



# Měření koronárního průtoku metodou kontinuální termodiluce

Hájek P., Adlová R., Gašpárková V., Hansvenclová E., Ošřádal P., Kala P.

Kardiologická klinika 2. LF UK a FN Motol | Praha

17 | 4 | 2026

Potřebujeme měřit koronární průtok?  
Pokud ano, jak?

# Potřebujeme měřit koronární průtok? Pokud ano, jak?

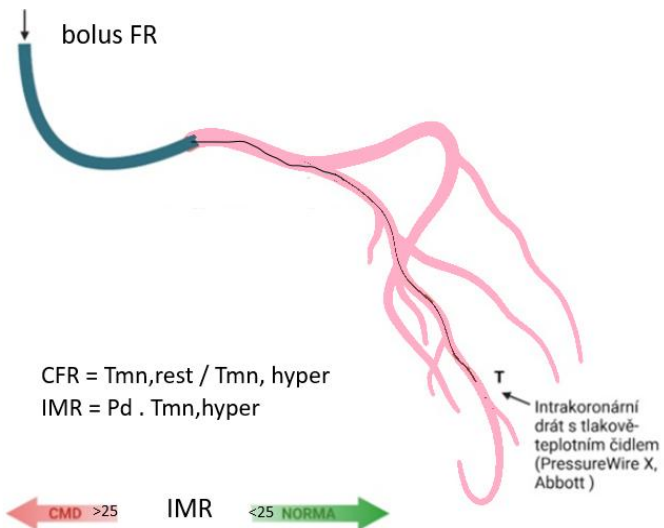
- Ano!
- Stanovení koronárního průtoku je nezbytné pro diagnostiku ANOCA resp. koronární mikrovaskulární dysfunkce.

# Koronární mikrovaskulární dysfunkce

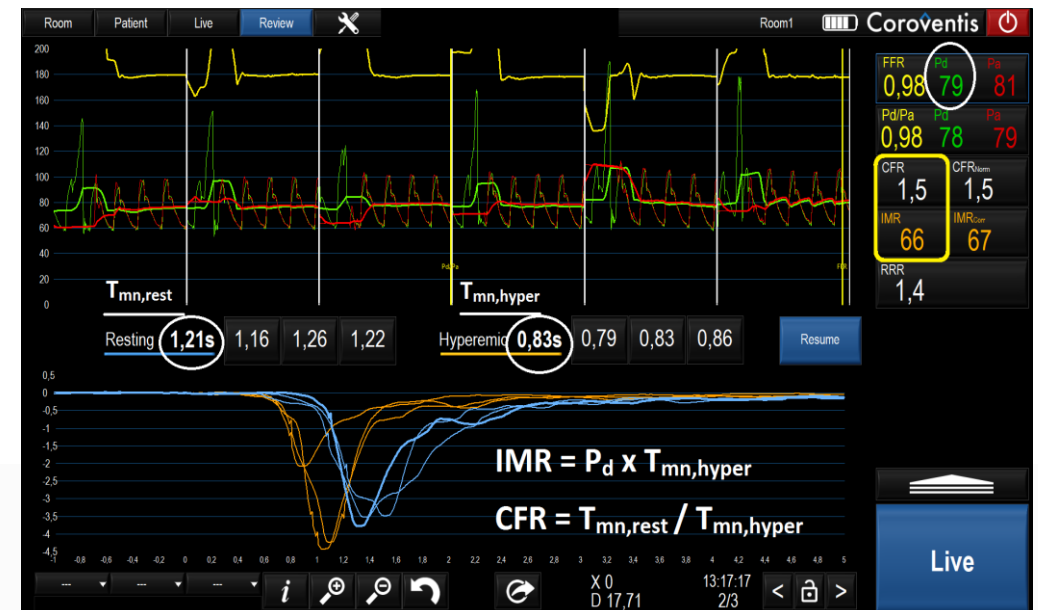
- Strukturální podklad mikrovaskulární anginy (endotyp ANOCA).
- Je definována:
  - ↓ koronární průtokové rezervy (CFR;  $n > 2,5$ )
  - ↑ mikrovaskulární rezistence (IMR; MRR)
- Invazivní určení koronárního průtoku:
  - intrakoronární dopplerovská sonografie (↓stabilita a kvalita signálu)
  - **termodiluce bolusová/kontinuální**

