

# Echokardiografie

**Echokardiografie** je ultrazvukové vyšetření srdce.

**Princip:** detekce odrazu UZ vznikajícího na rozhraní srdečních struktur o různé denzity. UZ signál vzniká v piezoelektrickém krystalu změnou elektrických impulsů na mechanické vlnění 2–10 MHz. Měníč v sondě, slouží jako vysílač i přijímač UZ signálů.

## Jednorozměrná echokardiografie (M-mode)

Zobrazuje časový průběh pohybu srdečních struktur protínaných UZ paprskem. Její význam v současnosti klesá.

Využití:

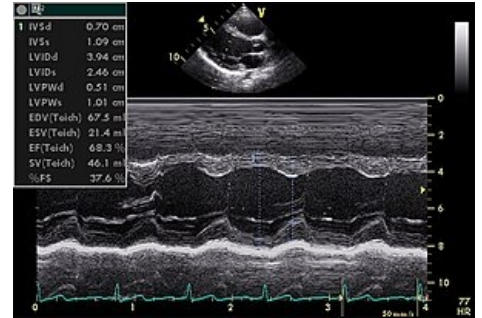
1. měření velikosti srdečních oddílů + tloušťky stěn srdečních komor,
2. posouzení kontraktility zobrazených částí myokardu,
3. hodnocení pohybu + struktury chlopní.<sup>[1]</sup>

## Dvourozměrná echokardiografie (2D)

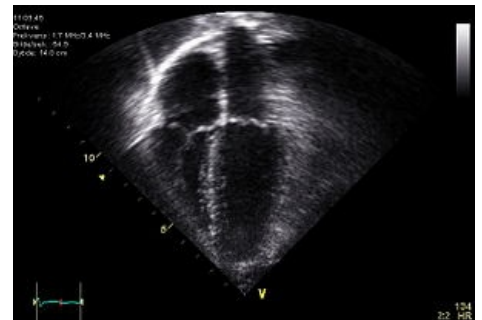
Ukazuje plošné „řezy“ srdcem se zachováním skutečného pohybu jednotlivých struktur.

Indikace:

- **Průkaz patologických srdečních struktur** – tromby, myxom, tumory;
- **posouzení struktury a pohybu chlopní** – postrevmatické a vrozené chlopní vady, prolaps mitrální chlopně, dopředný pohyb předního cípu mitralis u hypertrofické obstrukční kardiomyopatie, infekční endokarditida;
- **hodnocení systolické funkce komor posouzením systolického ztlušťování myokardu** – ICHS, kardiomyopatie, srdeční vady, myokarditidy;
- **komplikace infarktu myokardu** – ruptura šlašinek / stěny levé komory, aneuryzma;
- **morfologické + strukturální abnormality** – vrozené srdeční vady;
- **perikardiální výpotek a tamponáda;**
- **nemoci perikardu** – konstriktivní perikarditida;
- **tloušťka srdečních stěn** – hypertenze.<sup>[2]</sup>



Zobrazení levé komory v M-modu, podélné parasternální zobrazení.



2D echokardiogram.

## Dopplerovská echokardiografie

Podstatou dopplerovské echokardiografie (DE) je Dopplerův jev popsáný Christianem Dopplerem, v té době profesorem pražské techniky, v r. 1842.

V medicíně používáme dva způsoby transmise Dopplerova signálu. Buď je ultrazvuk kontinuálně vyslán i přijímán – **kontinuální DE**, nebo se tak děje v krátkých časových intervalech – **pulzní DE**.

## Kontinuální dopplerovská echokardiografie

Možnost přesně zachytit vyšší rychlosti krevního proudu v srdci.

