

ECHOKARDIOGRAFIE U NEMOCNÝCH S PLICNÍ HYPERTENZÍ

Kniha byla vydána za laskavé podpory společností:



GENERÁLNÍ SPONZOR



Authorized Distributor
GE Healthcare

**Prof. MUDr. Aleš Linhart, DrSc.
Prof. MUDr. Tomáš Paleček, Ph.D.**

ECHOKARDIOGRAFIE U NEMOCNÝCH S PLICNÍ HYPERTENZÍ

AUTOŘI

- Prof. MUDr. Aleš Linhart, DrSc., II. interní klinika – klinika kardiologie a angiologie 1. LF UK a VFN v Praze
- Prof. MUDr. Tomáš Paleček, Ph.D., II. interní klinika – klinika kardiologie a angiologie 1. LF UK a VFN v Praze

DŮLEŽITÉ UPOZORNĚNÍ

Autoři i nakladatel vynaložili velkou péči a úsilí, aby všechny informace v knize obsažené týkající se dávkování léků a forem jejich aplikace odpovídaly stavu vědy v okamžiku vydání. Nakladatel však za údaje o použití léků, zejména o jejich indikacích, kontraindikacích, dávkování a aplikačních formách, nenese žádnou odpovědnost, a vylučuje proto jakékoli přímé či nepřímé nároky na úhradu eventuálních škod, které by v souvislosti s aplikací uvedených léků vznikly. Každý uživatel je povinen důsledně se řídit informacemi výrobců léčiv, zejména informací přiloženou ke každému balení léku, který chce aplikovat.

Ochranné obchodní známky (chráněné názvy) léků ani dalších výrobků nejsou v knize zvlášť zdůrazňovány. Z absence označení ochranné známky proto nelze vyvozovat, že v konkrétním případě jde o název nechráněný.

Toto dílo, včetně všech svých částí, je zákonem chráněno. Každé jeho užití mimo úzké hranice zákona je nepřípustné a je trestné. To se týká zejména reprodukování či rozšiřování jakýmkoli způsobem (včetně mechanického, fotografického či elektronického), ale také ukládání v elektronické formě pro účely rešeršní i jiné. K jakémukoli využití díla je proto nutný písemný souhlas nakladatele, který také stanoví přesné podmínky využití díla. Písemný souhlas je nutný i pro případy, ve kterých může být udělen bezplatně.

Aleš Linhart, Tomáš Paleček: Echokardiografie u nemocných s plicní hypertenzí

© Aleš Linhart, 2016

© Maxdorf, 2016

Cover layout © Maxdorf, 2016

Vydal Maxdorf s. r. o., nakladatelství odborné literatury, Na Šejdru 247/6a, 142 00 Praha 4
e-mail: info@maxdorf.cz, internet: www.maxdorf.cz

Jessenius® je chráněná značka [No. 267113] označující publikace určené odborné zdravotnické veřejnosti

Odpovědný redaktor: **Ing. Veronika Pátková**

Redakce: **Martina Špičková**

Sazba: **Jan Hugo, Denisa Honzalová**

Ilustrace: **DESIGN STUDIO MAXDORF**

Tisk: Books Print s.r.o.

Printed in the Czech Republic

ISBN 978-80-7345-509-5

Všem našim pacientům za jejich trpělivost a statečnost v boji s nemocí.

Naším blízkým za podporu a porozumění.

