



DESATURACE VYVOLANÁ ZÁTĚŽÍ U PERZISTUJÍCÍHO FORAMEN OVALE

Poznatky ze studie MEASURE-PFO

Martina Podolec¹, Jiří Dostál², Josef Štásek², Petr Volf¹, Aneta Dvořáková¹, Josef Bis¹, Martin Mates¹, Petr Neužil¹

¹ - Kardiologická klinika, 1. LF UK a FNMH, Praha

² - 1. Interní kardiologická klinika LF HK UK a FN v Hradci Králové

Proč dochází k desaturaci při zátěži u PFO?

Patofyziologický mechanismus

Mechanismus R→L zkratu u PFO při zátěži není dosud plně objasněn

1

Zátěž mění hrudní anatomii a nitrohrudní tlaky

Gravitace · svalová práce · změny objemu hrudníku · ↑ venózní návrat

2

Redirekce venózního návratu směrem k PFO

Proud z dolní duté žíly (IVC) může být nasměrován ke fossa ovalis

3

Normálně: tlak LA > RA o 5–8 mmHg

Tento gradient udržuje PFO uzavřené v klidovém stavu

4

Intenzivní zátěž: reverze tlakového gradientu

↑ venózní návrat → ↑ plnění RA → přechodná reverze → R→L průtok přes PFO

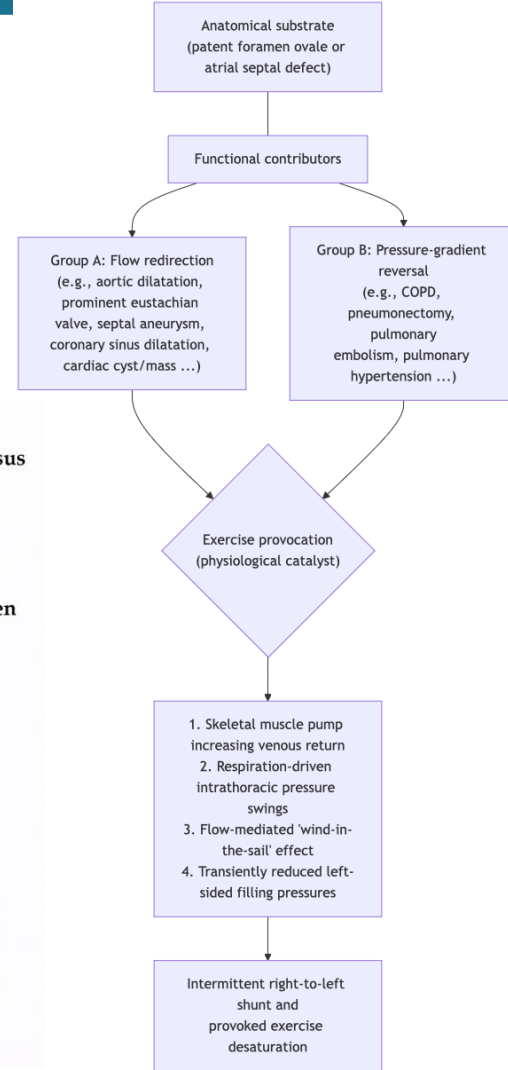
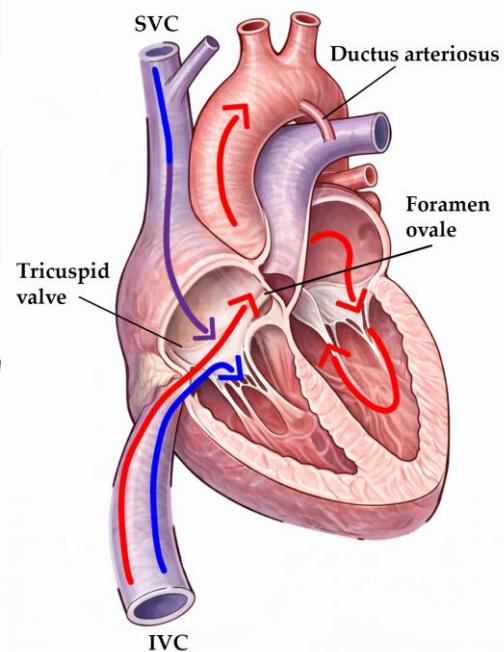
5

Výsledek: provokabilní, přechodná desaturace

V klidu se SpO₂ spontánně normalizuje · nelze zachytit rutinním klidovým vyšetřením