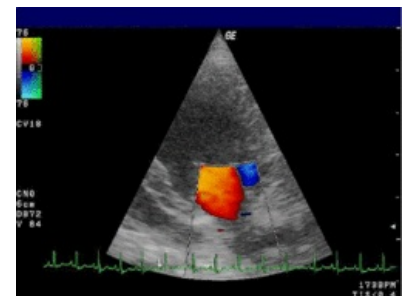
Indikace: hodnocení tlakových gradientů v místech zúžení (mitrální / aortální stenóza, obstrukční kardiomyopatie aj.) či zkratů (VSV).

U **kontinuální DE** je signál neustále jedním piezoelektrickým krystalem uloženým v sondě vyslán a druhým přijímán, zatímco u **pulzní DE** se vysílání i příjem dějí jedním krystalem, ale v časových intervalech daných vzdáleností oblasti nastavitelného přijímání od povrchu měniče.

## Pulzní dopplerovská echokardiografie

Ke snímání charakteru + směru krevního toku v libovolně zvoleném místě v srdci.

Indikace: posouzení charakteru diastolického plnění komor (nepřímé hodnocení diastolické funkce komor), průkaz regurgitace chlopní, patologických zkratů u vrozených srdečních vad (VSV).



Dopplerovské vyšetření mitrální chlopně

**Pulzní DE** využívá periodického vysílání krátkých salv (1–2 mikrosekundy) ultrazvukových kmitů o frekvenci 1–10 MHz. Rytmus vysílání, nazývaný **opakovací frekvencí**, je shora omezen dobou potřebnou k tomu, aby vlnění dosáhlo odražečů a stačilo se vrátit zpět k měniči. Oblast, v níž se vlastní měření odehrává, označujeme jako **vzorkovací objem**. Ten mívá obvykle tvar kapky, jejíž délka je měnitelná a zároveň jím můžeme pohybovat v ose ultrazvukového paprsku do potřebné hloubky. Rozmezí vzorkovacího objemu a jeho šířka se mohou mírně odlišovat v různých typech ultrazvukových přístrojů.

## Barevná dopplerovská echokardiografie

Přiřazuje určitou barvu určitému směru a rychlosti krevního toku (červená – krev směrem k měniči, modrá – od něj). Relativní rychlost proudění vyjadřují odstíny příslušné barvy. Změna laminárního proudění v turbulentní (stenózy, regurgitace) vede ke vzniku barevné mozaiky s možností kvantifikace regurgitací.

Indikace: kvantifikace regurgitací (chlopenní vady), průkaz + kvantifikace patologických zkratů (defekt septa síní či komor, ruptura myokardu, píštěle).

Zhruba od poloviny 80. let došlo k vývoji a rozvoji kvalitativně nové dopplerovské metody – **barevně kódovaného mapování** v reálném čase běžně označovaného termínem **barevný Doppler**. Metoda využívá známého principu indikátoru pohybujících se cílů a autokorelace fáze vyslaného a přijatého ultrazvukového vlnění. Za těchto okolností nejde o úplnou spektrální analýzu, nýbrž se zaznamenává střední rychlost odražečů, především erytrocytů. Vysílání ultrazvukového vlnění probíhá v **pulzním režimu**, v němž vzorkování rychlosti probíhá ve více oblastech paprsku, jenž je zároveň rychle elektronicky vychylován ve zvolené úhlové výseči. Získaná informace je zpracována počítačem a po převedení do barevného kódu superponována do dvourozměrného echokardiogramu amplitud odražených ech. Obraz vzniká v reálném čase a zaznamenává časový průběh proudění a jeho změn v dané úhlové výseči. Počet vzorkovacích objemů i linií je měnitelný podle potřeby a charakteru vyšetření. Také zobrazovací frekvence (počet obrázků za sekundu) je různá v závislosti na počtu linií v sektoru.

Hlavní předností barevného mapování proudění je oproti konvenční DE prostorová orientace rychlostí i směru převažujícího proudění. Zároveň lépe vyniká vztah anatomických struktur a směru proudění; obě informace se vzájemně prolínají a doplňují v současném dvourozměrném echokardiografickém a dopplerovském obraze.

