

SPIROERGOMETRIE – DIFERENCIÁLNÍ DIAGNOSTIKA DUŠNOSTI U SPORTOVCE



J. KALÁB – I. KLINIKA TUBERKULÓZY A RESPIRAČNÍCH NEMOCÍ VFN A 1. LF UK V PRAZE

PRAGUE PREVENTION 2026

PRAHA, 23.1.2026

Kdy a proč spiroergometrie?

KDY:

- nejasná etiologie dušnosti
- nesoulad subjektivních obtíží a výsledků běžných klidových vyšetření (min. anamnéza a fyzikální vyš.)

PROČ:

- neinvazivní vyšetření
- relativně bezpečné
- komplexní odpověď jednotlivých orgánových systémů
- odlišení dekondice a organické příčiny
- posouzení vývoje zdatnosti



Je přítomna limitace zátěže?

ANO



CO JE JEJÍM LIMITUJÍCÍM FAKTOREM?

- Kardiovaskulární systém?
- Respirační systém?
- Nepoměr ventilace a perfuze?
- Periferní metabolická/svalová limitace?



NE



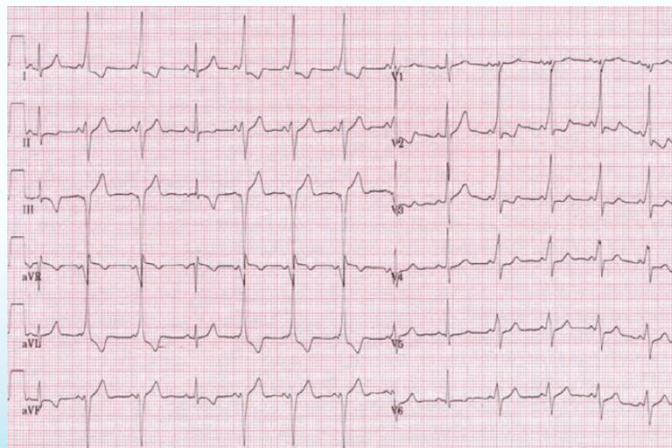
Neorganická dušnost

Dušnost u sportovců:

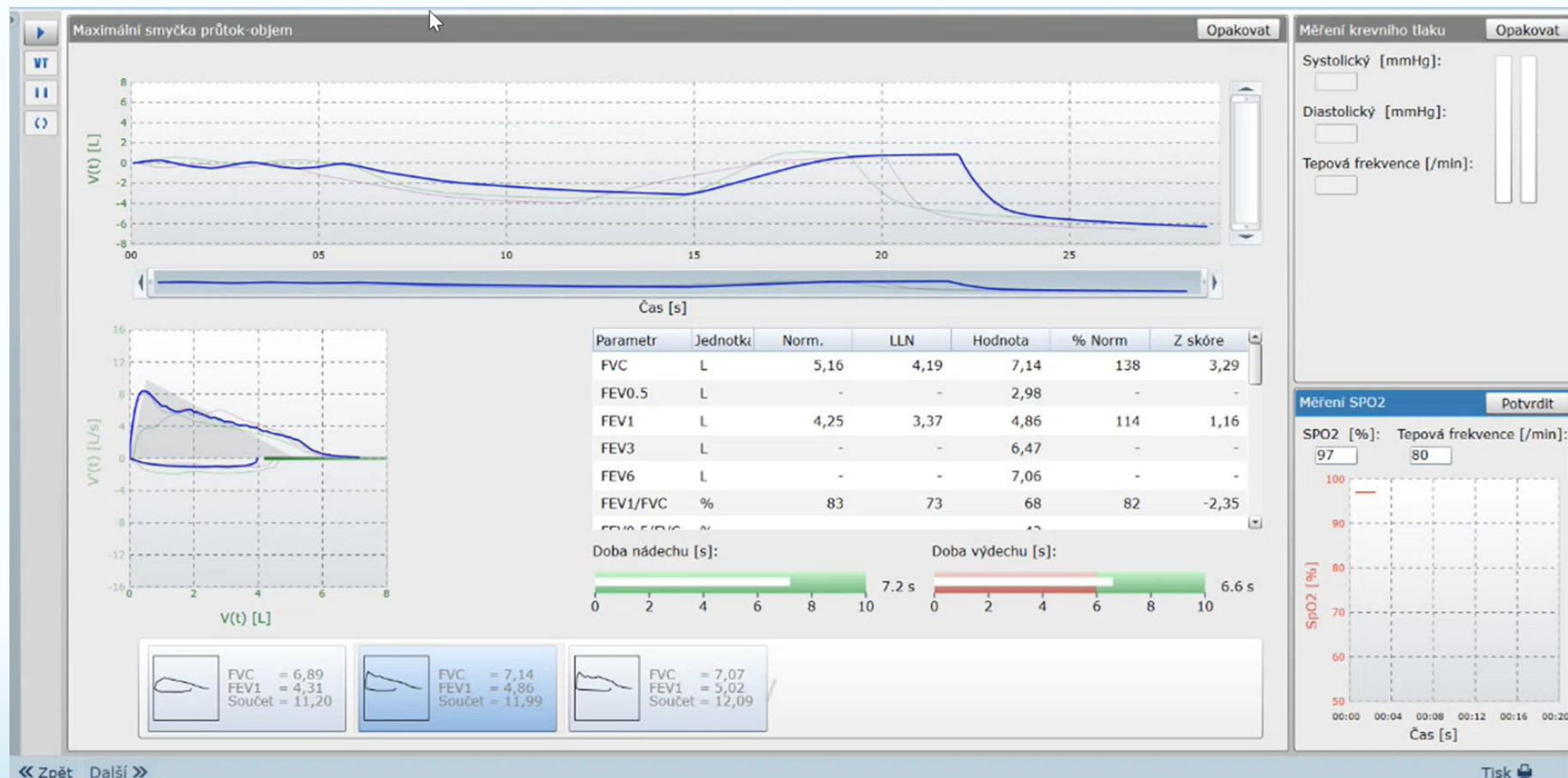
Příčiny:	Příklady u sportovců:	Poznámky:
Fyziologické	vysoká intenzita tréninku, špatná regenerace	obvykle odezní po odpočinku
Respirační	astma/EIB, EILO	normální klidová spirometrie astma/EIB nevylučuje
Kardiovaskulární	arytmie, kardiomyopatie, ICHS	po virových infekcích, u veteránů
Nepoměr ventilace/perfuze	plicní hypertenze/embolie	
Periferní/svalová limitace	dekondice, myopatie	
Hematologické	anemie, sideropenie	
Funkční / psychogenní	hyperventilace, stres	

