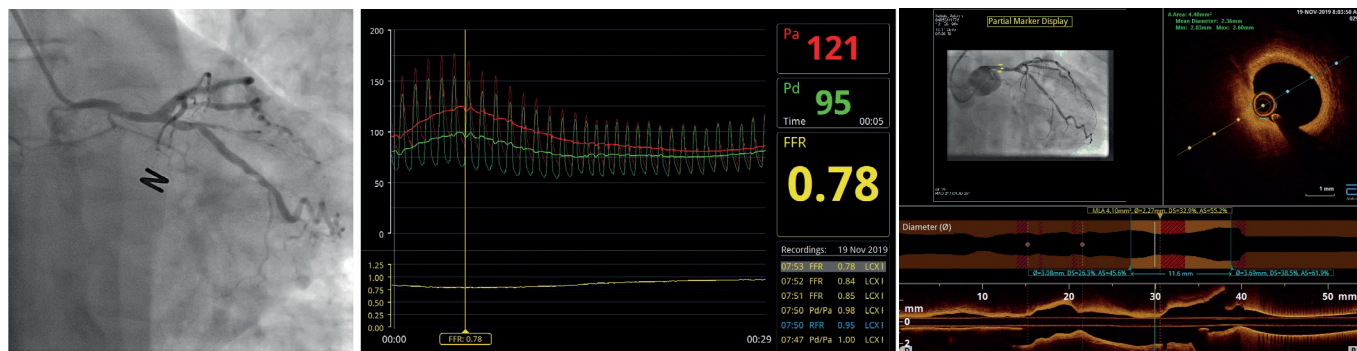


Obr. 9. Měření koronární průtokové rezervy myokardu dopplerovskou metodou

Invazivní měření tlakového gradientu na stenóze – FFR a iFR

Přesná technika měření tlaků v aortě a za stenózou je základní podmínkou správného posouzení funkční významnosti koronárního postižení. Fyziologicky je tlak v aortě a v koronární tepně stejný a k jeho poklesu dochází až v arteriolách. Každá tlaková změna v epikardiální části tepen tedy vypovídá o jejich postižení. K výpočtu tlakového gradientu se v koronárních tepnách používá poměr mezi distálním tlakem – Pd (distal pressure, tj. tlak za stenózou) měřeným mikrosenzorem umístěným na intrakoronárním vodiči a aortální tlakem – Pa (aortic pressure) měřeným standardně tlakovým převodníkem využívajícím změnu tlaku vodního sloupce. Index FFR značí poměr Pd/Pa středních tlaků za hyperemie (16) (Obr. 1, 2). V případě klidových indexů, jejichž hlavním reprezentantem je iFR, se využívá fyziologicky nízké a stabilní hodnoty mikrovaskulární rezistence v průběhu střední části diastoly, ve které je provedeno měření Pd/Pa (17) (FFR) (Obr. 3).

Hodnoty tlakového gradientu, až na výjimky, odpovídají průtoku. Výjimkou tvoří stavy s vysokou mikrovaskulární rezistencí a vysokým tlakem v pravé síni, se kterými se běžně setkáváme u pacientů s akutním infarktem myokardu, resp. rozvinutým srdečním selháním. Obecně se na funkční významnosti podílejí tři faktory: 1) procentuální zúžení lumen, 2) délka stenotického úseku a 3) množství (masa) zásobovaného viabilního myokardu, kdy se se zvyšujícími hodnotami zvyšuje pravděpodobnost funkčně významného postižení. Cíleně je v bodě 3 zdůrazněno množství viabilního myokardu, neboť zcela odlišné nároky na průtok a krevní zásobení vykazuje oblast plně viabilní oproti oblasti s rozsáhlejší jizvou po IM (Obr. 4, 5).

