017; 34: 1478–1485.
- [38] Hori Y, Nakahara S, Anjo N, et al. Investigation of the atrial conduction time measured by tissue Doppler imaging at the left atrial appendage and the actual electrical conduction time: consideration of left atrial remodeling in atrial fibrillation patients. *J Interv Card Electrophysiol*. 2017; 48: 89–97.
- [39] Anwar AM, Nosir YF, Ajam A, et al. Central role of real-time three-dimensional echocardiography in the assessment of intracardiac thrombi. *Int J Cardiovasc Imaging* 2010; 26: 519–526.
- [40] Nemes A, Domsik P, Kalapos A, et al. Visualization of left atrial appendage by three-dimensional speckle-tracking echocardiography. A case from the MAGYAR-Path Study. *Herz* 2014; 39: 832–833.
- [41] Anter E, Silverstein J, Tschabrunn CM, et al. Comparison of intracardiac echocardiography and transesophageal echocardiography for imaging of the right and left atrial appendages. *Heart Rhythm* 2014; 11: 1890–1897.
- [42] Blendea D, Heist EK, Danik SB, et al. Analysis of the atrial appendage morphology by intracardiac echocardiography in patients with atrial fibrillation. *J Interv Card Electrophysiol*. 2011; 31: 191–196.
- [43] George JC, Varghese V, Mogtader A. Intracardiac echocardiography: evolving use in interventional cardiology. *J Ultrasound Med*. 2014; 33: 387–395.
- [44] Ren JF, Marchlinski FE, Callans DJ, et al. Practical intracardiac echocardiography in electrophysiology. Blackwell Publishing, Oxford, 2006.
- [45] Manning WJ, Silverman DI, Gordon SP, et al. Cardioversion from atrial fibrillation without prolonged anticoagulation with use of transesophageal echocardiography to exclude the presence of atrial thrombi. *N Engl J Med*. 1993; 328: 750–755.
- [46] Hutchinson MD, Jacobson JT, Michele JJ, et al. A comparison of intracardiac and transesophageal echocardiography to detect left atrial appendage thrombus in a swine model. *J Interv Card Electrophysiol*. 2010; 27: 3–7.
- [47] Ren JF, Marchlinski FE, Supple GE, et al. Intracardiac echocardiographic diagnosis of thrombus formation in the left atrial appendage: a complementary role to transesophageal echocardiography. *Echocardiography* 2013; 30: 72–80.
- [48] Anter E, Silverstein J, Tschabrunn CM, et al. Comparison of intracardiac echocardiography and transesophageal echocardiography for imaging of the right and left atrial appendages. *Heart Rhythm* 2014; 11: 1890–1897.
- [49] Berti S, Paradossi U, Meucci F, et al. Periprocedural intracardiac echocardiography for left atrial appendage closure: a dual-center experience. *JACC Cardiovasc Interv*. 2014; 7: 1036–1044.
- [50] Matsuo Y, Neuzil P, Petru J, et al. Left atrial appendage closure under intracardiac echocardiographic guidance: feasibility and comparison with transesophageal echocardiography. *J Am Heart Assoc*. 2016; 5: e003695.
- [51] Wildes D, Lee W, Haider B, et al. 4D ICE: A 2D array transducer with integrated ASIC in a 10-Fr catheter for real-time 3D intracardiac echocardiography. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control* 2016; 63: 2159–2173.

(Nemes Attila dr.,
Szeged, Semmelweis u. 8., 6725
e-mail: nemes.attila@med.u-szeged.hu)

„*Et mihi res, non me rebus subiungere conor.*” (Horatius)
(Céлом, hogy a dolgokon én legyen úrrá, s nem rajtam a dolgok.)