# Bolusová termodiluce - nevýhody

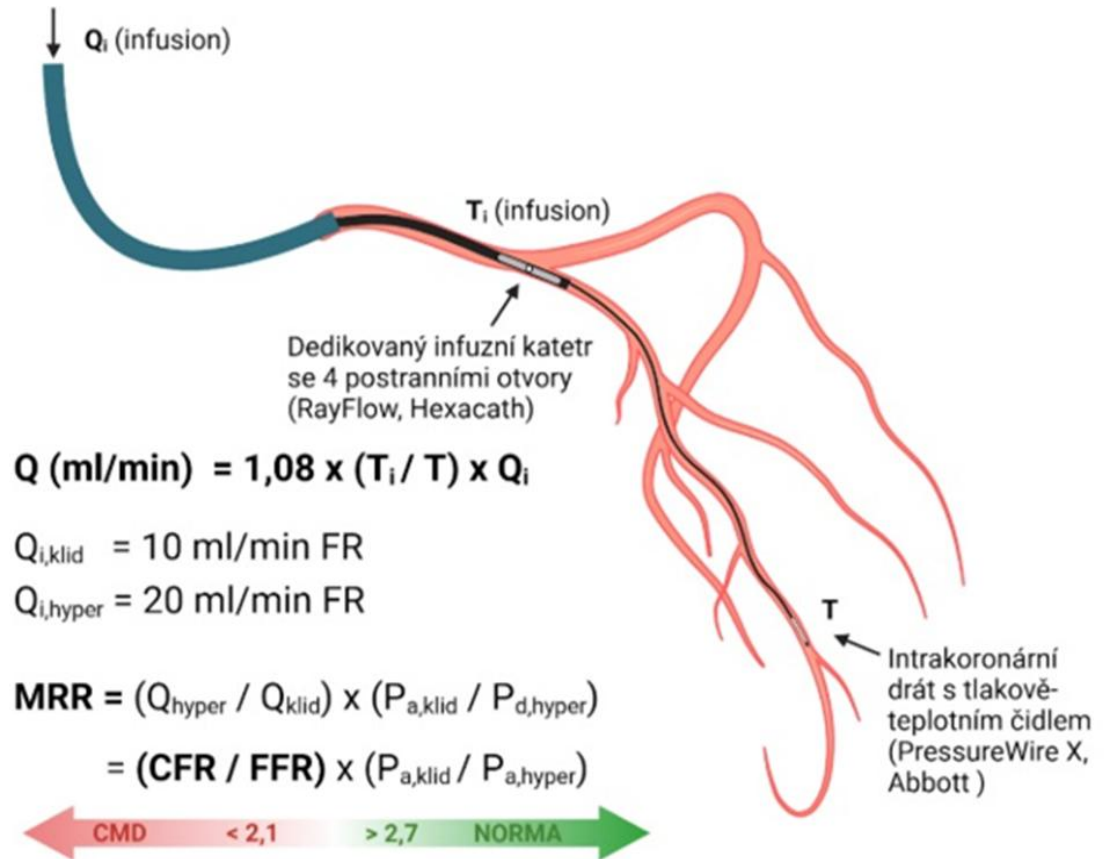
- Hyperemie pomocí i.v. adenosinu (bradykardie, dušnost, hypotenze)
- Významná variabilita měření, závislost na operátorovi (při variabilitě >30 % se doporučuje provést více měření)
- Absence absolutních hodnot průtoku a rezistence



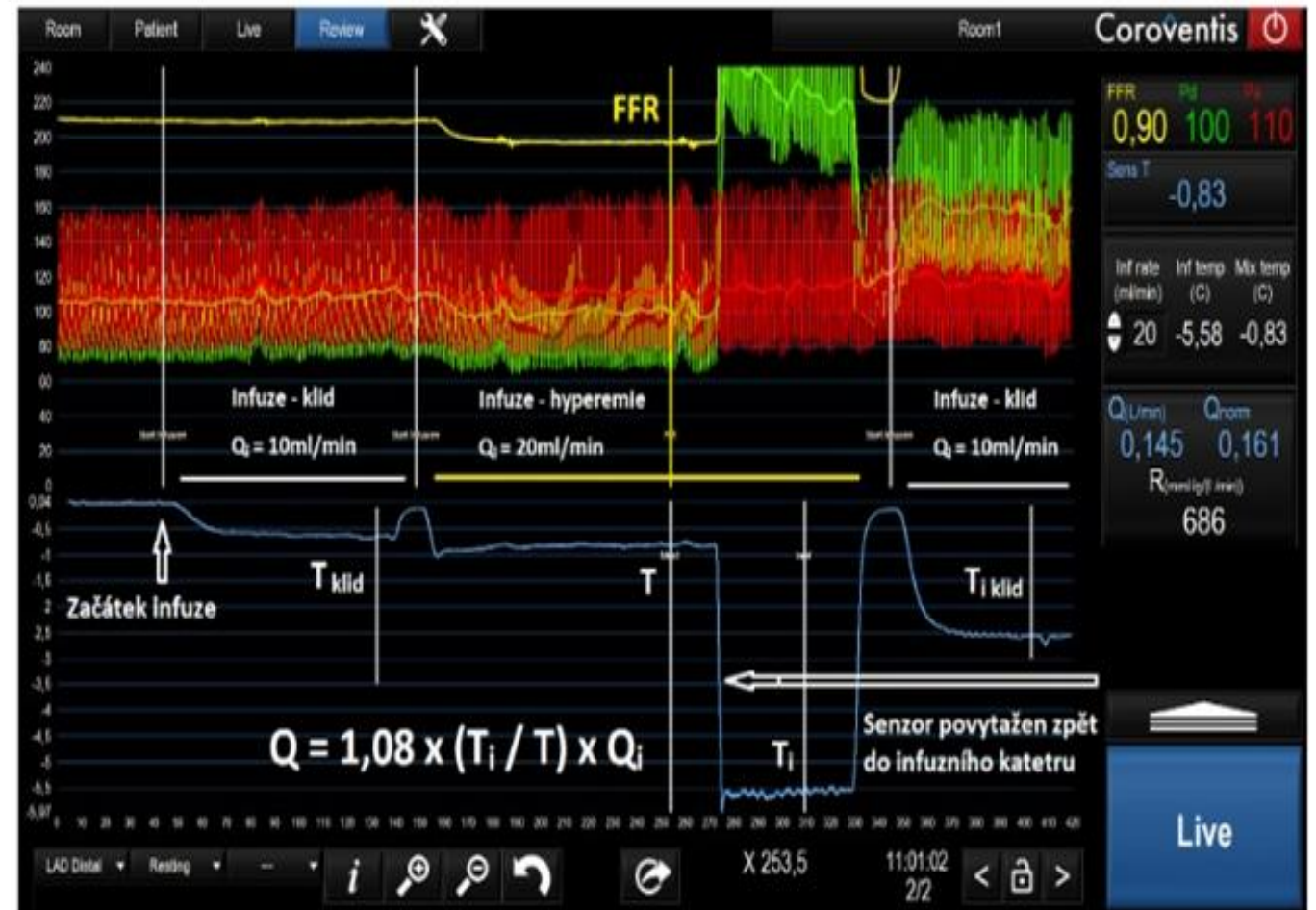
$T_{mn,rest}$  – klidový mean transit time,  $T_{mn,hyper}$  – hyperemický mean transit time,  
IMR – index mikrocirkulační rezistence,  $P_d$  – distální tlak, CFR – koronární průtoková rezerva,  
 $T_{mn}$  – střední doba přenosu indikátoru.



