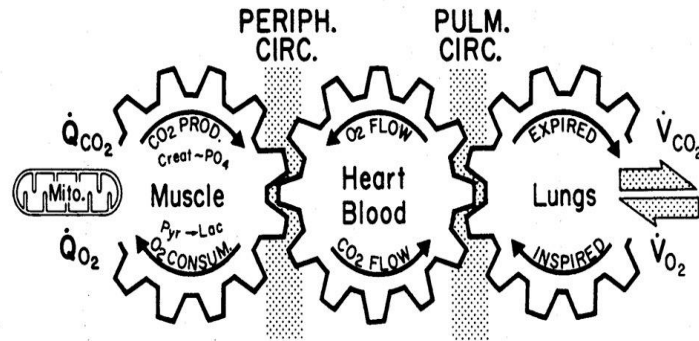




ERGOSPIROMETRI



Helena Wallin, specialistläkare, PhD, Klinisk fysiologi Karolinska

helena.wallin@ki.se

**Ergospirometri = CPET = arbetsprov
med andningsgasanalys = VO2max-test**

Varför ergospiometri?

Kan ge ett *objektivt* svar på om nedsatt fysisk arbetsförmåga föreligger samt om patienten är *maxbelastad*

Kan ge vägledning på om hjärtat eller lungan begränsar arbete (kan utföras med blodgaser vid behov)

Ger tilläggsinformation om *ventilationen* - viktigt prognostisk information

Syreupptag viktigt värde i olika algoritmer t.ex. inför beslut om hjärttransplantation och lungresektion

Golden standard-metod för aerob/fysisk arbetsförmåga – mer robust än W

Vanliga indikationer ergospiometri

Riskstratifiering och prognostik hos hjärtsviktspatienter

Preoperativ riskbedömning, ff a inför lungresektion

Begränsande organsystem – lungbegränsning?

Utredning av oklar dyspné

Bedöma om patienten anstränger sig maximalt

Uppföljning av lungsjukdomar, t ex cystisk fibros

+ Kluriga fall!

Varför ergospiometri?

Ex på tilläggsinformation utöver maximalt syreupptag:

- a) *Ventilatorisk effektivitet* - förhållandet mellan ventilation (VE l/min) och utandad koldioxid (VCO_2) = VE/VCO_2 . Ger bl a information om ventilation/perfusionsförhållanden i lungan. Prognostiskt viktigt mått vid flera sjukdomar.
- b) *Ventilatorisk tröskel* - ger viss information om vid vilken belastning en individ blir andfådd i dagliga livet. Klinisk relevant för att förstå symtombild samt prognostiskt mått.
- c) *Andningsreserv* – hur mycket en individ ventilerar vid maximalt arbete i jämförelse med individens beräknad maximala ventilation - ger en uppfattning om lungan är begränsande.

American Thoracic Society/ American College of Chest Physicians

ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing

THIS JOINT STATEMENT OF THE AMERICAN THORACIC SOCIETY (ATS) AND THE AMERICAN COLLEGE OF CHEST PHYSICIANS (ACCP) WAS ADOPTED BY THE ATS BOARD OF DIRECTORS, MARCH 1, 2002 AND BY THE ACCP HEALTH SCIENCE POLICY COMMITTEE, NOVEMBER 1, 2001



Ergospirometri - vad och hur mäter vi?

- V_E (L/min): minutventilation, andningsfrekvens x tidalvolym
- VO_2 (L/min): syreupptaget: hur mycket O_2 förbrukas i musklerna?
- VCO_2 (L/min): koldioxidproduktionen: hur mycket CO_2 produceras?
- Automatiserade mätsystem. Breath - by breath vanligast.
- O_2 och CO_2 -sensorer, flödesmätare mäter ventilation.

Ergospirometri - Vad är det vi mäter?