1. krok – TK, TF, SpO₂, EKG

- nekorigovaná hypertenze (vč. sekundární)
- arytmie, KES
- klidová hyposaturace



2. krok – klidová spirometrie



Definice obstrukce

Přítomnost obstrukce je určena poměrem $FEV1/VC$

Tíže obstrukce je určena hodnotou $FEV1$

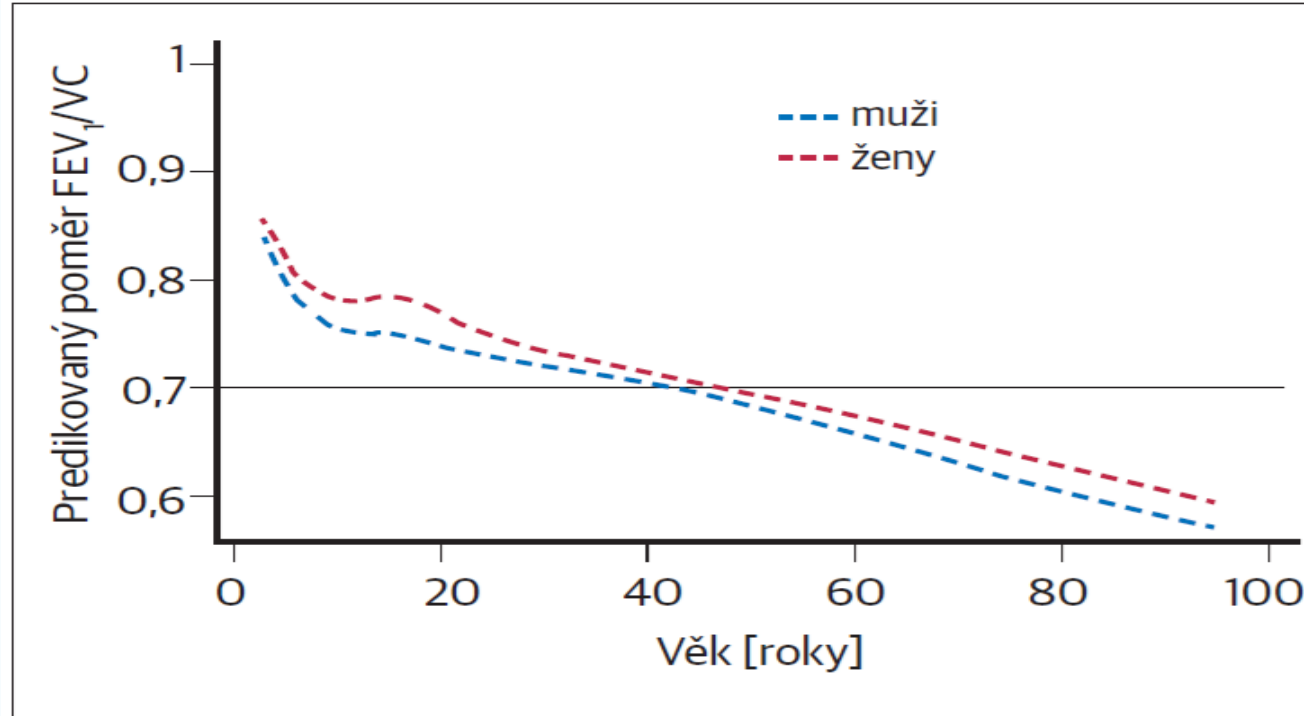
$FEV1/VC_{max} < LLN$...dle standardu ERS/ATS 2022 a ČPFS pro vyšetřování
a interpretaci plicních funkcí

$< 5\%$ percentil (resp. $< -1,645$ SD), zohledňuje věk, pohlaví a výšku

$FEV1/FVC < 0,7$... dle GOLD 2010 a dle standardů ERS/ATS pro CHOPN

... **důrazně nedoporučeno** standardem ERS/ATS pro vyšetřování
a interpretaci plicních funkcí 2022

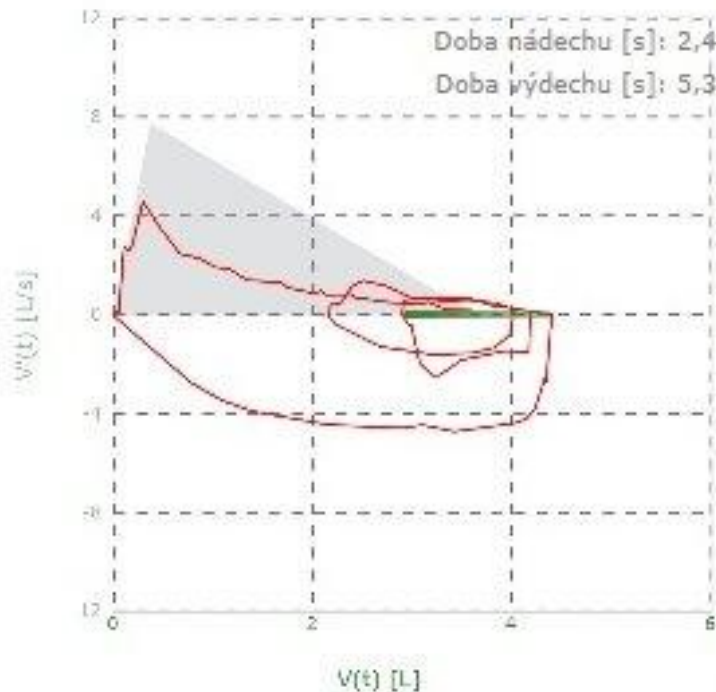
Definice obstrukce



Obr. 1 – Dolní limity normy (= 5. percentil) hodnot FEV₁/VC ve srovnání s pevnou hranicí 0,7. [Upraveno podle Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller M, et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. Eur Respir J 2022;60:2101499.]

