

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 vysílán 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 vysílán 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).

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 odrazečů a stačilo se vrátit zpět k měniči. Oblast, v níž se vlastní měření odehrává, označujeme jako **vzorkovací objem**. Ten má 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.

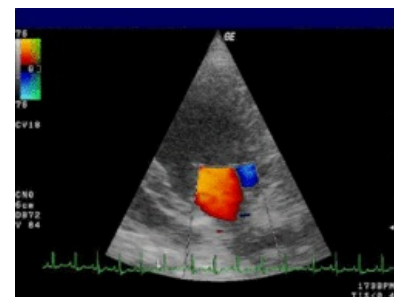
Indikace: kvantifikace regurgitací (chlopní vady), průkaz + kvantifikace patologických zkratů (defekt septa síní či komor, ruptura myokardu, píštěle).

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 odrazečů, 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.



Dopplerovské vyšetření mitrální chlopně

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 nejsvětější) 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 odrazečů.
- 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 nejvhodnější 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

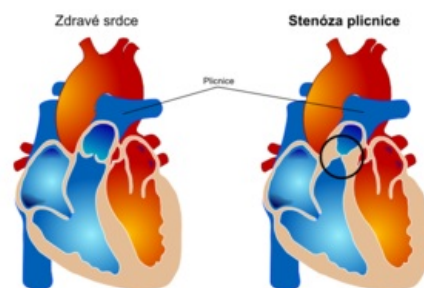
Metoda má v současném provedení ještě technické nedostatky. Za jeden z nejzávažnějších je všeobecně považována nejednoznačnost v zobrazení. Perspektivně se očekává odbourání tohoto rušivého, byť zkušeností překonatelného nedostatku.

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 nejnadanější se ukazuje vyšetření na obnaženém srdci, neboť při transezofageálním přístupu není často možné dosáhnout optimálního incidenčního úhlu během Dopplerova měření.^[1]



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

Odkazy

Související články

- Echokardiografie • Zátěžové vyšetření kardiovaskulárního systému • Stanovení srdečního výdeje
- Dopplerovská ultrasonografie • Dopplerovská zobrazení • Dopplerův jev

Reference

1. DOC. MUDR. NIEDERLE, P.. *Dopplerovská echokardiografie*. 1. vydání. Praha : MAXDORF s.r.o., 1996. ISBN 80-85800-41-1.

Použitá literatura

- DOC. MUDR. NIEDERLE, P.. *Dopplerovská echokardiografie*. 1. vydání. Praha : MAXDORF s.r.o., 1996. ISBN 80-85800-41-1.