Přispívající anatomické faktory

- Eustachova chlopeň → nasměrování IVC ke fossa ovalis
- Aneurymatické IAS → větší, permissivnější PFO
- Věk, dilatace aorty → změna geometrie IAS
- Valsalvův manévr (i fyziologický při max. zátěži)



Studie MEASURE-PFO

Design studie

Primární cíl: Kvantifikace R→L zkratu novou termodiluční metodou (Inntherm®) a vztah k morfologii IAS a kardiopulmonálnímu výkonu

Indikace: Pacienti po ischemické CMP nebo TIA s potvrzeným PFO, indikovaní k perkutánnímu uzávěru

CPET v protokolu: Spiroergometrie (ramp + konf. fáze), SpO₂ čelním oxymetrem — provedena PŘED uzávěrem jako součást studijního protokolu

Centra: NNH Praha · VFN Praha · FN Brno · FNHK · IKEM Praha · FN Ostrava

Celkem: 153 pacientů s potvrzeným PFO indikovaných k perkutánnímu uzávěru

Follow-up CPET: Zopakován 6 měsíců po uzávěru stejným protokolem

**Desaturace při CPET
nebyla primárním
cílem studie**

17 / 153
pacientů
(11 %)
desaturovalo

12 validních
CPET
(5 vyřazeno
pro chybný prot.)

*Nikdo nebyl referován
pro námahovou
hypoxémii*

Výsledky – charakteristika 12 pacientů s EID

12

pacientů s EID

17 det., 5 vyřazeno

11 %

prevalence EID

z 153 MEASURE-PFO

48±7

věk (roky)

průměr ± SD

83 %

muži

10 / 12

29±4

BMI

průměr ± SD

Rizikové faktory

Rizikový faktor	n	%
Hypertenze	5	42 %
Diabetes mellitus	2	17 %
Hyperlipidémie	7	58 %
Nekuřák	7	58 %
Kuřák + ex-kuřák	5	42 %

CPET před uzávěrem (n = 12)

Parametr	Průměr ± SD
VO ₂ max (ml/kg/min)	31,0 ± 6,4
Max. zátěž (W)	246 ± 61
Max. SF (bpm)	171 ± 16
SpO ₂ ramp – max zátěž (%)	92,3 ± 2,6
SpO ₂ konf. fáze (%)	91,2 ± 3,1

Důležité: Žádný z 12 pacientů nebyl referován pro námahovou dušnost ani nevyžadoval dovyšetření pro hypoxémii — desaturace zachycena teprve studijním CPET.

SpO₂ při zátěži – data před a po uzávěru PFO (n = 11)

Souhrnná statistika (n = 11)

SpO₂ PŘED uzávěrem (průměr ± SD) 92,3 ± 2,6 %

SpO₂ PO uzávěru (průměr ± SD) 95,4 ± 2,5 %

Zlepšení 9 / 11 (82 %)

Beze změny 2 / 11 (18 %)

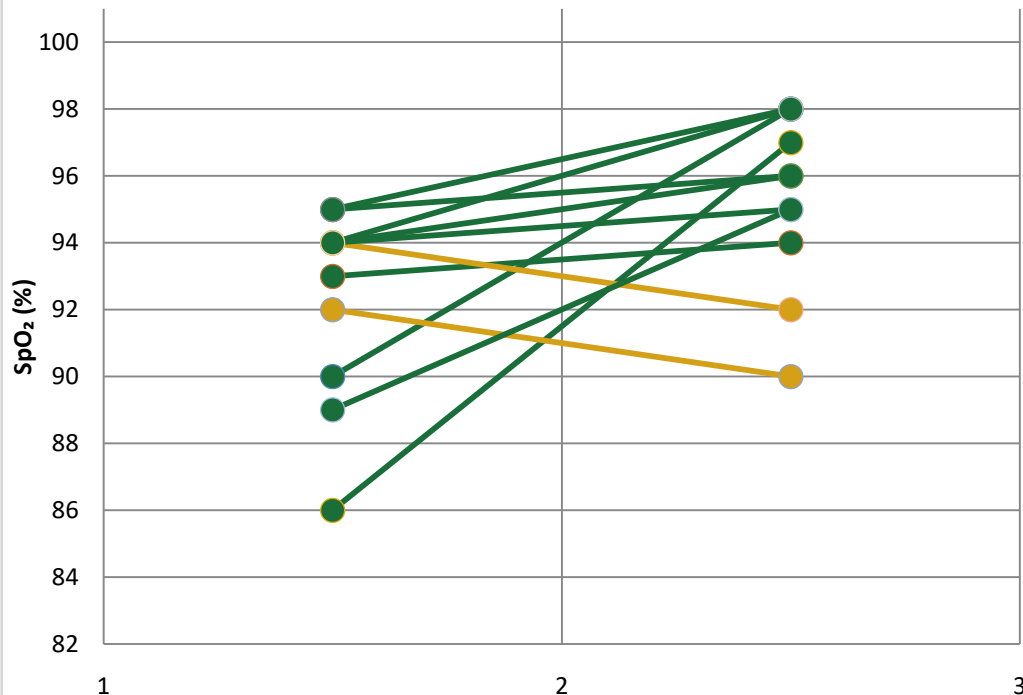
Zhoršení 0 / 11 (0 %)