# Kontinuální termodiluce („trojčlenka“)



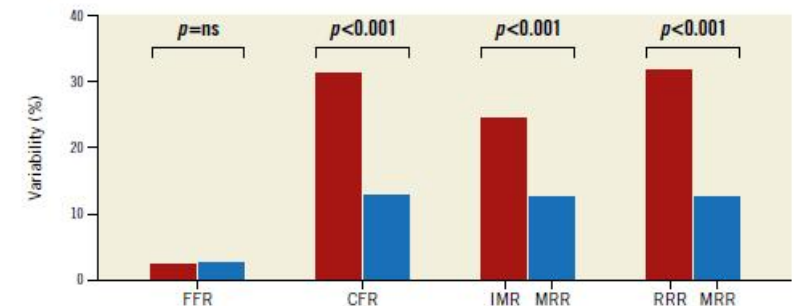
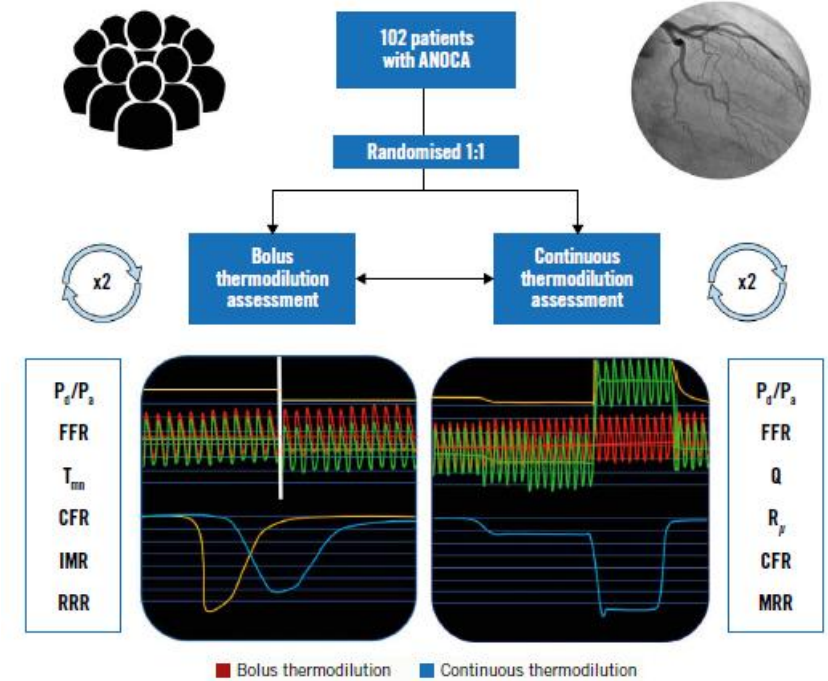
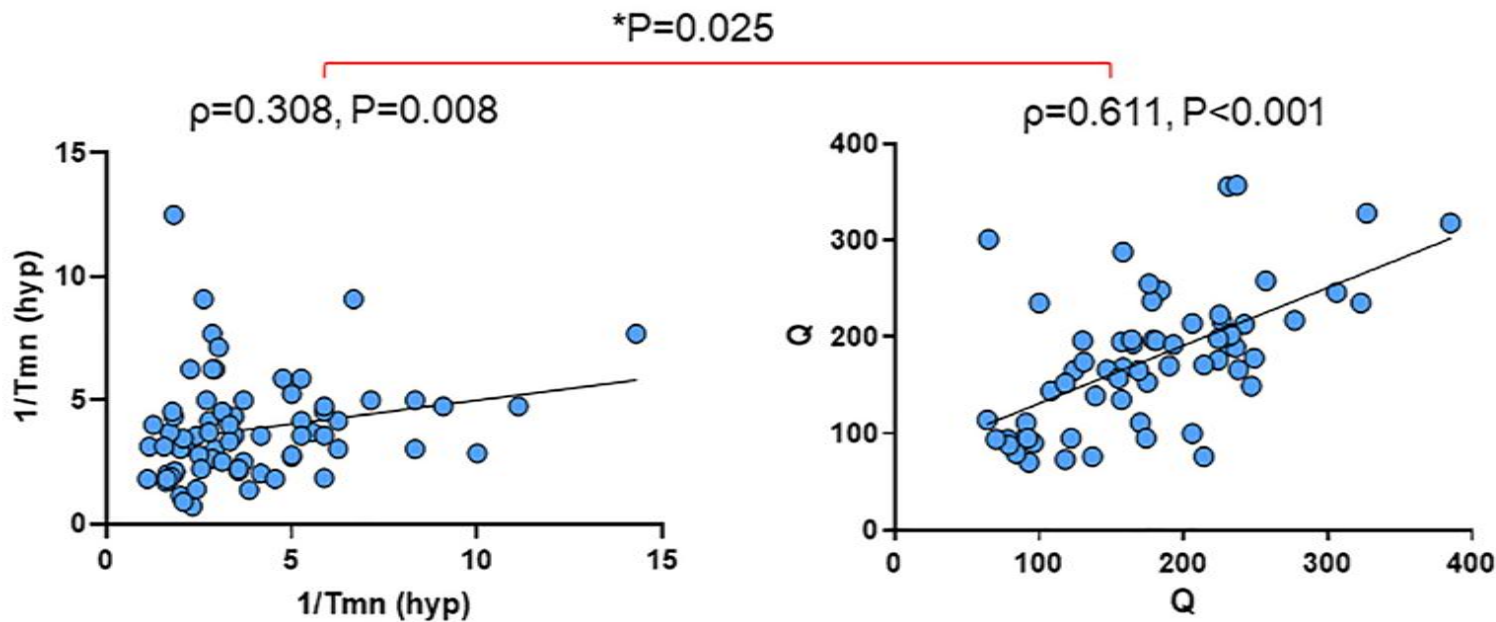
Upraveno dle de Vos et al. 2023.