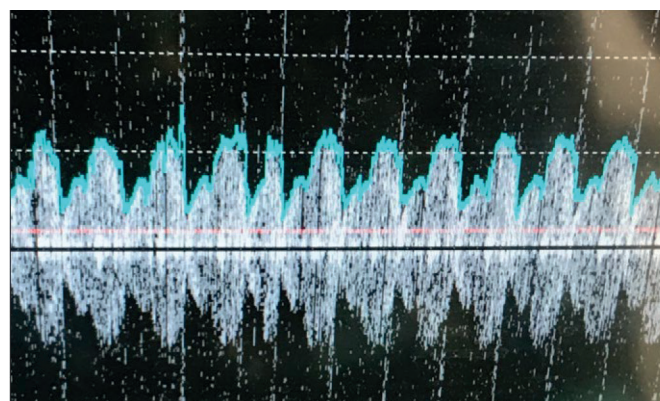
Hodnota $FFR \leq 0,8$, nebo $iFR \leq 0,89$ značí funkčně významnou stenózu, kde revaskularizace vede k významnému odstranění ischemického myokardu. Při jasně stanovené cut-off hodnotě je zřejmé, že vyšetření musí být provedeno velmi pečlivě a technicky správně. Ačkoliv by se mohlo zdát, že se jedná o jednoduché principy a postupy, koronární cirkulace a koronární fyziologie jsou velmi komplexní problematikou vyžadující nejen správnou indikaci a techniku měření, ale i zkušenost při interpretování výsledků a tvoření závěrů. Příklady složitějších angiografických nálezů a interpretací je mnoho, pro představu např. tandemové či vícečetné stenózy, přítomnost kolaterál nebo „iatrogenních kolaterál“ (bypassů).

Přibližně ve 20 % měření je také možné se setkat s diskrepancí mezi měřeními FFR a iFR (18, 19). Tyto rozdíly nemají jednoduché vysvětlení a vyžadují od katetrizujících lékařů obezřetnost.

V praxi se ve většině případů posuzují angiograficky hraniční stenózy 40–70 % a záměrně je zde uveden interval s hodnotou od 40 %, neboť v praxi nejsou výjimkou překvapivé situace, kdy již 40% postižení může být funkčně významné (Obr. 6), ale naopak funkčně nevýznamnou může být 70% nebo dokonce i významnější stenóza (Obr. 7). Významnou roli v těchto případech hraje jedna z limitací koronární angiografie, kterou je potřeba zdravého referenčního úseku ke stanovení správné angiografické významnosti vyjádřené v procentech. Tato limitace je poměrně často nalézána u pacientů s déle trvajícím diabetem mellitem, kde koronární ateroskleróza bývá nezřídka difúzní (Obr. 8). Především u tepen zásobujících velkou oblast myokardu, většinou kmene levé věnčité tepny a RIA, není funkční podhodnocení výjimkou a naopak se jedná o oblasti, které jsou pro pacienty vitálně důležité (Obr. 9).

V případě hyperemických indexů se k minimalizaci intramyokardiální rezistence intrakoronárně či intravenózně aplikují silná vazodilatancia (adenozin, papaverin, regadenoson). V kombinaci s intrakoronárním podáním nitrátu působícím na epikardiální části tepen je možné dosáhnout maximální hyperemie, která je při intrakoronárním podání krátkodobá a v případě intravenózní aplikace trvá po dobu infuze a umožňuje provedení vyšetření delšího úseku tepny pomocí vytahování (tzv. pullback) vodiče směrem od periferie tepny k ostii s kontinuálním záznamem tlaků.

Na základě provedených studií, které prokázaly stejné dlouhodobé výsledky při indikaci ke koronární revaskularizaci, mají nyní jak FFR tak iFR stejné doporučení pro indikaci provedení PCI, a to nejvyšší, tedy IA (1).

Obr. 10. Měření patologické koronární průtokové rezervy myokardu (cut-off ≤ 2) termodiluční technikou

Pozn. Pa – střední aortální tlak; Pd – střední tlak za stenózou, CFR – koronární průtoková rezerva; FFR – frakční průtoková rezerva