p-hodnota (párový t-test) p = 0,033

p-hodnota (Wilcoxon) p = 0,041

Před: 92,3 ± 2,6 % Po: 95,4 ± 2,5 % p = 0,033

SpO₂ při zátěži – PŘED vs. PO uzávěru PFO



Souhrnné výsledky – SpO₂ ↑, výkonnost beze změny

SpO₂ při max. zátěži (%)

PŘED $92,3 \pm 2,6$ → PO $95,4 \pm 2,5$

$p = 0,033$

VO₂max (ml/kg/min)

PŘED $31,0 \pm 6,4$ → PO $31,5 \pm 8,1$

$p = ns$

Max. zátěž (W)

PŘED 246 ± 61 → PO 251 ± 64

$p = ns$

Statistická analýza (párová, n = 11)

Párový t-test	$p = 0,033$
Wilcoxon signed-rank	$p = 0,041$
Zlepšení SpO ₂	9 / 11 (82 %)
Beze změny	2 / 11 (18 %)
Zhoršení	0 / 11 (0 %)

Klíčové sdělení

SpO₂ se zlepšila u 9/11 pacientů

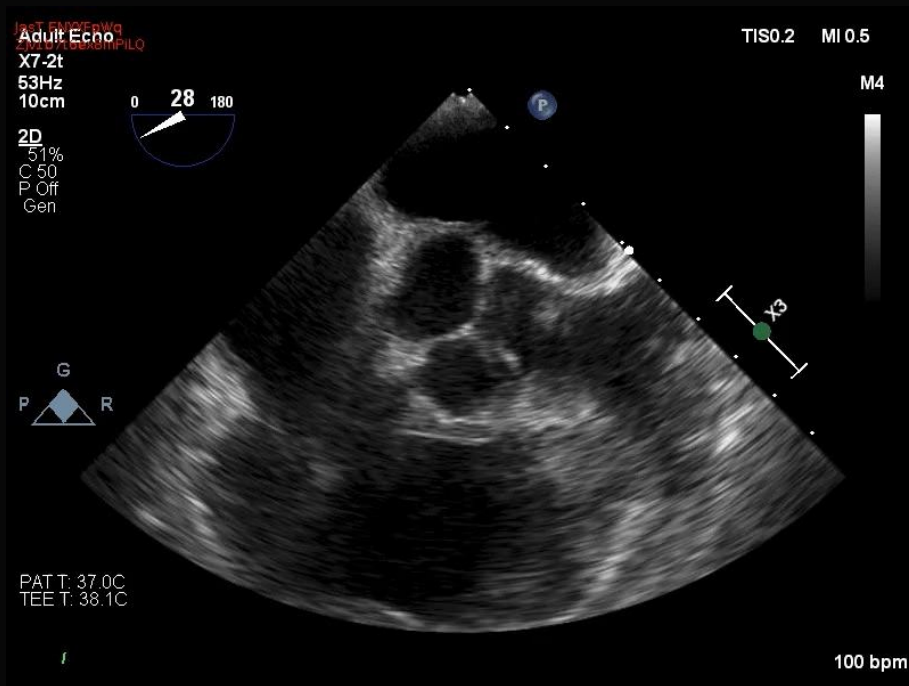
Žádný pacient se nezhoršil