2. krok – klidová spirometrie

Maximální smyčka průtok-objem



Parametr	Jednotka	Norm.	LLN	Hodnota	% Norm	Z skóre
FVC	L	3,65	2,74	3,59	98	-0,11
FEV0.5	L	-	-	1,22	-	-
FEV1	L	2,79	1,99	1,92	69	-1,78
FEV1/FVC	%	77	64	54	70	-2,86
PEF	L/s	7,75	-	4,57	59	-
FEF25	L/s	-	-	2,19	-	-
FEF50	L/s	-	-	1,14	-	-
FEF75	L/s	0,58	0,22	0,62	105	0,09
FEF25-75	L/s	2,15	0,91	0,51	24	-2,41
VT	L	-	-	1,86	-	-
IC	L	-	-	4,02	-	-
VT/IC	%	-	-	46	-	-
VT/FVC	%	-	-	52	-	-

Hodnocení vitální kapacity

Využíváme hodnotu VCmax (nejvyšší z hodnot IVC, EVC a FVC)

Norma:

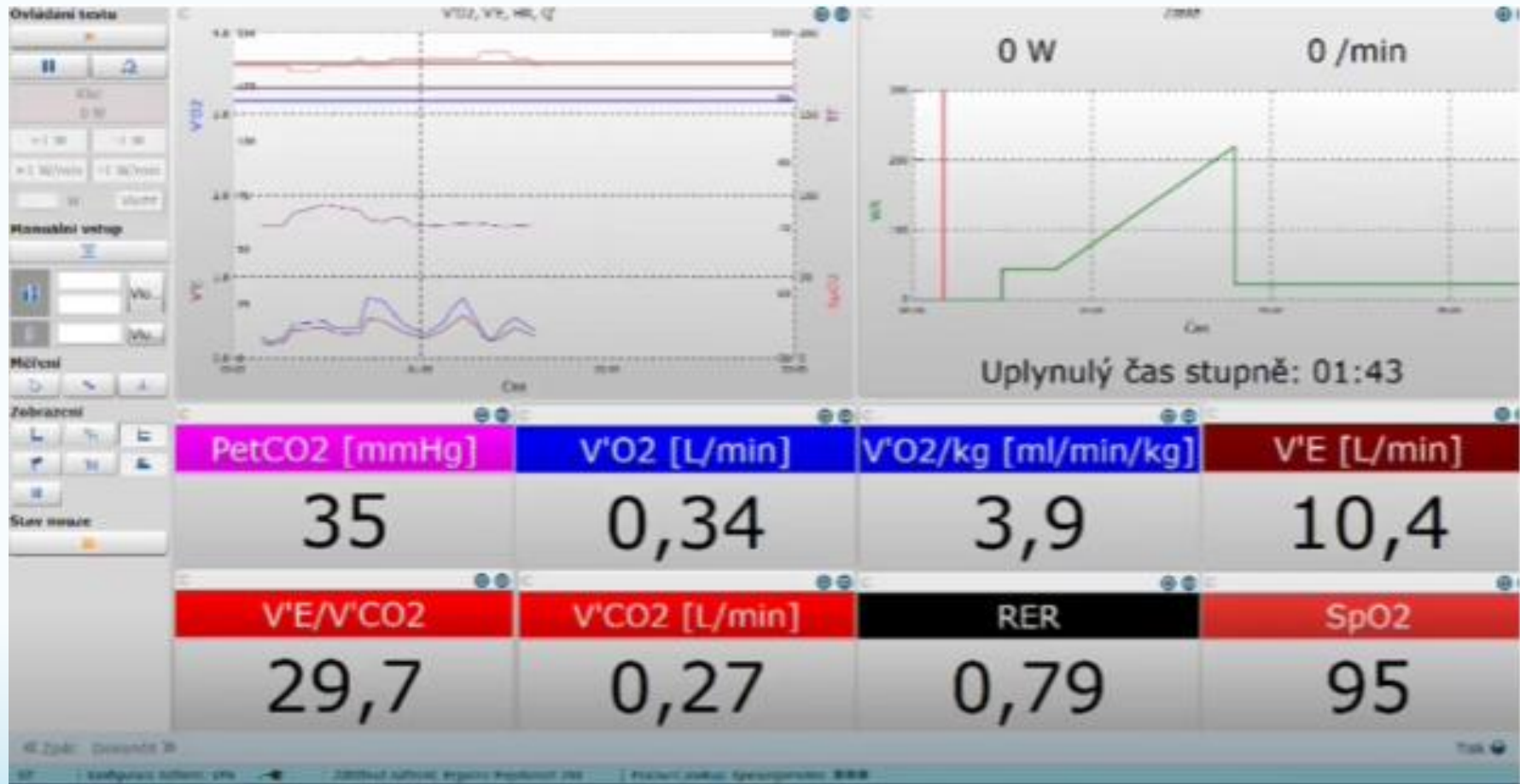
VC > LLN ...dle standardu ERS/ATS pro vyšetřování plicních funkcí 2022