Syreupptag(VO_2) = produkten av ventilationen(V_E) och den mängd syre som musklerna förbrukat under ett givet tidsintervall:

$$VO_2 \text{ (L/min)} = V_E (FiO_2 - FeO_2)$$

FiO_2 = inandad mängd O_2 & FeO_2 = utandad mängd O_2



Breath-by-breath vs mixing chamber

- Mätning vid munnen
- F_{EO2} och F_{ECO2} fås via kontinuerliga mätningar av flödet och gaskoncentrationer
- Även skillnader i mätning av F_{IO2} och F_{ICO2}
- Lägre precision i $VO2/VCO2$
- Mer brus
- Gasfraktioner från flera andetag samlas upp i mixing chamber.
- F_{EO2} och F_{ECO2} (medelvärden) mäts direkt från MC
- Extra utrustning krävs för endtidala tryck
- Mindre "noise"
- Sämre tidsupplösning
- Anses bättre vid höga volymer

Minutventilation och utandade volymen mäts på samma sätt



Protokoll och modalitet

- Cykel vs gångmatta: Varierande individuell verkningsgrad gångmatta. VO_2 peak, AT, HR, VE och CO: lite högre på treadmill
- Rampprotokoll används främst inom kliniken – speglar fysiologisk anpassning
- Stegvisa eller steady-state-protokoll

Före test

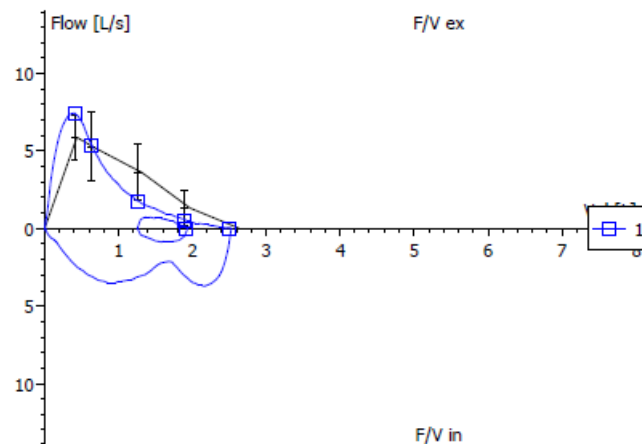
- Kalibrering: Gaskalibrering och flödeskalibrering
- Väg och kontrollera/värdera aktuellt Hb
- Prova maskstorlek, läckage?
- Bestämma **belastningsprotokoll** så att rampcyklingen varar **ca 10 min.**
- Dynamisk spirometri (fullständig spirometri behövs dock för att tolka resultat optimalt)
- Kvalitetskontroll – stabila värden i vila som är rimliga?
 - VO_2 rimlig?
 - RER? (0,7-0,9 ca)
 - Hyperventilering i vila? RER, PETCO_2
 - Om instabila värden p g a psykogen hyperventilation el ojämn andning, låt patienten värma upp och värdena stabiliseras ofta

Spirometri före arbete

Spirometry data

		Pred	Pre	%Pred
FVC	[L]	2.62	2.48	95
FEV 1	[L]	2.21	1.90	86
FEV 1 % VC MAX	[%]	77.89	75.34	97
MMEF 75/25	[L/s]	2.90	1.32	45
PEF	[L/s]	5.87	7.42	126
FIV1	[L]		2.45	
PIF	[L/s]		3.72	
IC	[L]	1.91	2.04	107
VC IN	[L]	2.71	2.52	93
VC EX	[L]	2.71	2.31	85

Flow/Volume Loop



Ex-protokoll

Dynamisk spirometri

Andningsgasmätningar:

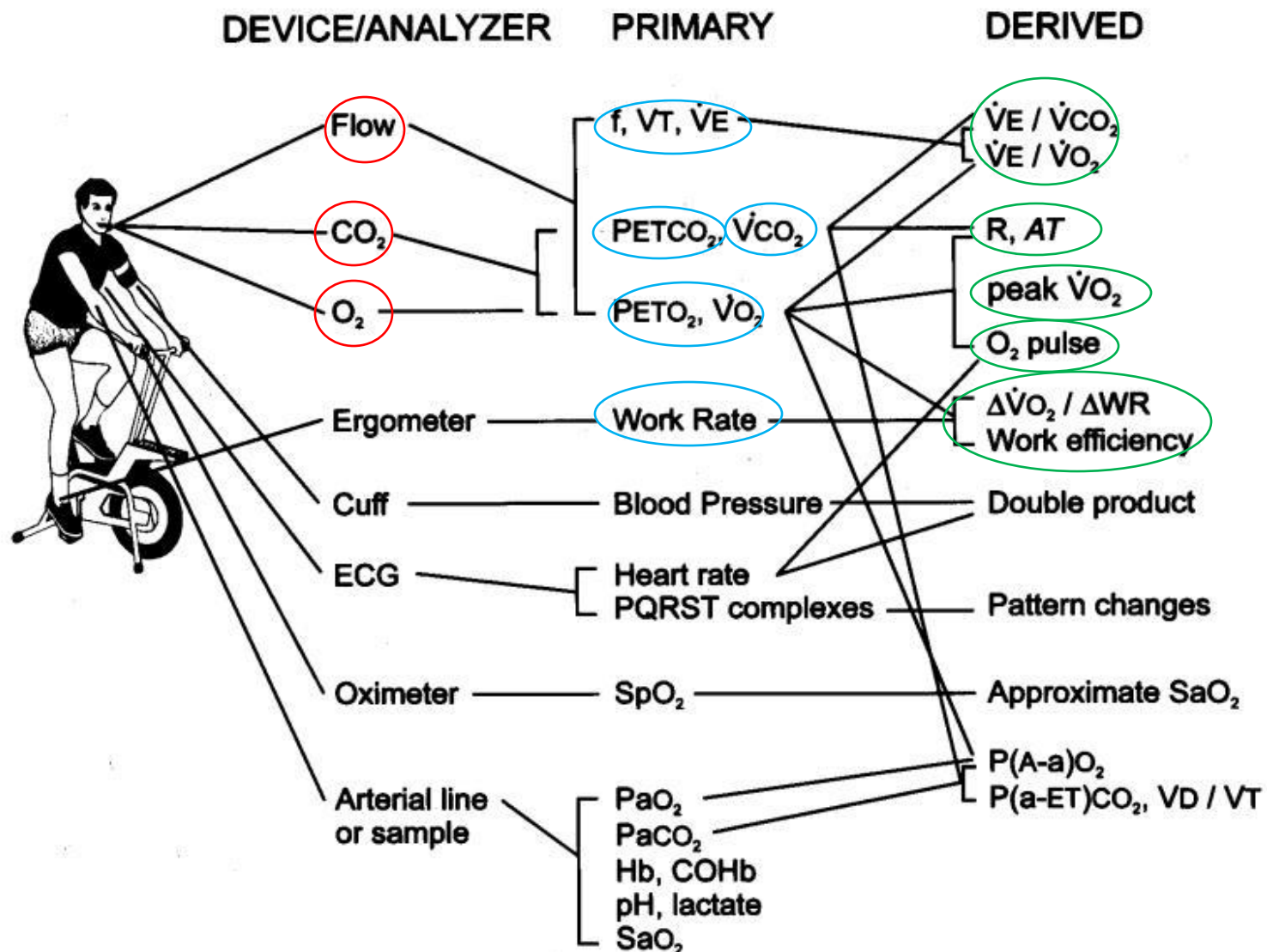
2-3 min vilovärden

3 min uppvärmning