Výkonnost (VO₂max, W) bez statisticky významné změny

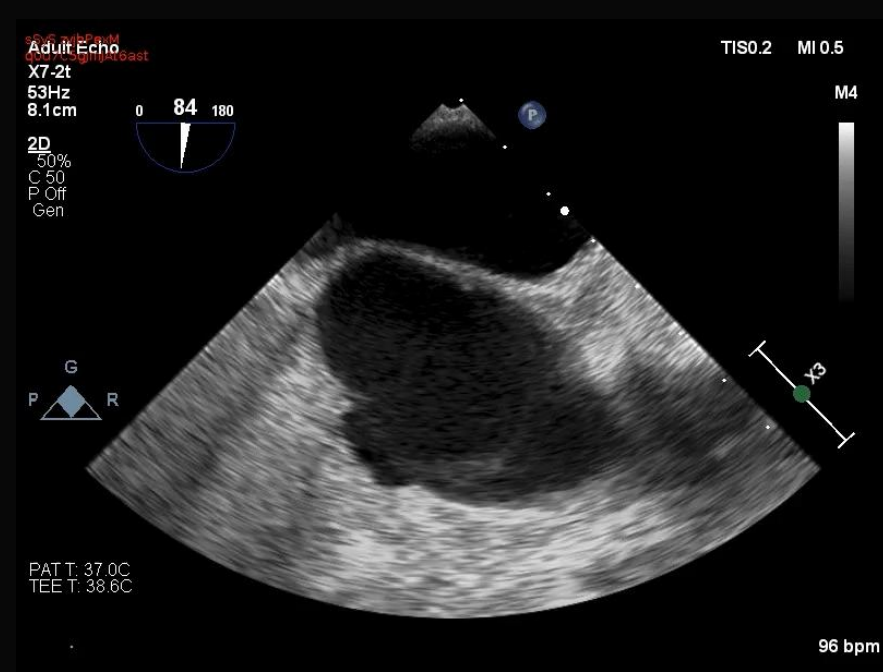
2 pacienti udávali subjektivní zlepšení

Ilustrativní případ – TEE: aneurymatické septum a bubble test

Muž, 50 let · ischemická CMP 2020 · spirometrie normální · $VO_2\max$ 33 ml/kg/min · SpO_2 95 % → 92 % při CPET



Aneurymatické interatriální septum
Výrazné exkurze, patrný kanál PFO

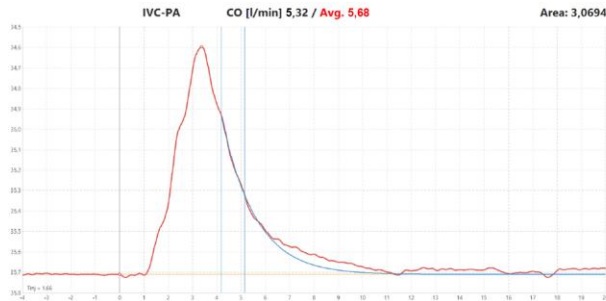
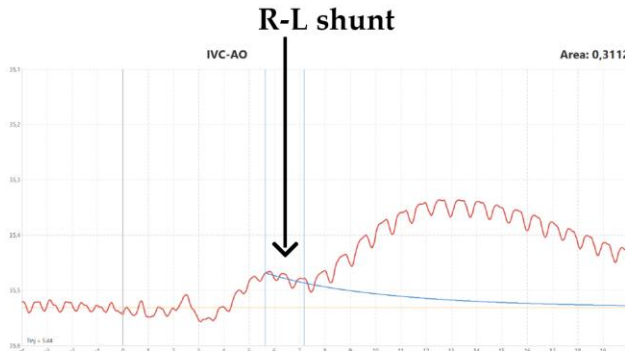
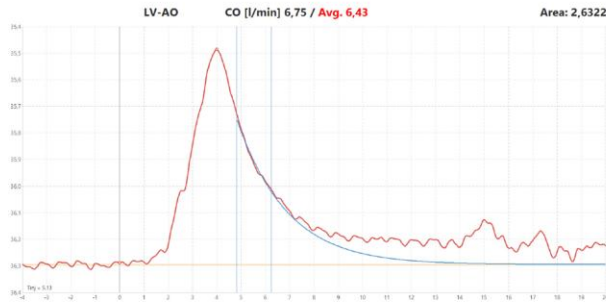


Bubble test – Valsalvův manévř:
Masivní R→L průnik, výška tunelu 4–5 mm

Ilustrativní případ – CPET a termodiluce Inntherm®

Muž, 50 let · ischemická CMP 2020 · spirometrie normální · VO_2max 33 ml/kg/min

Flowmetry



R-L (LV-AO, IVC-AO)