OBSAH

| | |
|--|----|
| Poděkování | 6 |
| Předmluva | 7 |
| 1 Úvod | 13 |
| 1.1 Incidence plicní hypertenze | 16 |
| 1.2 Význam echokardiografie u nemocných s plicní hypertenzí | 18 |
| 2 Echokardiografický odhad tlaků v malém oběhu | 20 |
| 2.1 Využití trikuspidálního regurgitačního gradientu | 20 |
| 2.2 Využití gradientů pulmonálního regurgitačního proudění | 29 |
| 2.3 Využití hodnocení průtokové křivky ve výtokovém traktu pravé komory | 31 |
| 2.4 Využití trysky defektu septa komor nebo Botalloy dučeje | 33 |
| 2.5 Odhad tlaku v pravé síni | 35 |
| 2.5.1 Rozměry a respirační variace dolní duté žíly | 35 |
| 2.5.2 Záznam toku v jaterních žilách | 39 |
| 2.5.3 Hodnocení toku na trikuspidálním ústí a rychlosti pohybu trikuspidálního anulu | 44 |
| 2.6 Stanovení srdečního výdeje | 45 |
| 2.7 Odhad plicní cévní rezistence | 47 |
| 3 Remodelace pravostranných srdečních oddílů | 49 |
| 3.1 Dilatace pravé komory | 49 |
| 3.2 Hypertrofie pravé komory | 56 |
| 3.3 Dilatace pravé síně | 58 |
| 4 Hodnocení systolické funkce pravé komory | 61 |
| 4.1 Hodnocení longitudinální funkce pravé komory | 63 |
| 4.1.1 Amplituda pohybu trikuspidálního anulu | 63 |
| 4.1.2 Rychlost pohybu trikuspidálního anulu | 64 |
| 4.1.3 Izovolumická akcelerace pohybu trikuspidálního anulu | 66 |
| 4.1.4 Deformační analýza pravé komory | 68 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4.2 | Hodnocení globální systolické funkce pravé komory | 71 |
| 4.2.1 | Frakční změna plochy pravé komory | 71 |
| 4.2.2 | Hodnocení objemů a ejekční frakce pravé komory pomocí 3D echokardiografie | 73 |
| 4.2.3 | Neobjemové ukazatele globální funkce pravé komory | 74 |
| 5 | Sekundární změny geometrie a funkce levé komory | 76 |
| 6 | Sekundární změny na pravostranných chlopenních ústích | 78 |
| 6.1 | Trikuspidální regurgitace | 78 |
| 6.2 | Dilatace kmene plicnice a pulmonální regurgitace. | 89 |
| 7 | Rozvoj perikardiálního výpotku a ascitu | 90 |
| 7.1 | Diagnostika perikardiálního výpotku | 90 |
| 7.2 | Diagnostika ascitu a pleurálního výpotku. | 90 |
| 8 | Průkaz plicní hypertenze během zátěžové echokardiografie | 93 |
| 8.1 | Fyziologický vzestup tlaku v plicnici. | 93 |
| 8.2 | Zátěžová plicní hypertenze | 93 |
| 9 | Obecná doporučení | 95 |
| 10 | Diferenciální diagnostika příčin plicní hypertenze | 99 |
| 10.1 | Akutní plicní embolie | 99 |
| 10.2 | Vrozené srdeční vady spojené s plicní hypertenzí | 101 |
| 10.2.1 | Obecné principy hodnocení zkratových vad | 114 |
| 10.3 | Zvýšení plicních tlaků levé komory v důsledku diastolické dysfunkce | 115 |
| 10.3.1 | Ukazatele používané pro hodnocení diastolické funkce | 118 |
| 10.3.2 | Ukazatele systolické funkce levé komory | 137 |
| 10.3.3 | Tradiční klasifikace typů plnění a diastolické dysfunkce levé komory | 139 |
| 10.3.4 | Hodnocení diastolické funkce levé komory u nemocných s normální EF | 153 |
| 10.3.5 | Hodnocení diastolické funkce levé komory u nemocných se sníženou EF | 153 |
| 10.3.6 | Specifické situace komplikující hodnocení diastolické funkce. | 155 |
| 10.4 | Chlopenní vady | 162 |
| 10.4.1 | Mitrální stenóza | 162 |
| 10.4.2 | Mitrální anulární kalcifikace | 163 |
| 10.4.3 | Stavy po výkonech na mitrální chlopni | 167 |
| 10.4.4 | Mitrální regurgitace | 169 |
| 10.4.5 | Aortální stenóza a regurgitace | 175 |
| 10.5 | Konstriktivní perikarditida | 175 |

OBSAH

| | | |
|-----------|---|-----|
| 11 | Závěr | 185 |
| 12 | Doporučená literatura | 186 |
| | Přehled použitých zkratk | 188 |
| | Seznam ilustrací | 191 |
| | Medailonky autorů | 197 |
| | Rejstřík | 201 |

1 ÚVOD

Plicní hypertenze se rozvíjí u mnoha různých onemocnění srdce, plic a plicní cirkulace. Současná klasifikace plicní hypertenze rozlišuje čtyři velké etiologické skupiny, které se dále dělí podle známých nebo možných příčin (**tabulka 1.1**).

V posledních desetiletích došlo k významnému pokroku zejména v léčbě plicní arteriální hypertenze (PAH, dříve označované jako primární plicní hypertenze). U nemocných s PAH je dnes možno použít řadu specifických léků (inhibitory 5-fosfodiesterázy, antagonisty endotelinových receptorů, prostanoidy, stimulatory solubilní guanylátcyklázy), které mohou významně zlepšit kvalitu života nemocných a oddálit nutnost plicní transplantace, která je pro většinu nemocných z důvodu nedostatku vhodných dárců nedostupná. Podobně významný pokrok nastal i v léčbě chronické tromboembolické plicní hypertenze (CTEPH), kde se i v České republice stala dostupnou plicní endarterektomie a díky výsledkům studií s riociguátem se objevila i první ověřená farmakoterapie pro inoperabilní nemocné. Obě tyto skupiny nemocných mají společnou nutnost centralizované péče, neboť kromě farmakoterapie zahrnuje péče o nemocné s plicní hypertenzí poměrně komplexní soubor režimových a podpůrných terapeutických opatření.

Podávání specifické farmakoterapie je v České republice limitováno na specializovaná centra (Všeobecná fakultní nemocnice v Praze, Fakultní nemocnice Olomouc, Institut klinické a experimentální medicíny), a to jak z administrativních důvodů, tak zejména proto, že vyžaduje značnou zkušenost a zázemí, které by při rozšířeném přístupu k péči o tyto nemocné nebylo dosažitelné. Ještě více vystupuje nutnost centralizace u chirurgické léčby CTEPH, kde počty nemocných za celou Českou republiku umožňují udržet dostatečné zkušenosti pouze jednoho pracoviště (Všeobecná fakultní nemocnice v Praze).

- ☑ **Předpokladem úspěšné léčby plicní hypertenze je její časná diagnostika. Ta bohužel naráží na problém relativně málo specifických symptomů, které PAH vyvolává. Významnou roli v záchytu a u některých skupin nemocných i ve screeningu plicní hypertenze (například u nemocných se sklerodermií) hraje právě echokardiografie, která představuje vyšetření první linie.**

Kromě samotného technického provedení vyšetření, které se v některých aspektech může lišit od běžné echokardiografické „rutiny“, je echokardiografie i důležitým nástrojem diferenciatní diagnostiky příčin plicní hypertenze. V dospělosti je plicní hypertenze relativně častým nálezem u pacientů