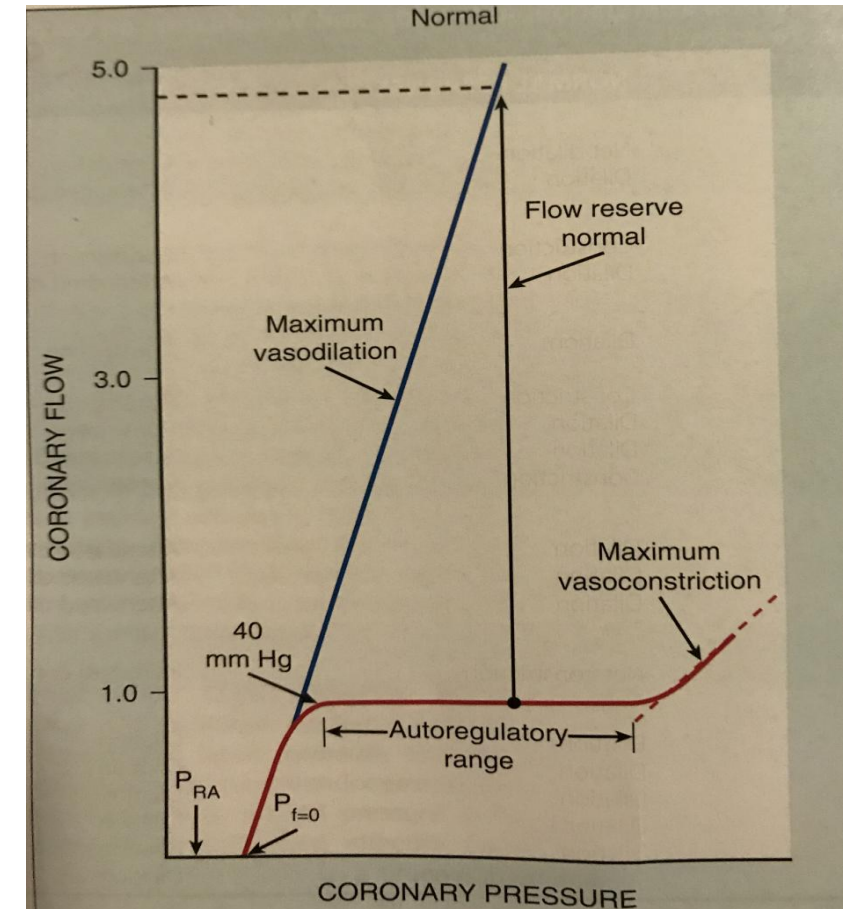
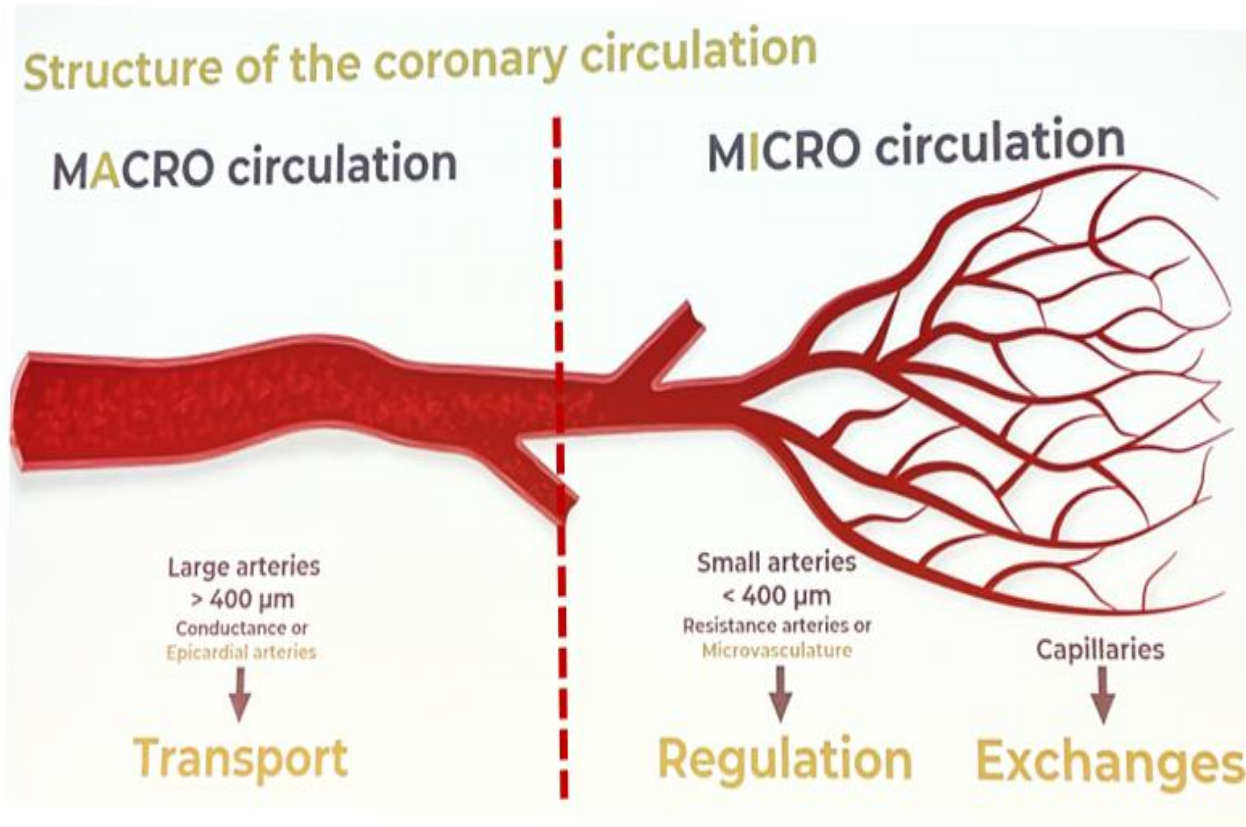
# Bolusová vs. kontinuální termodiluce

Lepší korelace opakovaného měření při použití **kontinuální** vs. bolusové termodiluce.