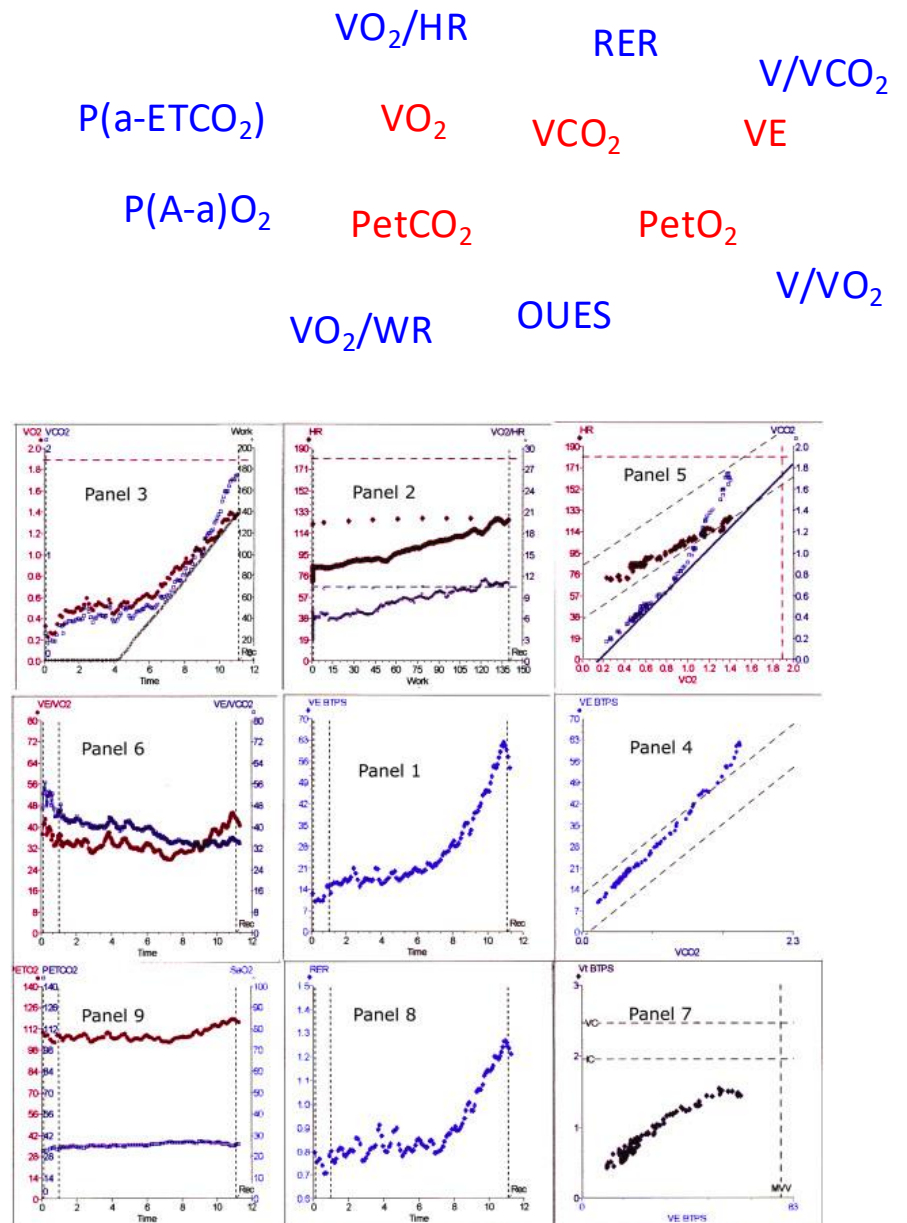
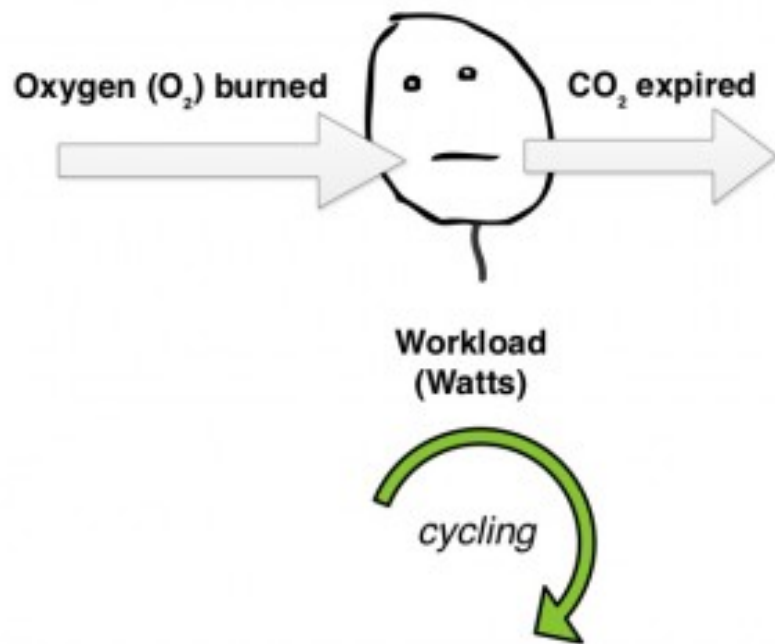
Ca 10 min rampcykling