> 5% percentil (resp. < -1,645 SD), zohledňuje věk, pohlaví a výšku

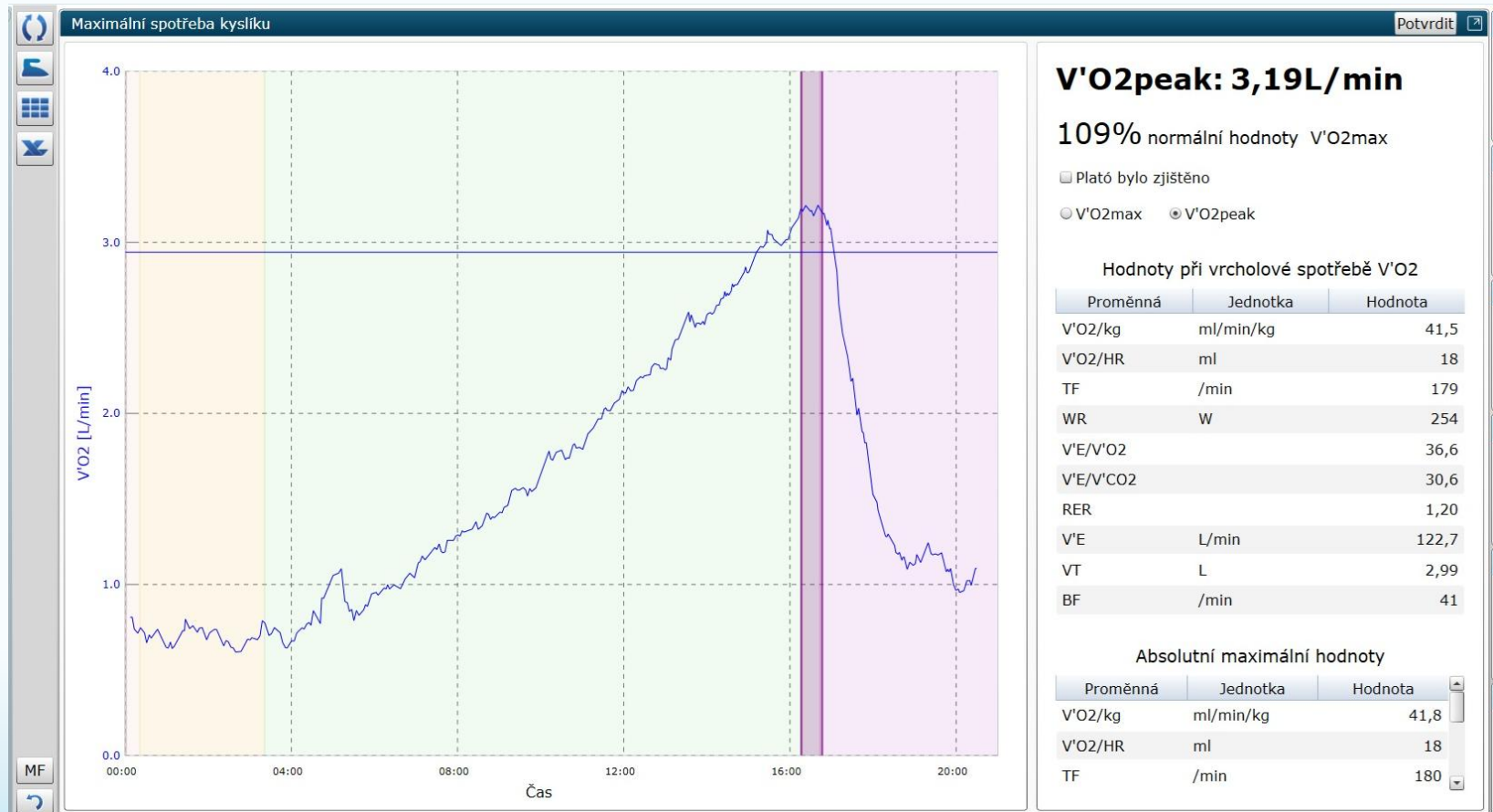
VC > 80 % náležitých hodnot

... **důrazně nedoporučeno** standardem ERS/ATS pro vyšetřování
plicních funkcí 2022

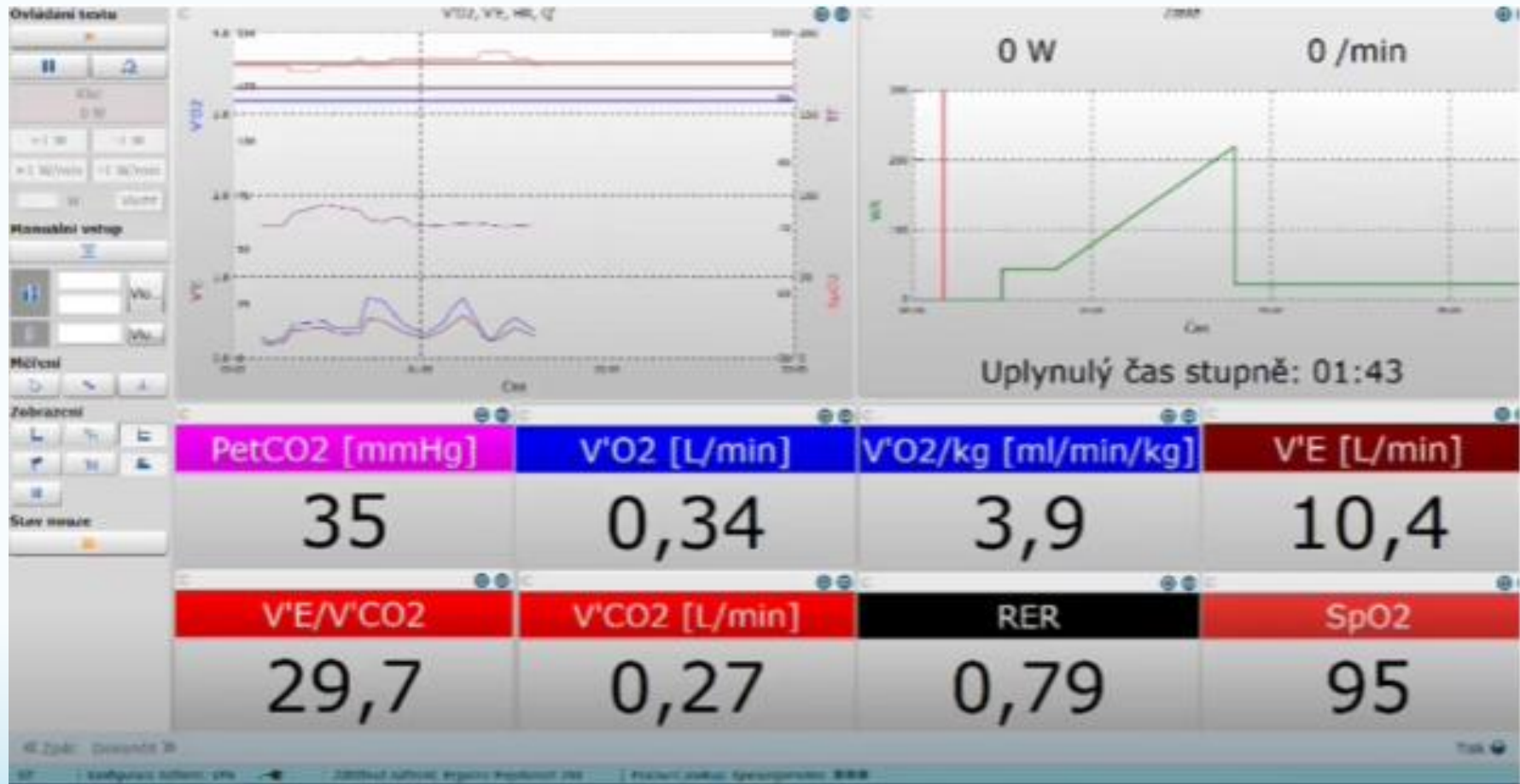
3. krok – vlastní zátěžové vyšetření



Základní parametry:



3. krok – vlastní zátěžové vyšetření



Základní parametry:

VO_2 – spotřeba kyslíku (l/min)

$\text{VO}_{2\text{peak}}$ (l/min/kg)

VCO_2 – produkce CO_2 (l/min)

VE – minutová ventilace (l/min)

PetCO_2 – parciální tlak CO_2 na konci výdechu na úrovni úst

Dechová rezerva – $1 - (\text{VE}/\text{MVV})$ – zbývající část MVV na vrcholu zátěže