Coronary Flow: correlation of repeated hyperemic  $1/T_{mn}$  (bolus) versus Q (continuous)

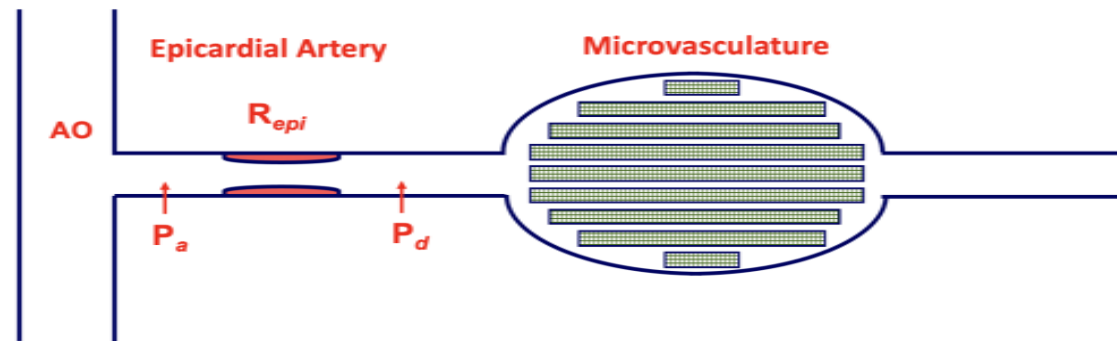


# Koronární fyziologie – autoregulace – koronární průtoková rezerva



# Rezerva mikrocirkulační rezistence (MRR)

- Udává, kolikrát se může klidová  $R_{\mu}$  snížit při normálním nálezu na epikardiální koronární artérii (analogie k FFR).
- **$MRR = R_{\mu \text{ rest}} / R_{\mu \text{ hyper}}$**   
( $R_{\mu \text{ rest}}$  - “skutečná“ klidová mikrovaskulární rezistence; CAVE! klidová  $R_{\mu}$  je ovlivňována přítomností epikardiální stenózy).



- MRR je **nezávislá na epikardiální rezistenci** (tj. stenóze), na mase myokardu
- **$MRR = CFR / FFR \times (P_{a \text{ rest}} / P_{a \text{ hyper}})$** ; pokud  $P_{a \text{ rest}} = P_{a \text{ hyper}} \rightarrow MRR = CFR / FFR$
- **$CMD < 2,1$   $MRR \geq 3,0$**  normální nález

# Cíl práce

- Určení absolutních hodnot koronárního průtoku ( $Q$ ) a mikrovaskulární rezistence ( $R_{\text{mikro}}$ ) u pacientů s anginou pectoris (AP) bez obstrukce větších tepen (ANOCA) metodou intrakoronární kontinuální termodiluce.
- Tato metoda není v rutinní praxi dosud v České republice používána.