CI [l/min/m ²]	3.25
SBF [l/min]	6.43
PBF [l/min]	5.68
QP/QS	0.88
R-L [l/min]	0.75
R-L [%SBF]	11.67
R-L [%PBF]	13.21

Přítomen pravo-levý zkrat:

Bifázická křivka s časou teplotní odchylkou svědčící pro přímý intrakardiální pravo-levý zkrat

Pozdní složka odpovídající transpulmonálnímu průchodu

SpO₂ PŘED: 98→96→94→92 % SpO₂ PO uzávěru: 98→97→97→97 % VO₂max: 33 → 37,5 ml/kg/min | Zátěž: 241 → 230 W

Ilustrativní případ – CPET a termodiluce Inntherm®

Muž, 50 let · ischemická CMP 2020 · spirometrie normální · VO₂max 33 ml/kg/min

Exercise Stress Test Data - Before PFO Closure

Parameter	ANP	RAMP MAX	CONF MAX
Power (W)	164	241	200
Power (W/kg)	1,95	2,87	2,4
Heart Rate (bpm)	145	185	188
Stroke Volume (ml)	NA	NA	NA
Cardiac Output (l/min)	NA	NA	NA
Blood Pressure (mm Hg)	190/100	200/100	200/100
VO ₂ (ml/kg/min)	23	33 - max	34
RER	1,03	1,26	1,1
Ventilation (l/min)	47	96	120
Breathing Frequency (breaths/min)	12	24	30
Tidal Volume (l)	3,88	3,98	4,01
Peripheral Oxygen Saturation SpO ₂ (%)	97	95	98-96-94-92
Muscle Saturation - SmO ₂ (%)	NA	NA	NA
Muscle O ₂ Extraction (Fick %)	NA	NA	NA
Muscle O ₂ Extraction (Fick ml O ₂)	NA	NA	NA

Exercise Stress Test Data - After PFO Closure

Parameter	ANP	RAMP MAX	CONF MAX
Power (W)	156	230	193
Power (W/kg)	2,01	2,96	2,49
Heart Rate (bpm)	143	184	188
Stroke Volume (ml)	NA	NA	NA
Cardiac Output (l/min)	NA	NA	NA
Blood Pressure (mm Hg)	140/50	170/90	NA
VO ₂ (ml/kg/min)	24,8	37,5	37,6
RER	1	1,14	NA
Ventilation (l/min)	45,5	95,5	99,9
Breathing Frequency (breaths/min)	11	22	NA
Tidal Volume (l)	4,07	4,38	4,62
Peripheral Oxygen Saturation SpO ₂ (%)	98	98	98-97-97-97
Muscle Saturation - SmO ₂ (%)	NA	NA	NA
Muscle O ₂ Extraction (Fick %)	NA	NA	NA
Muscle O ₂ Extraction (Fick ml O ₂)	NA	NA	NA

SpO₂ PŘED: 98→96→94→92 % SpO₂ PO uzavěru: 98→97→97→97 % VO₂max: 33 → 37,5 ml/kg/min | Zátěž: 241 → 230 W

Závěr

Zátěží vyvolaná desaturace po uzávěru PFO zcela vymizela bez zhoršení výkonnosti; **2 pacienti udávali subjektivní zlepšení**. PFO je nutné zvažovat v dif. dg. námahové hypoxémie; uzávěr je u vybraných pacientů bezpečný a účinný.

1

PFO je přítomno u ~25 % populace, ale desaturace je vzácná

Desaturace je provokabilní, nikoli trvalá; klidová SpO₂ zcela normální — 11 % (17/153) desaturovalo v kohortě MEASURE-PFO

2

Desaturace je typicky provokabilní, nikoli trvalá

Klidové vyšetření EID neodhalí — nutná cílená provokace: CPET, schody nebo procházka s oxymetrem

3

PFO s R→L zkratem je třeba zvažovat u námahové hypoxémie při CPET

Žádný pacient nebyl referován pro hypoxémii; EID zachycena akcidentálně studijním protokolem

4

Provokabilní desaturace u PFO je vzácná, ale potenciálně léčitelná

SpO₂ 92,3 % → 95,4 % · p = 0,033 · 9/11 se zlepšilo, 0/11 se zhoršilo · výkonnost beze změny

5

Perkutánní uzávěr PFO je bezpečná a účinná léčebná metoda

Uzávěr bez komplikací u všech 12 pacientů; před indikací vždy vyloučit plicní příčiny (TEE + bubble test + hemodynamika)