VE/VCO_2 slope

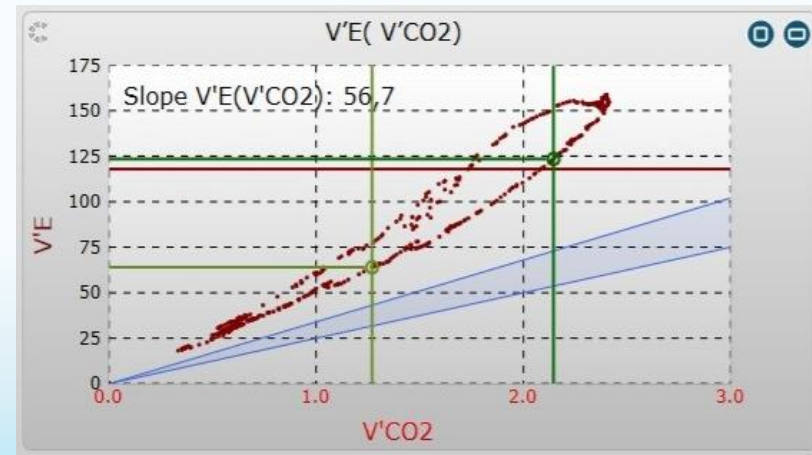
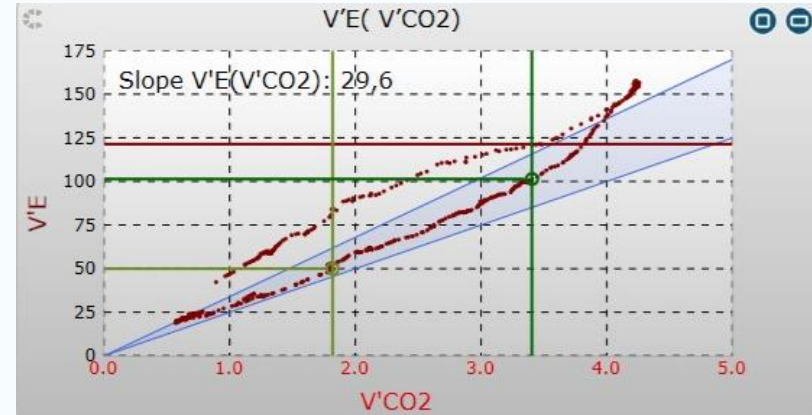
VO_2/HR

$V'E/V'CO_2$ slope

Marker efektivity ventilace
(poměr V/Q)

Ventilace nutná k eliminaci 1 l CO_2

Významné klinické situace:
- PH, SS, CHOPN, IPP



VO₂/HR (tepový kyslík):

Spotřeba O₂ na jeden srdeční tep

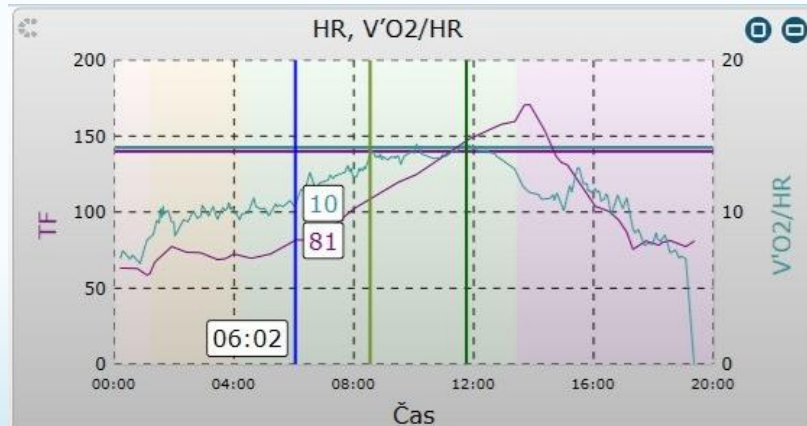
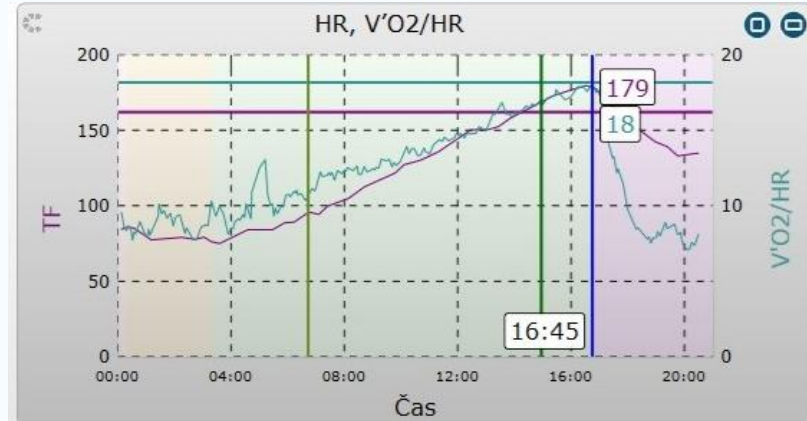
Přímo koreluje s velikostí SV

Hodnocení průběhu:

- vzestup
- časné plateau
- pokles)

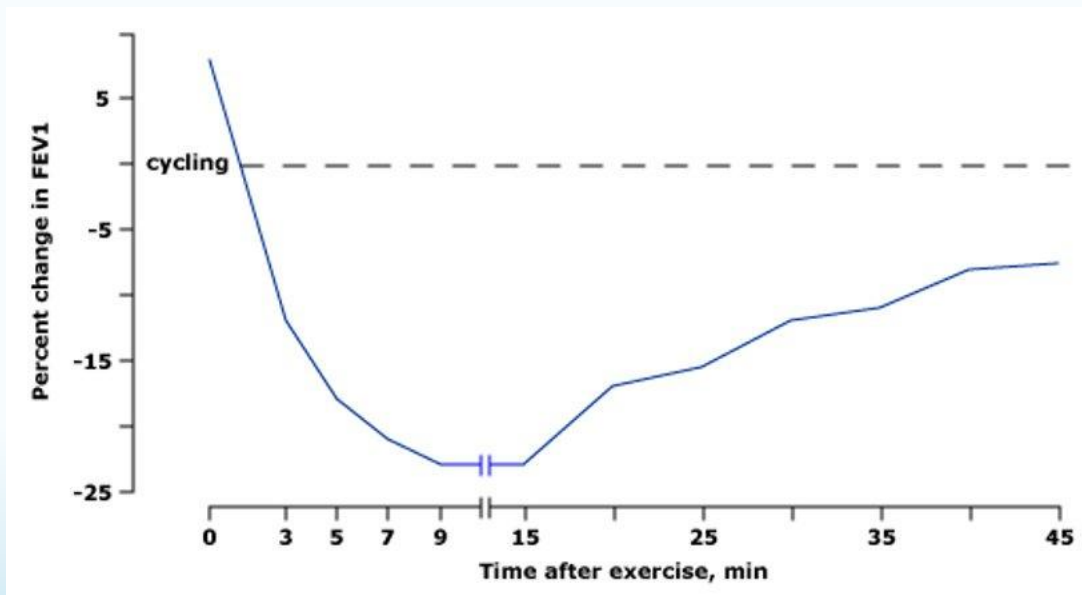
Významné klinické situace:

- PH, SS, ICHS



4. krok – pozátěžová spirometrie

- neprovádí se standardně
- detekce námahou indukované bronchokonstrikce (EIB)



5. krok – zhodnocení

Metabolické parametry
Kardiovaskulární systém
Respirační systém
Poměr ventilace a
perfuze
Hodnocení EKG
Hodnocení TK

CPET neříká, jakou má pacient diagnózu,

ale

který systém ho limituje při zátěži.

Kazuistika – muž 58 let:

OA: Akutní tepenný uzávěr a.iliaca ext. dx. v 47 letech

Jinak dosud vážněji nestonal

Abusus: 0

Alergie: 0

Pohybová anamnéza: aktivní sportovec – cyklistika 20.000 km ročně

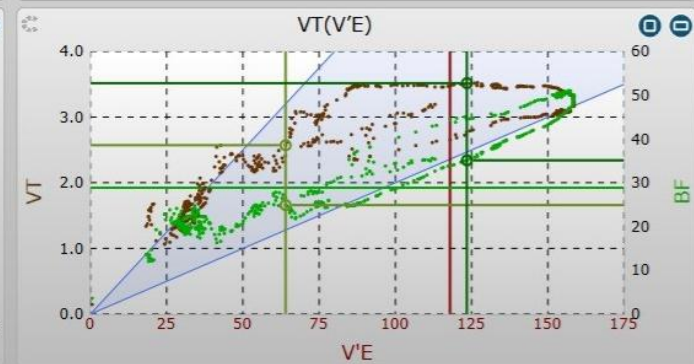
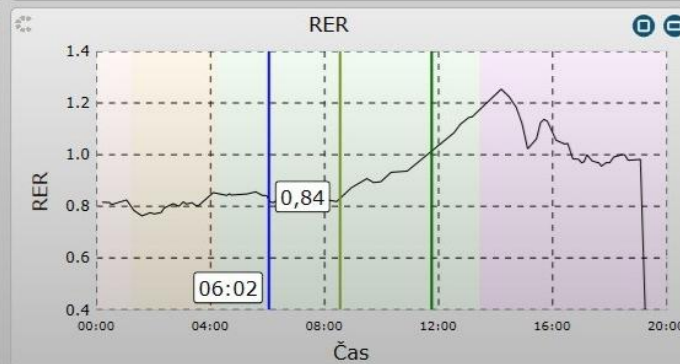
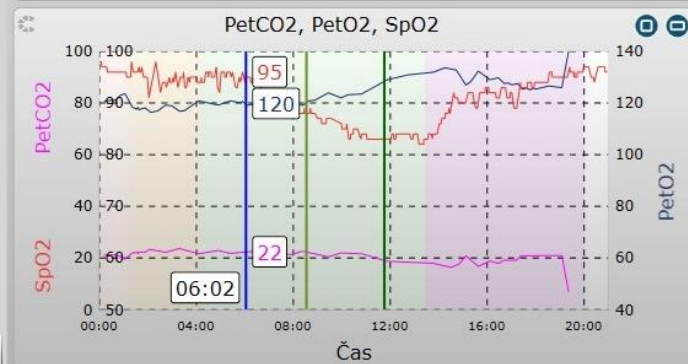
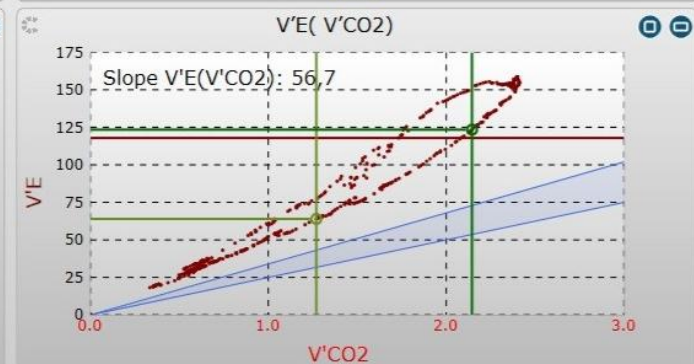
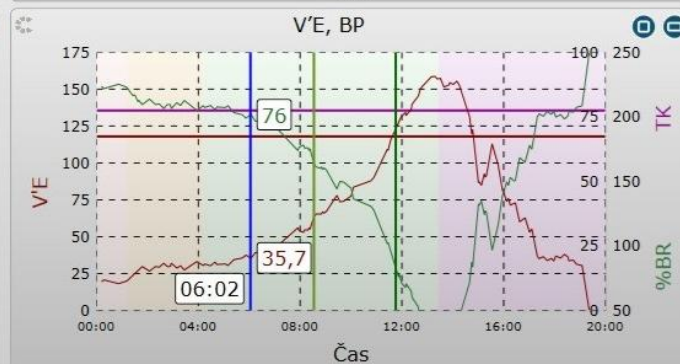
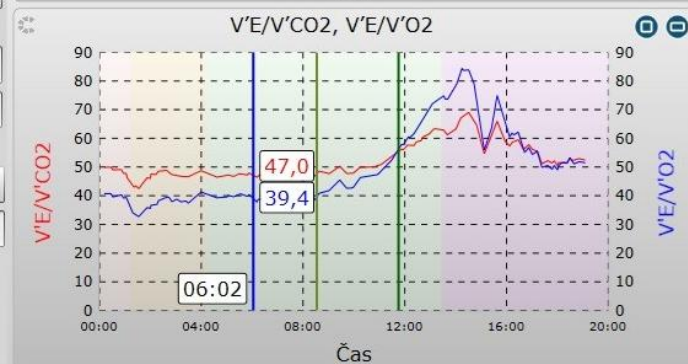
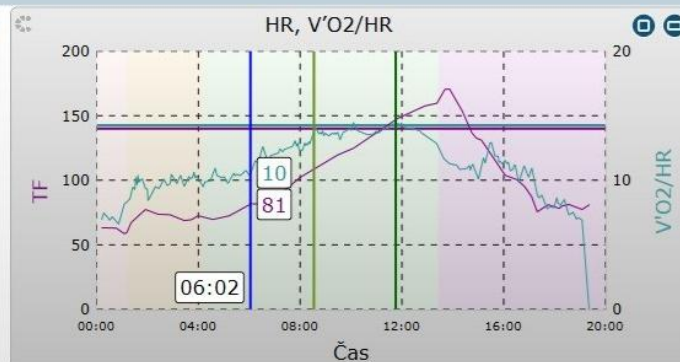
FA: 0

NO: 6 měsíců trvající horší tolerance zátěže po prodělaném covid-19.