Barevné zobrazení může být také superponováno do jednorozměrného zobrazení způsobem M. Větší počet impulzů v jedné linii ultrazvukového paprsku zvýší citlivost rychlostního záznamu zvýšením poměru signál / šum a tím i přesnost odhadu absolutní rychlosti a variance (výraz turbulence).

Zásadním omezením metody je nejednoznačnost, která při překročení Nyquistova limitu (jenž je nižší než při kontinuální DE) vede ke změně v červenou nebo naopak. Proto při vyšetření barevným Dopplerem hraje zkušenost vyšetřujícího velmi významnou roli. Je samozřejmé, že podobně jako u konvenčních dopplerovských systémů záleží i u barevného mapování na správném nastavení ovládacích prvků přístroje. Také citlivost jednotlivých dosud používaných systémů je do jisté míry rozdílná.

Po dosažení mezinárodní jednotné dohody vyjadřuje červená barva pohyb krve směrem k měniči a barva modrá pohyb od něj. Relativní rychlost proudění (jde o „střední“ rychlost) je kódována v odstínech příslušné barvy (od tmavé do nejsvětlejší) a variance rychlosti, tedy výraz turbulentního proudění, vzniká příměsí zelené a žluté barvy k základním (červená a modrá). Výsledkem je mozaika všech uvedených barev.

### Pro vyšetřování barevného mapování krevního proudění platí určitá obecná pravidla

- Čím užší je barevný sektor a menší hloubka měření, tím přesnější a reálnější je vlastní barevné zobrazení.
- Červená barva indikuje vždy proudění směrem k měniči, modrá od něj.
- Čím světlejší je barevný odstín, tím vyšší je rychlost proudění odražečů.
- Mozaika barev s příměsí zelené a žluté indikuje větší varianci rychlostí, tedy turbulenci.

### Za hlavní přínos barevného mapování proudění považujeme informace o

- směru a relativní rychlosti proudění;
- uniformitě nebo narušenosti proudění;
- počtu a směru proudivých trysek;
- časování krevních proudů (spolu se zobrazením způsobem M).

## Metodika dopplerovské echokardiografie

Technika vyšetření: na rozdíl od konvenční echokardiografie se při dopplerovském vyšetření používá poněkud odlišná technika snímání.

Hlavní roli hrají následující faktory:

- tangenciální zaměření krevního proudění s co nejmenším incidenčním úhlem;
- správná velikost i umístění vzorkovacího objemu ve směru krevního proudu, jež chceme hodnotit;
- optimální nastavení zisku signálu, aby nedošlo k jeho nadměrnému zesílení a tím i ke zhoršení poměru signál / šum;
- výběr dopplerovského měniče s nevhodnější vysílací frekvencí; zhruba lze říci, že pro vyšetření dětí a novorozenců jsou vhodné vyšší frekvence (5–7 MHz), pro dospělé pak frekvence nižší (1–3 MHz). Čím je frekvence vyšší, tím k většímu oslabení ultrazvukové energie dochází při průchodu tkáněmi;
- výběr vhodného vyšetřovacího okénka.

# Perspektivy dopplerovské echokardiografie

## Barevná dopplerovská echokardiografie

Metoda má v současném provedení ještě technické nedostatky. Za jeden z nejzávažnějších je všeobecně považována nejednoznačnost v zobrazení. Perspektivně se očekává odbourání tohoto rušivého, byť zkušeností překonatelného nedostatku.

## Zátěžová dopplerovská echokardiografie

Technika vychází z principu měření změn rychlosti i kvality proudění během izotonické nebo izometrické zátěže, případně i v průběhu intervenčních medikamentózních testů (dipyridamol). Při ní je možné jak hodnocení systolických, tak i diastolických ukazatelů funkce levé i pravé komory.