■ **Tabulka 1.1** Zjednodušená klasifikace plicní hypertenze a role echokardiografie (volně podle Doporučení pro diagnostiku a léčbu plicní hypertenze Evropské kardiologické společnosti 2015)

| SKUPINA | MOŽNÉ ECHOKARDIOGRAFICKÉ NÁLEZY |
|---|--|
| 1. PLICNÍ ARTERIÁLNÍ HYPERTENZE | |
| 1.1 Idiopatická 1.2 Heritabilní 1.3 Indukovaná léky a toxiny 1.4 Asociovaná s(e) 1.4.1 zánětlivými onemocněními pojiva 1.4.2 HIV 1.4.3 portální hypertenzí 1.4.4 vrozenými srdečními vadami 1.4.5 schistosomiázou | <ul style="list-style-type: none"> • Často těžká PH u idiopatických, heritabilních a toxiny indukovaných forem bez dalších patologických nálezů • U nemocných se sklerodermií je možné primární postižení levé komory s podílem postkapilární složky na celkové výši plicní hypertenze • U nemocných se zánětlivými chorobami pojiva, např. se systémovým lupusem, může být přítomno primární chlopenní postižení • Echokardiografická diagnostika některého z typů postižení – Eisenmengerův syndrom, nekorigované levopravé zkraty, perzistující PH po korekci defektu, PH s malými koincidujícími defekty • U schistosomiázy je v akutní i chronické fázi vzácné možné postižení perikardu |
| 2. PLICNÍ HYPERTENZE V DŮSLEDKU ONEMOCNĚNÍ LEVÉHO SRDCE | |
| 2.1 Systolická dysfunkce LK 2.2 Diastolická dysfunkce LK 2.3 Chlopenní vady 2.4 Obstrukce výtokového traktu a kardiomyopatie 2.5 Stenóza plicní žíly (vrozená, získaná) | <ul style="list-style-type: none"> • Diagnostika jednotlivých typů postižení je dominantou echokardiografie • V obtížné echokardiografické diagnostice stenózy plicních žil je nutné využít TEE |
| 3. PLICNÍ HYPERTENZE U NEMOCNÝCH S PLICNÍMI ONEMOCNĚNÍMI A/NEBO HYPOXIÍ | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Zpravidla mírnější stupeň PH • Zvýšená interventrikulární dependance u nemocných s CHOPN |
| 4. CHRONICKÁ TROMBOEMBOLICKÁ PLICNÍ HYPERTENZE A DALŠÍ TYPY OBSTRUKCE PLICNICE | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • U většiny nemocných není specifický echokardiografický obraz • Vzácně je možné identifikovat patologické hmoty v plicnici; nástěnné tromby ale nevylučují formaci trombů <i>in situ</i> u PAH |
| 5. PLICNÍ HYPERTENZE NEJASNÉHO NEBO MULTIFAKTORIÁLNÍHO MECHANISMU VZNIKU | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • U hemolytických anemií může být obraz hyperkinetické cirkulace, při transfuzní léčbě může docházet v důsledku hemochromatózy k postižení funkce LK a rozvoji postkapilární plicní hypertenze • U sarkoidózy je možné postižení myokardu LK s rozvojem regionální a globální systolické dysfunkce |

CHOPN = chronická obstrukční plicní nemoc, LK = levá komora, PH = plicní hypertenze, PAH = plicní arteriální hypertenze, CTEPH = chronická tromboembolická plicní hypertenze, TEE = jícnová echokardiografie

■ **Tabulka 1.2** Hemodynamické definice a klasifikace plicní hypertenze na podkladě pravostranné srdeční katetrizace dle Doporučení pro diagnostiku a léčbu plicní hypertenze Evropské kardiologické společnosti 2015

| Definice | Charakteristika | Klinická kategorie (viz tabulku 1.1) |
|-------------------------------------|--|--|
| PH | $PAPM \geq 25 \text{ mmHg}$ | Všechny typy |
| Prekapilární PH | $PAPM \geq 25 \text{ mmHg}$ $PCWP \leq 15 \text{ mmHg}$ | 1. Plicní arteriální hypertenze 3. Plicní hypertenze u nemocných s plicními onemocněními a/nebo hypoxií 4. Chronická tromboembolická plicní hypertenze a další typy obstrukce plicnice 5. Plicní hypertenze nejasného nebo multifaktoriálního mechanismu vzniku |
| Postkapilární PH | $PAPM \geq 25 \text{ mmHg}$ $PCWP \leq 15 \text{ mmHg}$ | 2. Plicní hypertenze v důsledku onemocnění levého srdce 5. Plicní hypertenze nejasného nebo multifaktoriálního mechanismu vzniku |
| Izolovaná postkapilární PH | $DPG < 7 \text{ mmHg}$ a/nebo $PVR \leq 3 \text{ WU}$ | |
| Kombinovaná pre- a postkapilární PH | $DPG \geq 7 \text{ mmHg}$ a/nebo $PVR > 3 \text{ WU}$ | |

CO = srdeční výdej, DPG = diastolický tlakový gradient [$DPG = (PAPD - PCWP)$], PH = plicní hypertenze, PAPM = střední tlak v plicnici, PCWP = střední tlak v zaklínění, PVR = plicní vaskulární rezistence [$PVR = (PAPM - PCWP) / CO$], WU = Woodovy jednotky

s levostranným srdečním selháním a chlopenními vadami aortálního a mitrálního ústí. U dospělých i u dětí se můžeme setkat s nerozpoznanými vrozenými zkratovými vadami. Je však nutné zdůraznit, že echokardiografie sama je vždy jen jednou ze součástí celého diagnostického procesu. U nemocných s podezřením na PAH nebo CTEPH je vždy nutné vyšetření ve specializovaném centru a provedení pravostranné katetrizace, která zůstává zlatým diagnostickým standardem pro hemodynamickou klasifikaci (**tabulka 1.2**), a doplnění dalších vyšetření (plicní scintigrafie atd.).