Obj.: TK: 125/71 mm Hg, TF 67/min, SpO₂ 96 %, hmotnost 63 kg, výška 175 cm

Za CPET

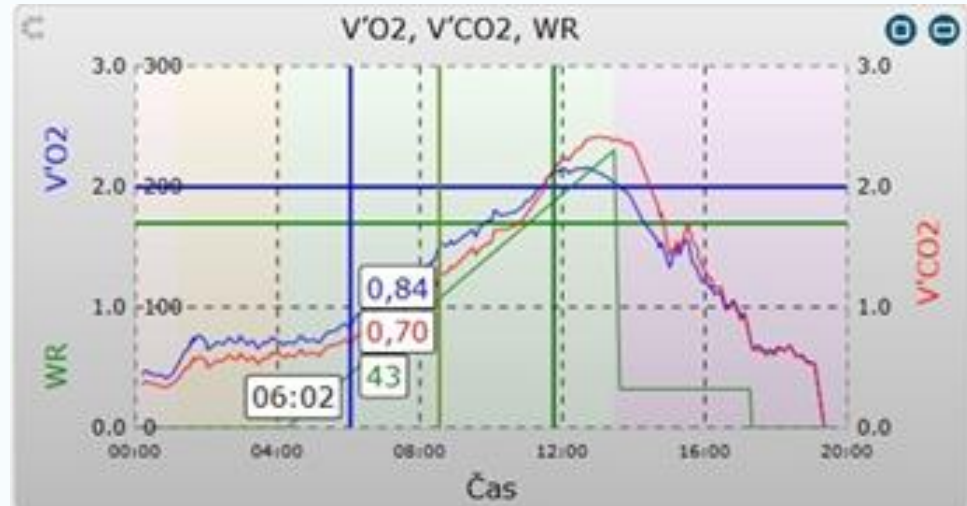
Patient:



Zhodnocení:

$\text{VO}_{2\text{peak}}$: 34,0 ml/min/kg (tj. 110 % predikované hodnoty)

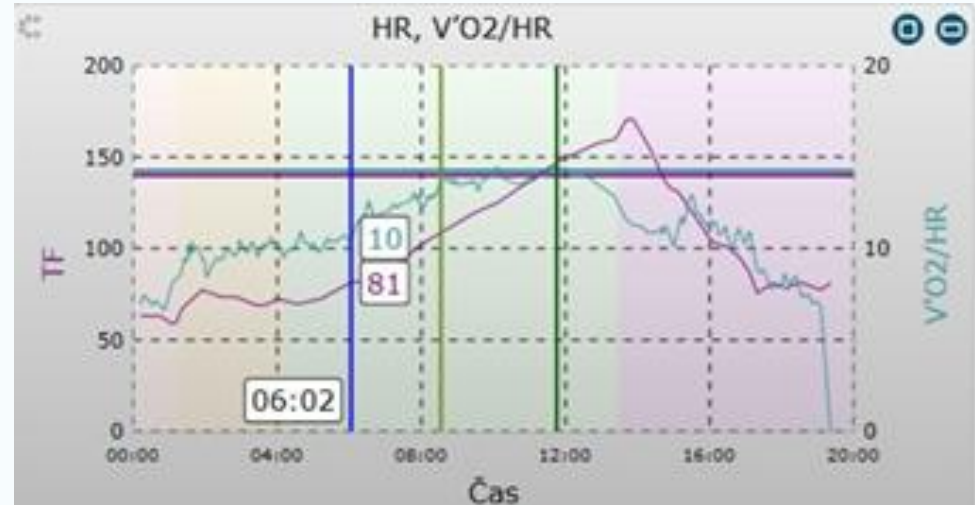
- ale výrazně snížena oproti předchozím hodnotám (43,4 ml/min/kg, tj. 140 % predikované hodnoty)



Zhodnocení:

Tepový kyslík: 14 ml/tep (tj. 97 % predikované hodnoty, pokles na vrcholu zátěže)

- neschopnost zvýšit adekvátně srdeční výdej



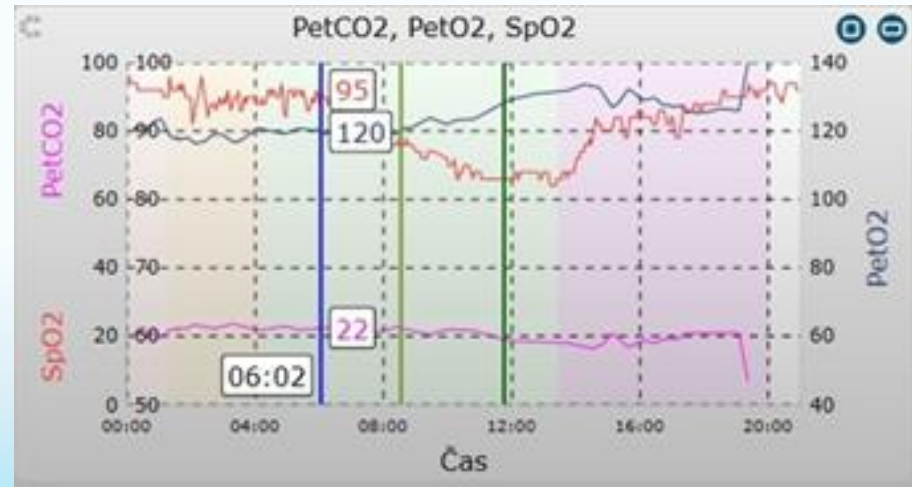
Zhodnocení:

$\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ slope: 56,7 –
zvýšený sklon