## Peroperační dopplerovská echokardiografie

Má praktické uplatnění. Během kardiochirurgického výkonu je možné peroperační stanovení transprotetických tlakových gradientů, odhalení nedokonale odstraněných, nebo i nově vzniklých regurgitací a posouzení funkce komor před odpojením od mimotělního oběhu. Technicky nejnějším se ukazuje vyšetření na obnaženém srdci, neboť při transezofageálním přístupu není často možné dosáhnout optimálního incidenčního úhlu během Dopplerova měření.<sup>[3]</sup>

## Kontrastní echokardiografie

Využívá echogenity mikrobublin vzduchu v látkách, které jsou aplikovány do krve. Po jejich i.v. aplikaci možno znázornit jejich průtok pravým i levým srdcem.

Indikace: patologické komunikace (defekt septa síní), zvýraznění dopplerovských signálů u hůře vyšetřitelných, zvýraznění siluety endokardu (posouzení poruch kontraktility, určení objemů srdečních oddílů).

## Transezofageální echokardiografie

**Transezofageální echokardiografie** je ultrazvukové vyšetření srdce, při kterém je **ultrazvuková sonda zaváděna do jícnu a žaludku**. Ultrazvuková sonda se tak dostává do těsné blízkosti srdce, čímž lze přesněji vizualizovat některé struktury srdce (v porovnání s klasickou transtorakální echokardiografií).

Mezi hlavní **indikace** transezofageální echokardiografie řadíme:

- podezření na přítomnost disekujícího aneuryzmatu aorty, vegetací při infekční endokarditidě či trombu v srdečních síních;
- hodnocení chlopněných protéz;
- peroperační sledování funkce levé komory<sup>[4]</sup>.



Sonda pro transezofageální echokardiografii

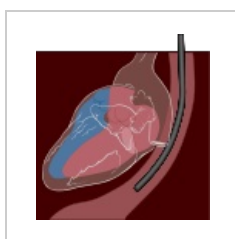
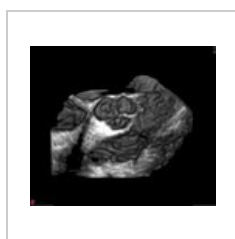
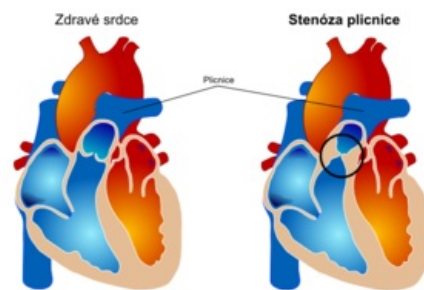


Schéma sondy zavedené do jícnu



Zobrazení trikuspidální chlopně při transezofageální 3D echokardiografii



Stenóza plicnice (vlevo: zdravé srdce; vpravo: stenóza plicnice)

## Odkazy

### Související články

- Dopplerovská echokardiografie
- Zátěžové vyšetření kardiovaskulárního systému

### Externí odkazy

- Echokardiografie - online free edukační platforma (TECHMED) (<https://www.techmed.sk/echo/projekcie/>)

## Reference

1. DÍTĚ, P., et al. *Vnitřní lékařství*. 2. vydání. Praha : Galén, 2007. ISBN 978-80-7262-496-6.
2. DÍTĚ, P., et al. *Vnitřní lékařství*. 2. vydání. Praha : Galén, 2007. ISBN 978-80-7262-496-6.
3. DOC. MUDR. NIEDERLE, P.. *Dopplerovská echokardiografie*. 1. vydání. Praha : MAXDORF s.r.o., 1996. ISBN 80-85800-41-1.
4. DÍTĚ, P., et al. *Vnitřní lékařství*. 2. vydání. Praha : Galén, 2007. ISBN 978-80-7262-496-6.

## Použitá literatura

- DÍTĚ, P., et al. *Vnitřní lékařství*. 2. vydání. Praha : Galén, 2007. ISBN 978-80-7262-496-6.