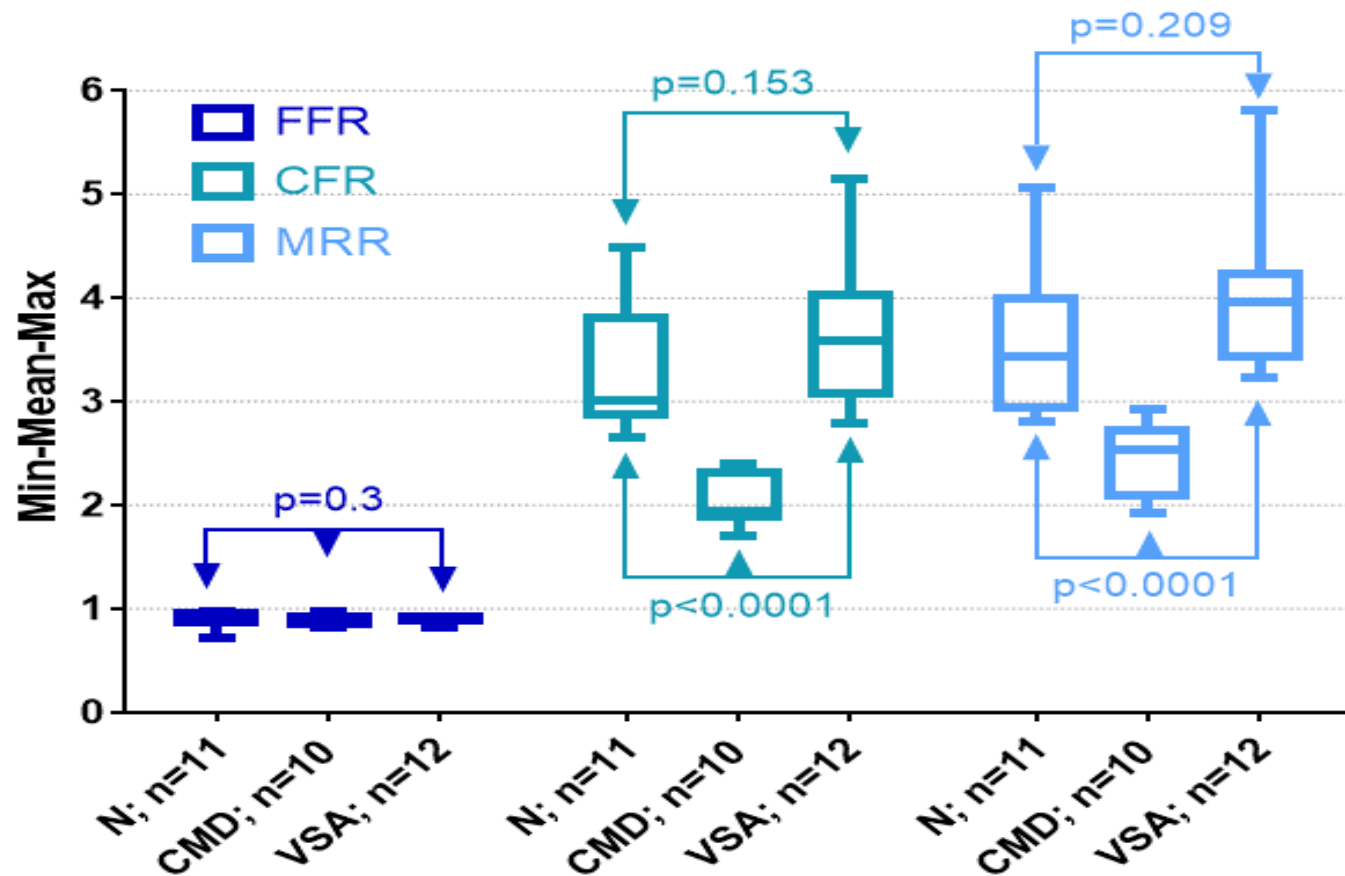
# Charakteristika souboru

	Vše N=33	ANOCA - N=11	CMD N=10	VSA N=12	p
	A	B	C	D	B:C:D
Pohlaví-žena (%)	20 (61)	7 (64)	6 (60)	7 (58)	ns.
Věk-medián (IQR)	66 (57;74)	63 (61;76)	67 (51;76)	68 (59;72)	ns.
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	29 (26;33)	30 (28;34)	27 (23;31)	27 (26;31)	ns.
Arteriální hypertenze (%)	26 (79)	10 (91)	8 (80)	8 (67)	ns.
Hyperlipoproteinemie (%)	29 (88)	9 (82)	9 (90)	11 (92)	ns.
LDL cholesterol (mmol/l)	2.5 (1.5;2.8)	2.2 (1.6;2.7)	1.9 (1.2;3.0)	2.7 (1.6;2.9)	ns.
Diabetes mellitus (%)	3 (9)	0	3 (30)	0	0.02
Nikotinismus (%)	17 (52)	6 (55)	6 (60)	5 (42)	ns.
Autoimunitní onemocnění (%)	12 (36)	5 (45)	4 (40)	3 (25)	ns.
SAQ (=dotazník)	65.0(56.2;78.5)	67.5 (56.9;89.3)	68.7 (58.1;77.1)	57.5 (52.7;89.0)	ns.