Cílem této publikace je přinést praktický přehled o echokardiografické diagnostice plicní hypertenze. Kvalitní echokardiografické vyšetření, jehož výsledek připouští diagnózu PAH nebo CTEPH, by mělo být důvodem k provedení dalších diagnostických kroků.

1.1 INCIDENCE PLICNÍ HYPERTENZE

PLICNÍ ARTERIÁLNÍ HYPERTENZE

Plicní arteriální hypertenze je vzácné onemocnění s incidencí odhadovanou na 15–60 nemocných na milion obyvatel za rok, avšak s velmi vážnou prognózou a vysokými náklady na léčbu, zejména pokud je onemocnění diagnostikováno pozdě.

CHRONICKÁ TROMBOEMBOLICKÁ PLICNÍ HYPERTENZE

Méně je zmapována incidence CTEPH. Odhaduje se, že CTEPH se vyvíjí asi u 0,5–2 % nemocných po prodělané akutní plicní embolii (PE), avšak anamnéza PE je zjišťována jen asi u tří čtvrtin nemocných s prokázanou CTEPH, u ostatních je v tomto směru němá.

LEVOSTRANNÉ SRDEČNÍ SELHÁNÍ

U nemocných s levostranným srdečním selháním se významná plicní hypertenze rozvíjí často a její tíže koreluje s funkční třídou NYHA. Celkově nacházíme elevaci tlaků v plicnici asi u 60 % nemocných se srdečním selháním se sníženou ejekční frakcí (HF-rEF – Heart Failure with Reduced Ejection Fraction) a až u 70 % nemocných se selháním se zachovanou ejekční frakcí (HF-pEF – Heart Failure with Preserved Ejection Fraction).

CHLOPENNÍ VADY

U nemocných s chlopenními vadami je plicní hypertenze častou komplikací u chorob mitrální chlopně, kde významné vady (stenózu i regurgitaci) doprovází téměř vždy. Avšak plicní hypertenzi nacházíme často i u nemocných s hemodynamicky významnými vadami aortální chlopně, dle literatury je vyjádřena až u 65 % pacientů s těsnou aortální stenózou.

ONEMOCNĚNÍ PLIC

U pacientů s onemocněními plic je mírná plicní hypertenze častá, a to jak u chronické obstrukční plicní choroby (CHOPN), tak u intersticiálních plicních procesů. U malé části nemocných se můžeme setkat i s disproporčně těžkou plicní hypertenzí, která bývá častá u nemocných s kombinací těžkého emfyzému a fibrózy, avšak u některých nemocných se vyvíjí patologický proces spíše podobný PAH.

1.2 VÝZNAM ECHOKARDIOGRAFIE U NEMOCNÝCH S PLICNÍ HYPERTENZÍ

Echokardiografie je vyšetřovací metodou první linie u všech nemocných s jakýmkoli podezřením na plicní hypertenzi. Nemocní však bývají k vyšetření směřováni zpravidla bez takto konkrétního podezření, neboť většina symptomů plicní hypertenze (dušnost, únavnost, ztráta fyzické výkonnosti, ev. synkopy) je nespecifická. Na možnou existenci plicní hypertenze může sice upozornit například typická konfigurace srdečního stínu na skiagramu hrudníku (obraz dilatace pravé komory, rozšíření centrálních kmenů plicnice), případně nález hypertrofie pravé komory na EKG, většinou je však právě echokardiografie klíčovým krokem v diferenciatně diagnostickém procesu, který na plicní hypertenzi vysloví podezření.

- Cílem echokardiografického vyšetření obecně je posouzení velikosti a funkce srdečních oddílů, morfologie a funkčního stavu chlopní, vyloučení vrozených vývojových vad, posouzení tlakových poměrů v malém oběhu, zhodnocení perikardu a aorty.

Echokardiografické vyšetření by mělo být vždy systematické a zahrnovat následující kroky:

- Zhodnocení velikosti, morfologie, systolické a diastolické funkce levé komory (LK). Posouzení velikosti levé síně (LS)
- Zhodnocení velikosti, morfologie a systolické funkce pravé komory (PK). Posouzení velikosti pravé síně (PS). Alespoň přibližný odhad plnicích tlaků pravé komory
- Posouzení přítomnosti chlopněných regurgitačních i stenotických vad, a to na všech ústích, včetně někdy opomíjené chlopně plicnice
- Vyloučení přítomnosti vrozených vývojových vad (v dospělosti nejčastěji defektu septa síní)
- Odhad tlaku v plicnici
- Zhodnocení perikardu včetně vyloučení ev. přítomnosti perikardiální konstriktce
- Posouzení aorty (rozměrů, vyloučení disekce, koarktace apod.)