2-3 minuters mätvärden

**Vilka variabler får vi ut
från ergospirometri?**



Resultat



Parametrar att utvärdera

1. Tillförlitliga data?
2. Var provet maximalt?
3. Ventilation/andningsmönster?
4. $\text{VO}_2\text{peak}/\text{VO}_2\text{max}$ och W
5. VE/VCO_2 -slopen och ventilatoriska ekvivalenter
6. Endtidala tryck (främst PETCO_2)
7. Andningsreserv
8. Ventilatoriska trösklar
9. Syrepuls
10. Information från arbetsprov inklusive saturation
11. Gasutbyte/blodgaser

Maximalt prov?

Var provet cirkulatoriskt maximalt?

- **RER>1,05?** ($RER = VCO_2/VO_2$)
- VO_2 -platå - sällan hos patienter
- Borgskattning nära max
- Hjärtfrekvens nära predicerat max – ej bra för patienter
- Uppnåddes RCP/VT2?
- VE/VO_2 vid max >30? (för friska)

Blodlaktat >7-8 mM

Begränsades provet av ventilationen?

Submaximalt prov?

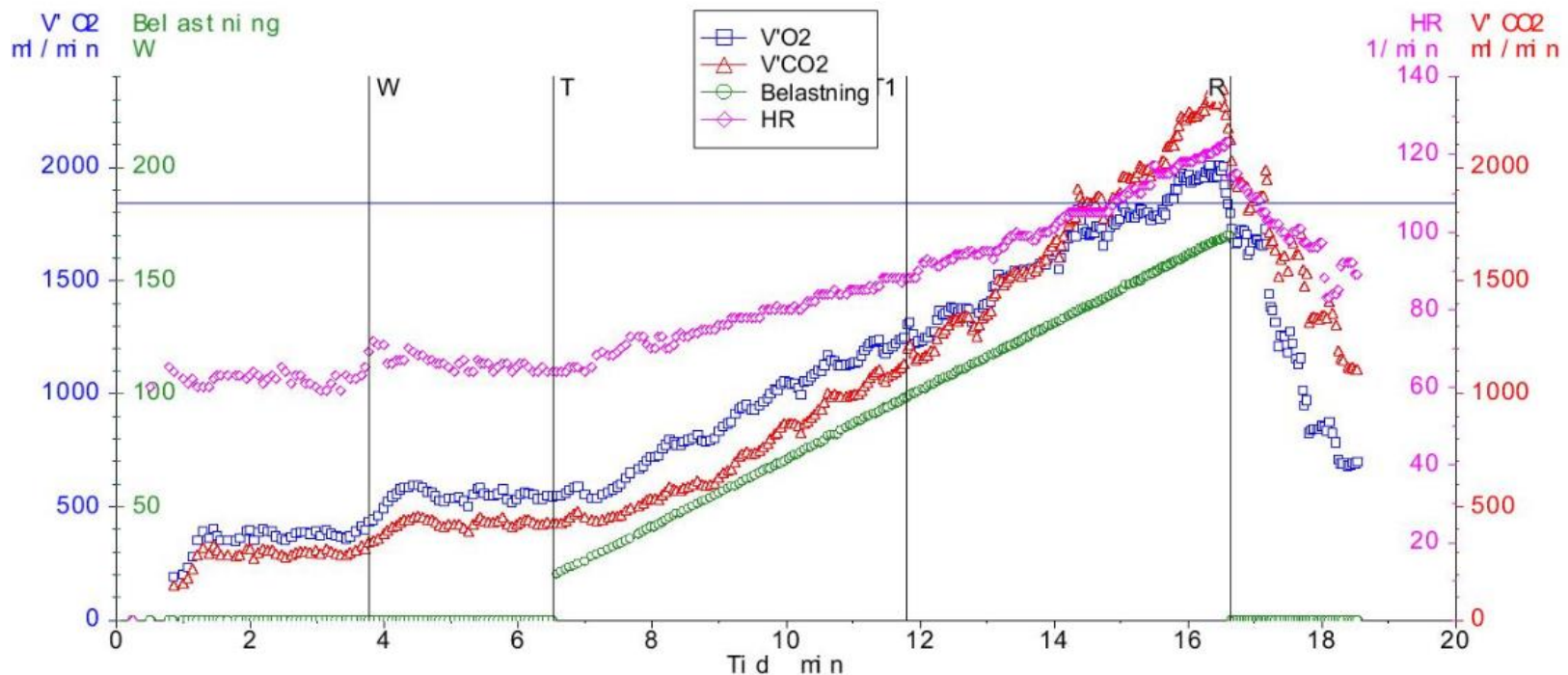
- Nedsatt motivation
- Begränsning av andra symtom (ex knäsmärta)