$PetCO_2$: nedostatečný
vzestup, chybějící pokles na
vrcholu zátěže

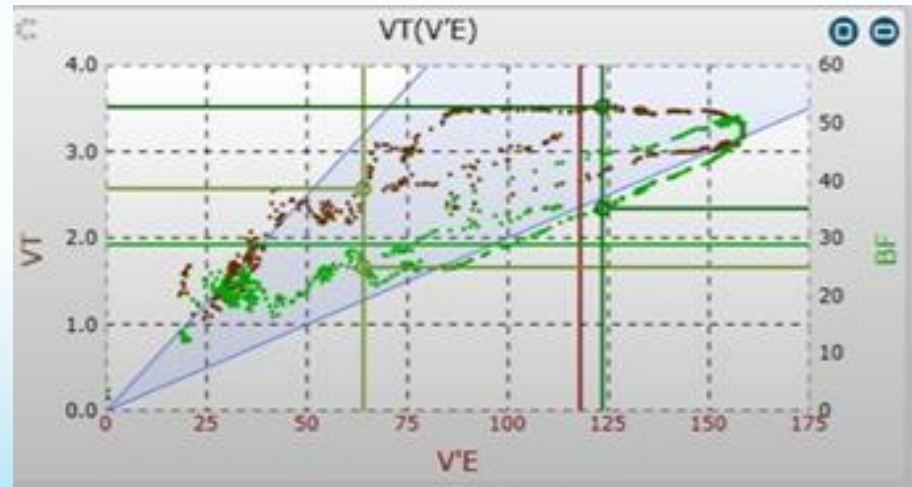
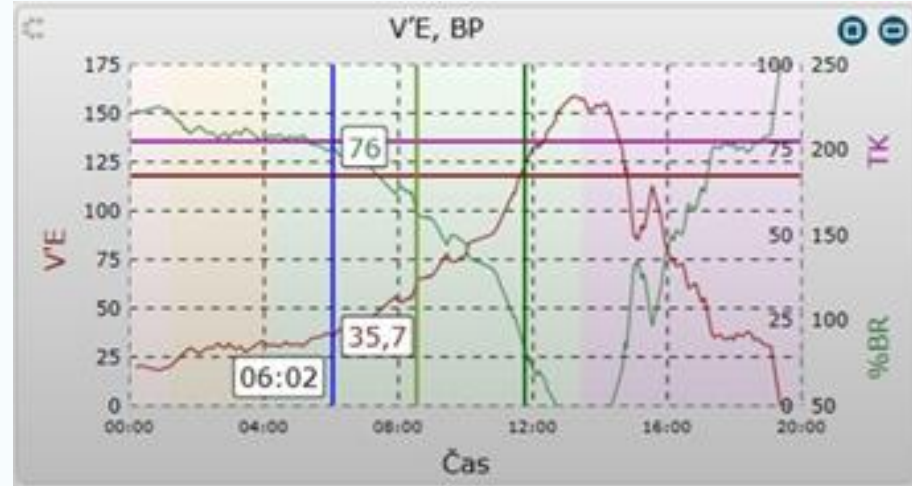
- významný nepoměr
ventilace a perfuze



Zhodnocení:

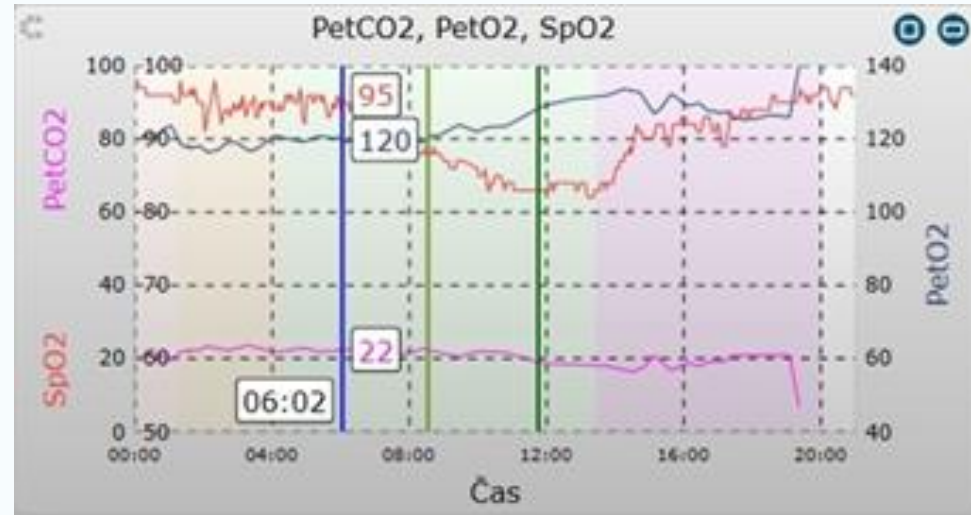
Dechová rezerva:
vyčerpaná, normální plicní
mechanika

- důsledek kompenzatorní
hyperventilace jako reakce
na zvýšený podíl mrtvého
prostoru



Zhodnocení:

Pokles SpO_2 v zátěži



Zhodnocení:

VO_{2peak}: 34,0 ml/min/kg (tj. 110 % predikované hodnoty)

- ale výrazně snižená oproti předchozím hodnotám (43,4 ml/min/kg, tj. 140 % predikované hodnoty)

Tepový kyslík: 14 ml/tep (tj. 97 % predikované hodnoty, pokles na vrcholu zátěže)

- neschopnost zvýšit adekvátně srdeční výdej

VE/VCO₂ slope: 56,7; **PetCO₂** : nedostatečný vzestup, chybějící pokles na vrcholu zátěže

- významný nepoměr ventilace a perfuze

Dechová rezerva: vyčerpaná, normální plicní mechanika

- důsledek kompenzatorní hyperventilace jako reakce na zvýšený podíl mrtvého prostoru

Pokles SpO₂ v zátěži

Bez: Vysoce pravděpodobná přítomnost plicní hypertenze (> plicní

Kazuistika – muž 58 let:

VP sken:

Mnohočetné perfuzní defekty bez ventilačního korelátu v obou plicích - nález odpovídá plicní embolizaci. Ke stáří změn se nelze vyjádřit.

Diagnóza: Sukcesivní plicní embolie po prodělaném onemocnění covid-19

Závěr:

Přínos:

- ☐ Komplexní hodnocení odpovědi jednotlivých systémů na zátěž

Indikace:

- ☐ Normální nebo nejasné výsledky klidových vyšetření
- ☐ Diskrepance mezi subjektivními obtížemi a výsledky klidových vyšetření

Limity:

- ☐ Průkaz limitace na úrovni jednotlivých systémů, nikoli konkrétní diagnózy
- ☐ I normální/supranormální $\text{VO}_{2\text{peak}}$ nevylučuje patologii (trend) – komplexní hodnocení

Děkuji za pozornost!



Dotazy, náměty, připomínky: josef.kalab@vfn.cz