V případě nálezu, který svědčí pro přítomnost plicní hypertenze, jsou tyto úkoly modifikovány hned v několika ohledech. Vyšetření musí být doplněno o odpověď na následující otázky:

- Vyloučení/vyslovení podezření na specifickou etiologii, tj. cílem je diferenciatní diagnostika příčin plicní hypertenze:
 - ~ přítomnost plicní hypertenze při onemocnění levého srdce, jež zahrnuje především detailní posouzení plnění levé komory, zejména zjištění zvýšení jejích plnicích tlaků, zhodnocení významnosti případné chlopně vady levého srdce

~ přítomnost dosud nepoznané vrozené srdeční vady – ve vztahu k plicní hypertenzi v dospělosti nejčastěji významného levopravého zkratu na podkladě defektu septa síní jeho přímou vizualizací a zhodnocením poměru plicního a systémového výdeje (možné jsou ale i ostatní vrozené vady srdce jako např. defekt septa komor, Botallova dučej)

- Vyloučení přítomnosti dosud nepoznané stenózy plicnice
- Detailní kvantifikace tlaku v plicnici všemi dostupnými metodami, případně vyjádření se k přítomnosti plicní hypertenze na základě nepřímých ukazatelů
- Odhad výše tlaku v pravé síni
- Posouzení dilatace, hypertrofie, systolické funkce pravé komory
- Stanovení srdečního výdeje
- Vyloučení konstriktivní perikarditidy

Z uvedeného je zřejmé, že vyšetření u plicní hypertenze zahrnuje prakticky veškeré oblasti echokardiografie.

Tato kniha se v první části soustředí na metody stanovení tlakových poměrů v malém oběhu, posouzení remodelace a funkce pravé komory, sekundární změny levé komory a na kvantifikaci srdečního výdeje. Ve druhé části se věnujeme základní diferenciální diagnostice příčin plicní hypertenze z pohledu echokardiografie.

2 ECHOKARDIOGRAFICKÝ ODHAD TLAKŮ V MALÉM OBĚHU

K odhadu tlaku v plicnici používáme dopplerovských hodnot získaných především z gradientů trysek trikuspidální, případně pulmonální regurgitace, u jedinců s defektem septa komor lze ke kvantifikaci tlaku v plicnici využít i dopplerovské měření rychlosti trysky jeho proudění. Nepřímé ukazatele zahrnují posouzení toku ve výtokovém traktu pravé komory.

Definice plicní hypertenze je postavena na výsledku pravostranné katetrizace (⇒ **tabulka 1.2**), zejména na stanovení středního tlaku v plicnici (PAPM), případně plicní vaskulární rezistence a tlaku v zaklínění u nemocného v klidu.

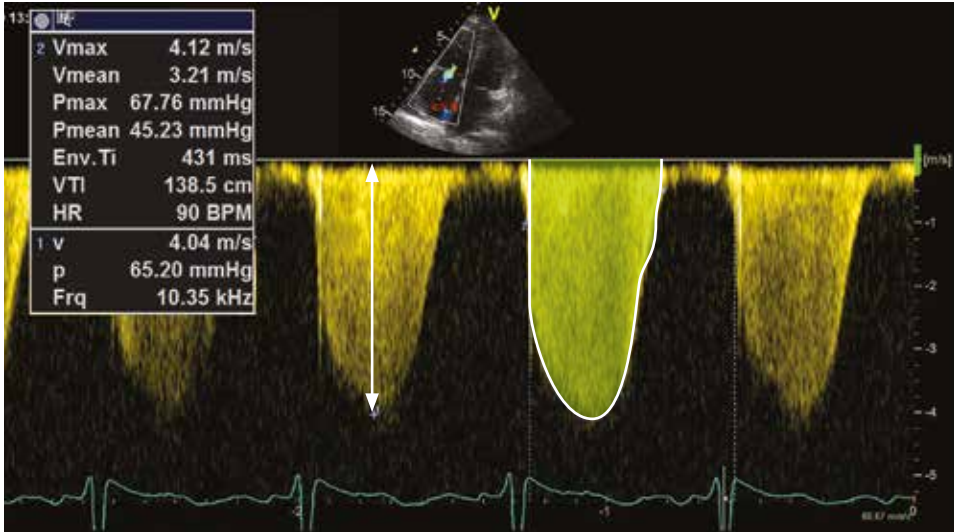
- ☑ Horní hranice normálních hodnot PAPM se pohybuje kolem 20 mmHg, avšak hranice pro diagnózu plicní hypertenze je stanovena až na 25 mmHg, neboť prognostický význam mírné elevace tlaku v plicnici (21–24 mmHg) není jasný.

Echokardiografický odhad tlaku v plicnici se často opírá jen o stanovení systolického tlaku z vrcholového gradientu trikuspidální regurgitační trysky. Odtud může pramenit řada neshod s výsledky katetrizace a problematické určení tíže PH pomocí echokardiografie.

Definice PH se opírá o měření hemodynamických hodnot v klidu. Bylo prokázáno, že u některých nemocných dochází ještě před rozvojem manifestní klidové PH k rozvoji plicní hypertenze zátěžové. S ohledem na nedostatek dat zatím tuto jednotku nebylo možno přesněji definovat a současná doporučení její zavedení do klinické praxe nepodporují. Testování zátěží indukovaného zvýšení PH umožňuje i echokardiografie. S ohledem na náročnost testování zátěžovou echokardiografií a omezený dopad do praxe se této jednotce věnujeme jen krátce (viz kap. 8).

2.1 VYUŽITÍ TRIKUSPIDÁLNÍHO REGURGITAČNÍHO GRADIENTU

Během systoly se tlaky v pravé komoře a v plicnici prakticky vyrovnávají (s výjimkou nemocných, u nichž je přítomno zúžení v oblasti výtoku PK, tj. typicky některá z forem stenózy plicnice). V případě přítomnosti trikuspidální regurgitace je rychlost jejího toku převážně určována tlakovým gradientem „PG“ (z angl. Pressure Gradient) mezi pravou komorou a pravou síní. Tuto rychlost (v) jsme