VO₂ max och W

Patienter slutat ofta innan platå i VO₂ - kallas då "VO₂ peak"

Maxvärde sätts ut i ett intervall (t ex 20s). Vid oscillatorisk andning bör man ta ett längre medelvärde.

Normaliserat till kroppsvikt (ml/kg/min)

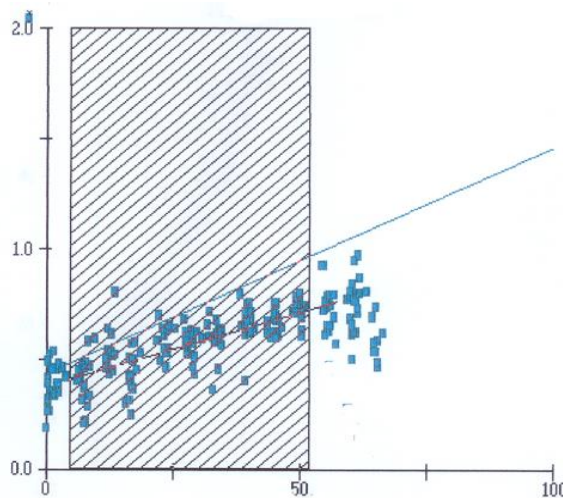


Relationen VO_2 max och W

VO_2 ökar linjärt med arbetsbelastning

$\Delta\text{VO}_2/\Delta W = 8,5\text{-}11 \text{ ml/kg/min}$ normalt

- Lite högre hos överviktiga
- Lägre vid låg aerob förmåga (ex hjärtsvikt)
- Planar av på slutet normalt – tidig avplaning patologisk



Ex hjärtsvikt – flack slope

Hur vet vi att testet är maximalt?

RER – respiratory exchange ratio

$$\text{RER} = \text{VO}_2 / \text{VCO}_2,$$

Vi mäter VO_2 och VCO_2 , kvoten ska minst överstiga 1,05

Varför?

$\text{RQ} \approx \text{RER}$ ca 0,7-0,8 i vila

Ren fettmetabolism ger $\text{RER} \approx 0,7$

Kolhydratmetabolism ger $\text{RER} \approx 1,0$

Hyperventilation ger höga värden

Vid intensivare arbete ökar förbränningen av glukos (anaerobt) → ökad laktat produktion → **ökad CO_2 i blodet. RER ökar till 1.0 eller mer**

.

Ventilatorisk tröskel (AT)