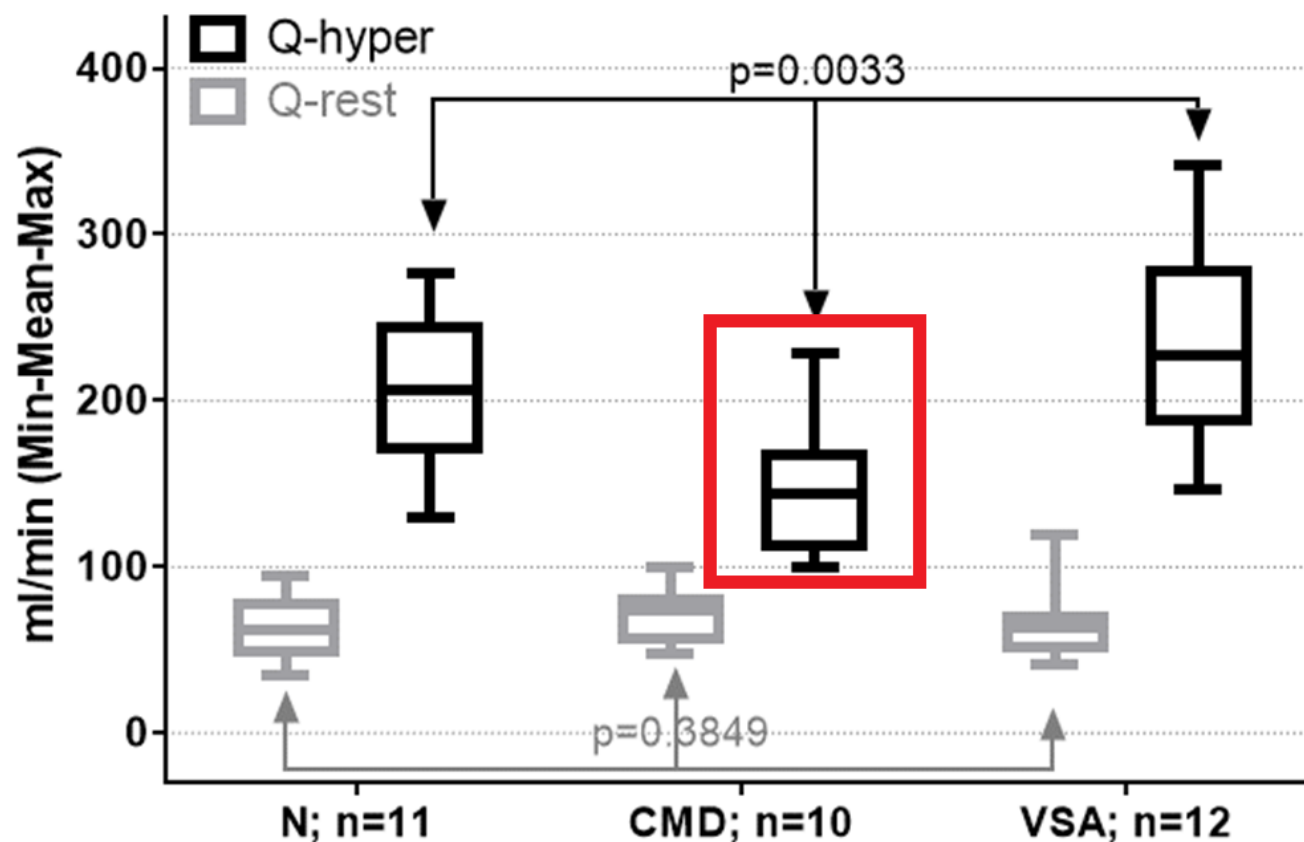
# Výsledky

	Vše N=33	ANOCA - N=11	CMD N=10	VSA N=12	p
	A	B	C	D	B:C:D
FFR	0.90(0.86;0.93)	0.93 (0.87;0.95)	0.88 (0.86;0.93)	0.90 (0.88;0.93)	ns.
CFR (n = > 2,5)	3.01(2.35;3.62)	3.01 (2.87;3.80)	<b>1.94 (1.88;2.32)</b>	3.59 (3.07;4.02)	<b>&lt;0.01</b>
MRR (n = > 3,0)	3.41(2.73;3.99)	3.44 (2.94;4.00)	<b>2.54 (2.10;2.72)</b>	3.96 (3.44;4.24)	<b>&lt;0.01</b>
Qrest (ml/min)	65(53;76)	62(49;77)	73(57;80)	64(51;69)	ns.
Qhyp(ml/min)	189 (149;237)	206 (171;244)	<b>145 (112;167)</b>	227 (188;278)	<b>&lt;0.01</b>
Rmicro-rest (WU)	1489(1230;1888)	1605 (1271;1946)	1357 (1186;1509)	1689 (1260;2189)	ns.
Rmicro-hyper (WU)	473(392;618)	439 (358;576)	<b>581 (492;685)</b>	421 (327;604)	<b>0.02</b>
Pa rest (mmHg)	<b>103(92;110)</b>	100 (92;104)	101 (84;110)	107 (103;113)	ns.
Pa hyper (mmHg)	<b>102(93;109)</b>	101 (92;105)	98 (82;108)	109(110;114)	<b>0.05</b>