Obr. 2.1 Příklad měření maximálního a středního regurgitačního gradientu trysky trikuspidální nedomykavosti

schopni měřit pomocí kontinuálního dopplerovského záznamu. Podle zjednodušené Bernoulliho rovnice jsme tento tlakový gradient „PG“ (v mmHg) schopni z rychlosti „v“ (v m/s) vypočítat jako:

$$PG = 4 \cdot v^2 \text{ (mmHg)}$$

Ze záznamu trysky trikuspidální regurgitace je možné stanovit jak gradient maximální (PGmaxTR), tak střední (PGmeanTR) (**obr. 2.1**). Maximální gradient trikuspidální regurgitace (PGmaxTR) koreluje velmi dobře s hodnotami systolického tlaku v PK a při absenci obstrukce výtoku PK i s hodnotami systolického tlaku v plicnici (PAPS). Při odhadu PAPS musíme ovšem k transtrikuspidálnímu gradientu připočítat hodnotu tlaku v pravé síni (RAP).

$$PAPS = PG_{\max TR} + RAP \text{ (mmHg)}$$

Kromě maximálního gradientu lze stanovit i gradient střední (PGmeanTR), který po přičtení odhadnutého RAP dobře koreluje se středním tlakem v plicnici (PAPM), i když evidence pro tento postup je daleko menší než pro odhad PAPS.

$$PAPM = PG_{\text{meanTR}} + RAP \text{ (mmHg)}$$

Za horní hranici normální systolické tenze v plicnici jsou při jejím echokardiografickém stanovení považovány hodnoty 35–36 mmHg (až 40 mmHg u starších nemocných), pro hraniční hodnoty středního tlaku v plicnici pak užíváme stejné hodnoty jako při katetrizačním vyšetření, tj. 25 mmHg.

■ **Tabulka 2.1** Pravděpodobnost přítomnosti plicní hypertenze na podkladě echokardiografického vyšetření dle Doporučení pro diagnostiku a léčbu plicní hypertenze Evropské kardiologické společnosti 2015

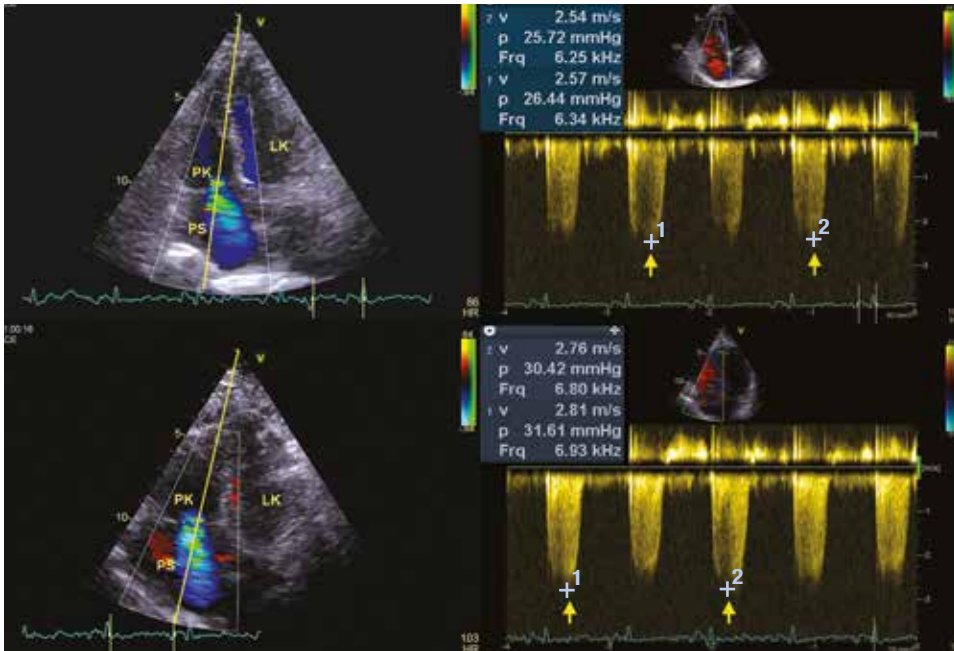
| Vrcholová rychlost trikuspidální regurgitace (m/s) | Přítomnost jiných echokardiografických známek plicní hypertenze | Pravděpodobnost přítomnosti plicní hypertenze na podkladě echokardiografického vyšetření |
|--|---|--|
| ≤ 2,8 nebo neměřitelná | Ne | Nízká |
| ≤ 2,8 nebo neměřitelná | Ano | Střední |
| 2,9–3,4 | Ne | |
| 2,9–3,4 | Ano | Vysoká |
| > 3,4 | Není vyžadována | |

Současná evropská doporučení pro diagnostiku plicní hypertenze se ve své poslední verzi opírají pouze o stanovení rychlosti trikuspidální regurgitační trysky a nepřímých známek plicní hypertenze. Na základě nich se vyjadřují k pravděpodobnosti přítomnosti plicní hypertenze (**tabulka 2.1**) v termínech „málo pravděpodobná“, „středně pravděpodobná“ a „vysoce pravděpodobná“. Tento přístup vyplývá ze skepse založené na nepříliš dobrých výsledcích recentních studií, které se snažily nalézt korelaci mezi tlaky v plicnici měřenými katetrizačně a echokardiografickými odhady. To je také příčinou, proč je i nadále pravostranná katetrizace považována za referenční metodu. Příčin diskrepancí mezi echokardiografickým stanovením tlaku v plicnici a nálezy z katetrizačního vyšetření je celá řada. Pomineme-li variabilitu tlaku v plicnici, je hlavním úskalím technické provedení echokardiografického měření.

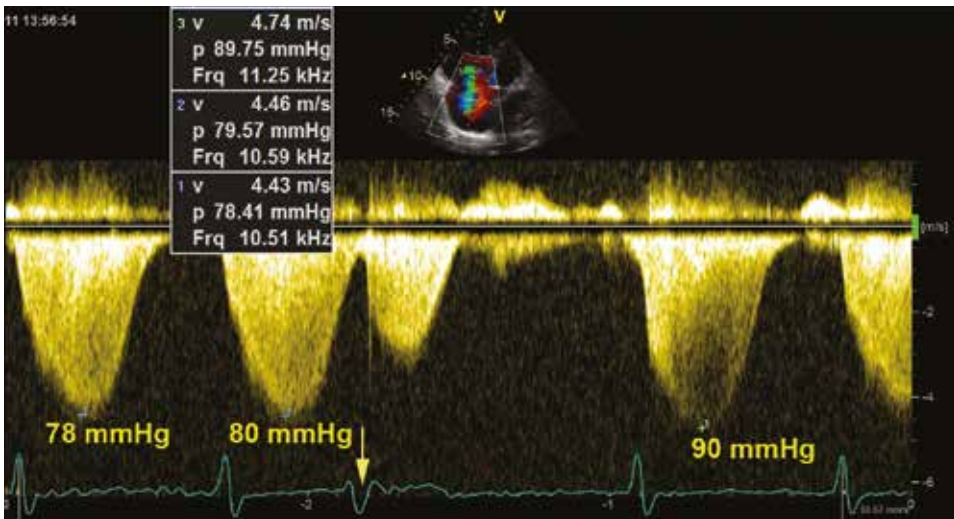
Významnou roli hraje nutnost započtení plnicích tlaků PK, které dokážeme odhadnout poměrně velmi nepřesně.

Všechny dopplerovské techniky jsou závislé na úhlu, který svírá linie ultrazvukového dopplerovského svazku s měřeným tokem. Tento tzv. incidenční úhel vstupuje do rovnice pro stanovení rychlosti proudění jako $\cos\theta^{-1}$. Důležité je dosažení optimálního incidenčního úhlu mezi linií CW a směrem regurgitačního proudu ($< 20^\circ$). K tomu je naprosto nezbytné kombinovat měření z různých projekcí, a to i zcela netypických, s cílem dosažení maximální denzity signálu a maximální rychlosti dopplerovského záznamu (**obr. 2.2**).

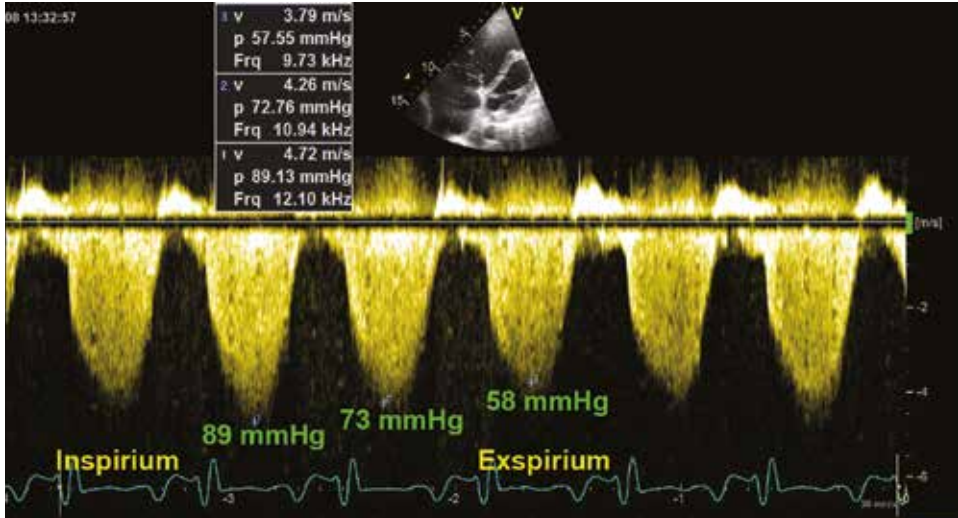
Další možnou chybou je snaha o zachycení maximální hodnoty rychlosti, resp. gradientů regurgitační trysky, za každou cenu. To někdy vede například k měření gradientů postextrasystolických stahů, které jsou vyšší než průměrné hodnoty stanovené katetrizačně (**obr. 2.3**).



Obr. 2.2 Příklad vlivu incidenčního úhlu na výsledek měření maximálního gradientu na trysce trikuspidální regurgitace pomocí CW dopplerovského způsobu. Dosažení lepšího incidenčního úhlu významně navýší výsledek měření

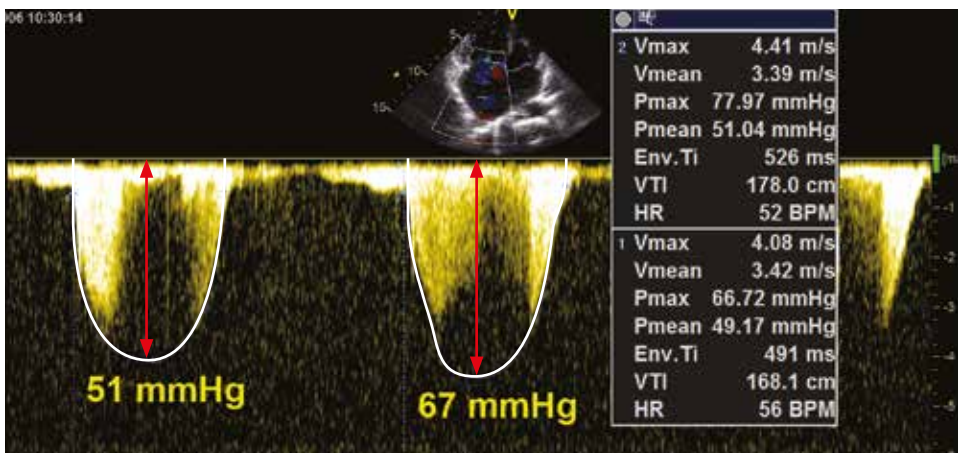


Obr. 2.3 Příklad potenciace regurgitačního gradientu u postextrasystolické kontrakce