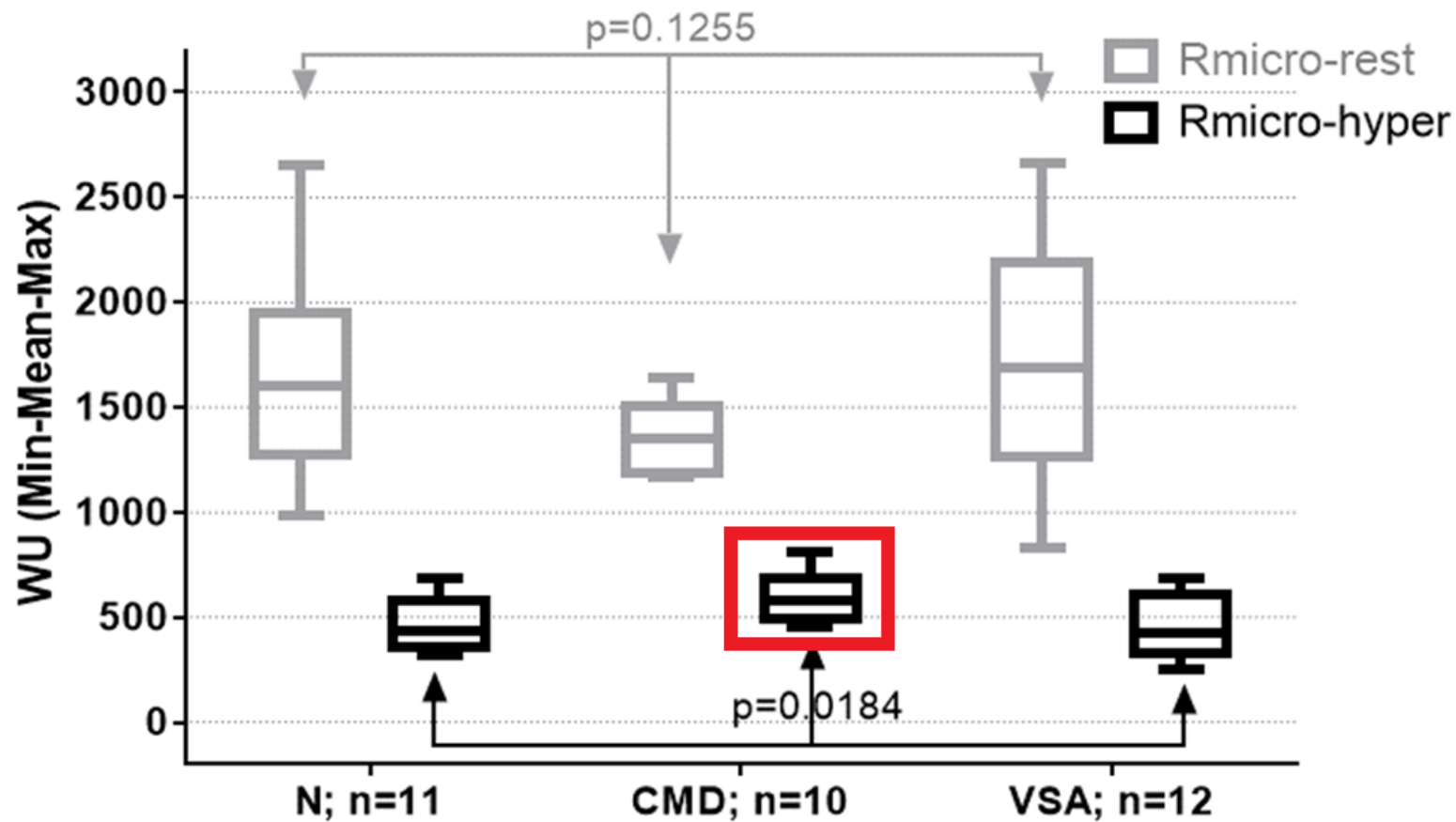
# Porovnání FFR, CFR, MRR



# Porovnání klidových a hyperemických koronárních průtoků



# Porovnání klidových a hyperemických mikrovaskulárních rezistencí



# Koronární mikrovaskulární dysfunkce = ↓ vazodilatační rezervy

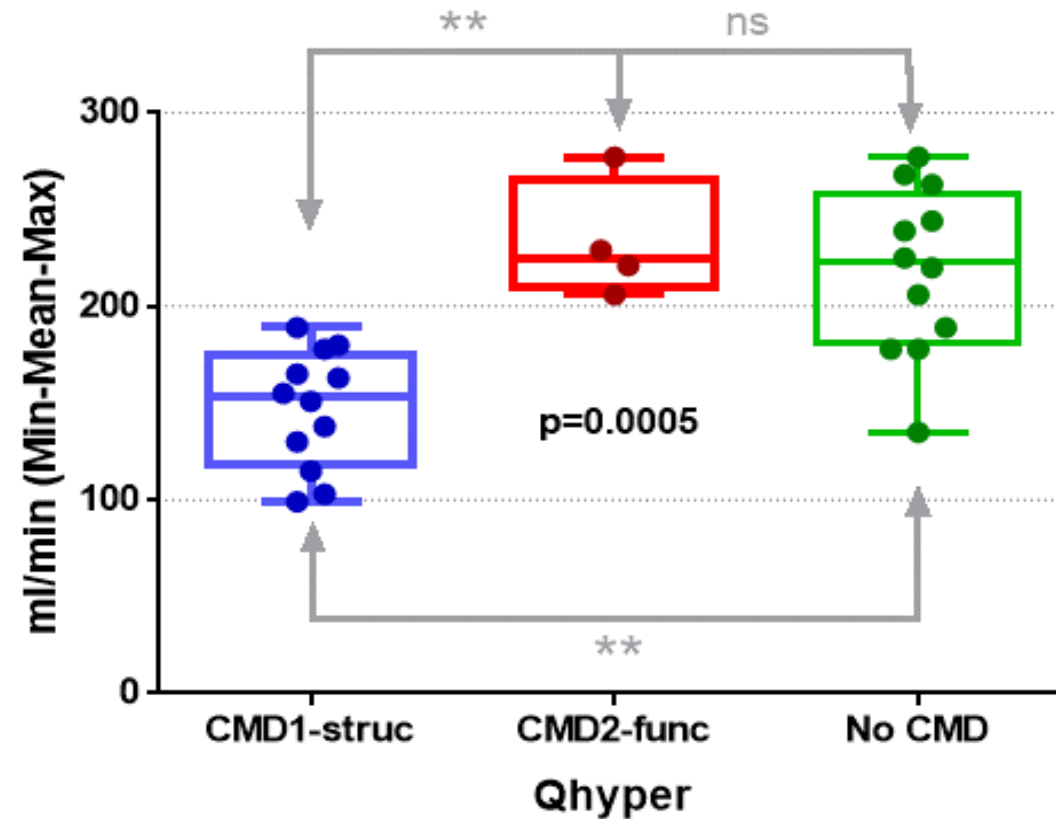
- - funkční CMD - ↑ klidový průtok při ↓ klidové mikrovaskulární rezistenci
- - strukturální CMD - ↓ maximální hyperemický průtok na podkladě  
↑ minimálního (hyperemického) mikrovaskulárního odporu (>475 WU)

# Strukturální vs. funkční CMD

	FFR	Qrest (ml/min)	Qhyper (ml/min)	Pu rest (WU)	Pu hyper (WU)	CFR	MRR	CMD
EH 62 l.	0,98	70	130	1179	624	1,86	1,92	+
VN 75 l.	0,86	100	229	1168	453	2,29	2,71	?

CFR norma > 2,5; MRR norma > 3; P $\mu$  hyper norma < 475 WU

# Porovnání hyperemických průtoků funkční a strukturální mikrovaskulární dysfunkce



# Závěr

- Metoda kontinuální termodiluce umožňuje spolehlivé získání absolutních hodnot koronárního průtoku a mikrovaskulární rezistence.
- Těchto výsledků lze využít k posouzení strukturálního postižení mikrocirkulace při diagnostice endotypů ANOCA.

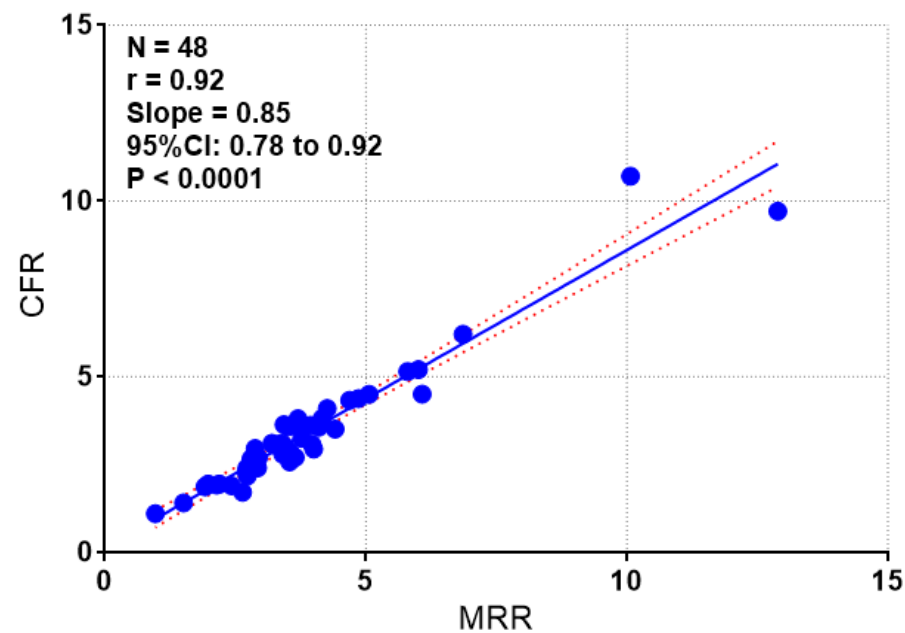
**FN  
M+H**



**Děkuji za pozornost!**

# CFR vs MRR

## MRR vs CFR



## Corelation FFR vs MRR-CFR