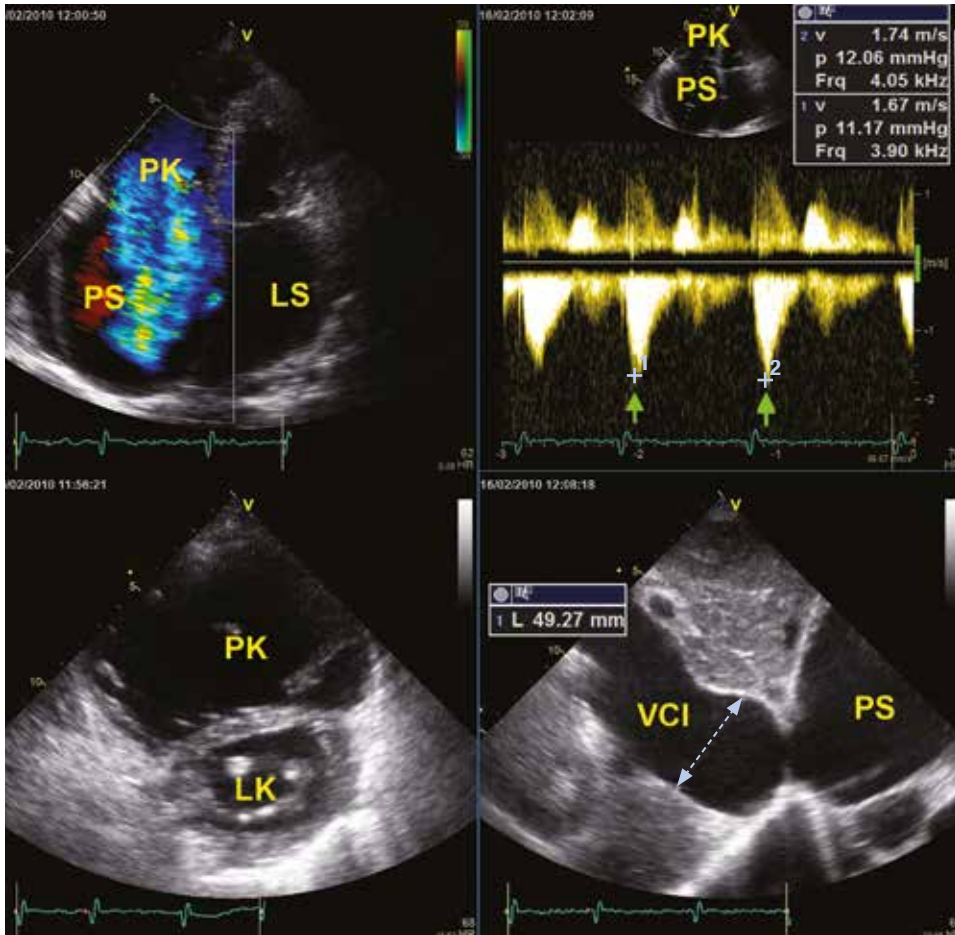


Obr. 2.4 Ukázka kolísání maximálního gradientu trikuspidální regurgitace s respirací

Podobně u nemocných s fibrilací síní mohou být takto vyšší gradienty stahů s dlouhým RR intervalem, a tedy větším preloadem pravé komory. V této situaci bychom měli vycházet z hodnoty získané zprůměrováním měření v průběhu aspoň 6 srdečních cyklů. Plnění PK je významně závislé na respiraci. V inspiriu se náplň PK zvyšuje a díky Frankovu-Starlingovu principu se zvyšuje její kontrakce, a tím i generované tlaky (**obr. 2.4**). I zde se jako optimální jeví stanovení pokud možno průměrné hodnoty z několika měření z projekce, v níž bylo dosaženo maximál-



Obr. 2.5 Nedostatečně definovaná obalová křivka trikuspidální regurgitace: vrchol proudění není jasně viditelný – měření umožňuje více interpretací dle „představitivosti“ vyšetřujícího



Obr. 2.6 Příklad nemocné s masivní trikuspidální regurgitací s nízkým gradientem, který je dán rychlým vyrovnáním tlaků mezi PK a PS. Jak ukazuje extrémní dilatace VCI, jsou tlaky v PS velmi vysoké, jejich přesný odhad však není možný

ních naměřených hodnot. Je totiž nutno si uvědomit, že invazivní tlaky jsou zpravidla průměrem řady srdečních stahů měřených během celého respiračního cyklu.

Zdrojem chyb je velmi často měření nedostatečně definované obalové křivky trikuspidální regurgitace (**obr. 2.5**). Pokud není kontura dopplerovské křivky dobře viditelná, nebo se nám nedaří zachytit více stahů, je lepší od pokusu o přesnou kvantifikaci tlaku v plicnici upustit a omezit se na vyjádření stupně pravděpodobnosti plicní hypertenze.

K podhodnocení odhadu tlaků v plicnici dochází u nemocných s masivní trikuspidální regurgitací, která velmi výrazně zvyšuje tlaky v pravé síni. Veškeré ukazatele pro posuzování plicního tlaku PK zde selhávají (**obr. 2.6**).