Nivån där den anaeroba metabolismen börjar öka kraftigare

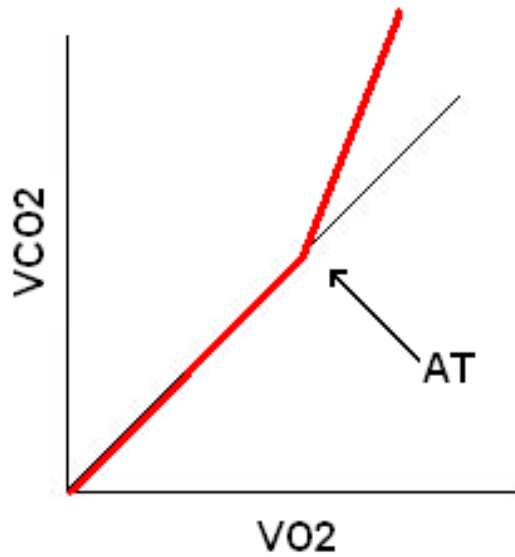
Jämför laktattröskel

Används som markör vid prognostik och riskstratifiering

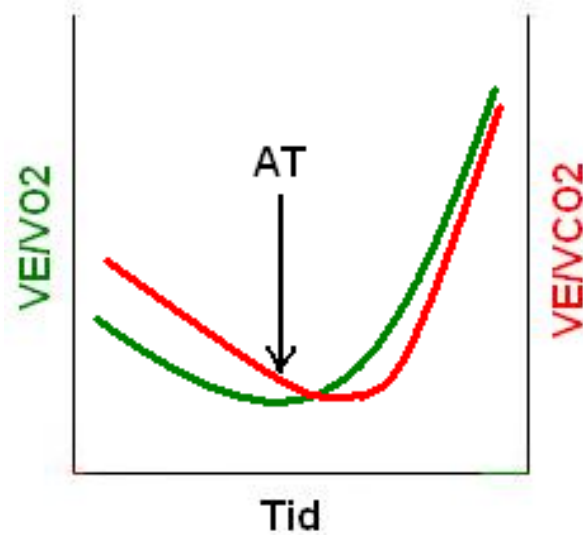
Lågt VT icke-specifikt och prognostiskt ogynnsamt

Går ej att finna vid ojämna mätvärden

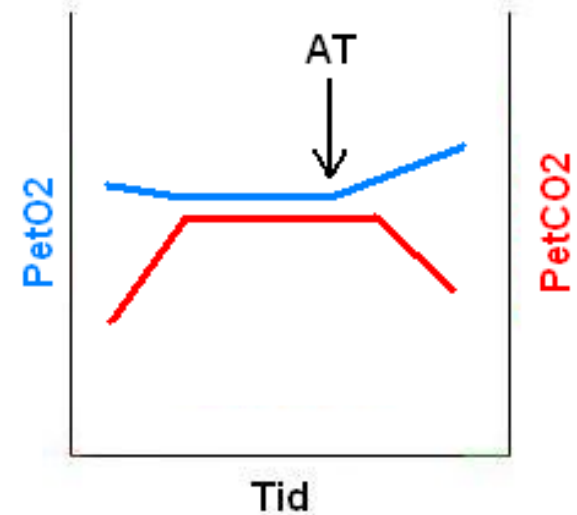
Hur fastställs ventilatorisk tröskel?



"V-slope"



När VE/V_{CO_2} börjar öka



Respiratory compensation point – RCP/VT2

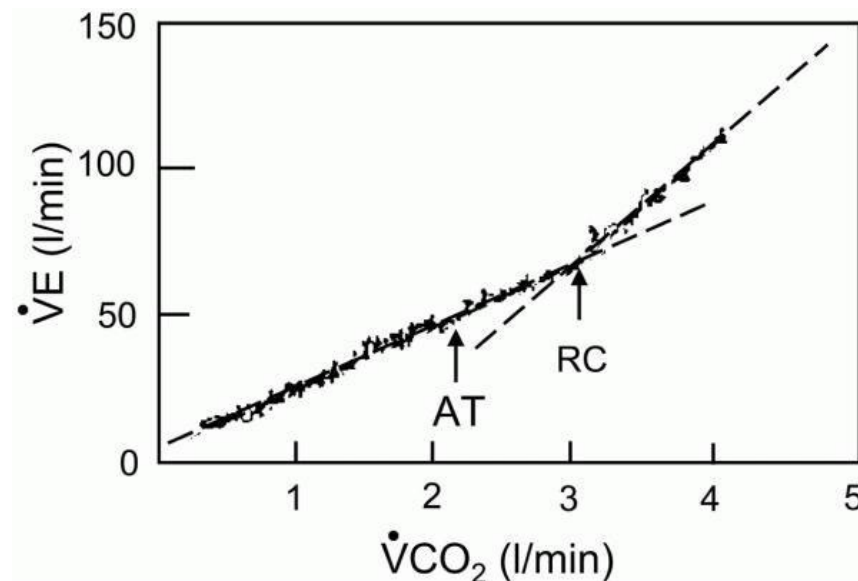
Den "andra ventilatoriska tröskeln" - ej att förväxla med AT/VT1

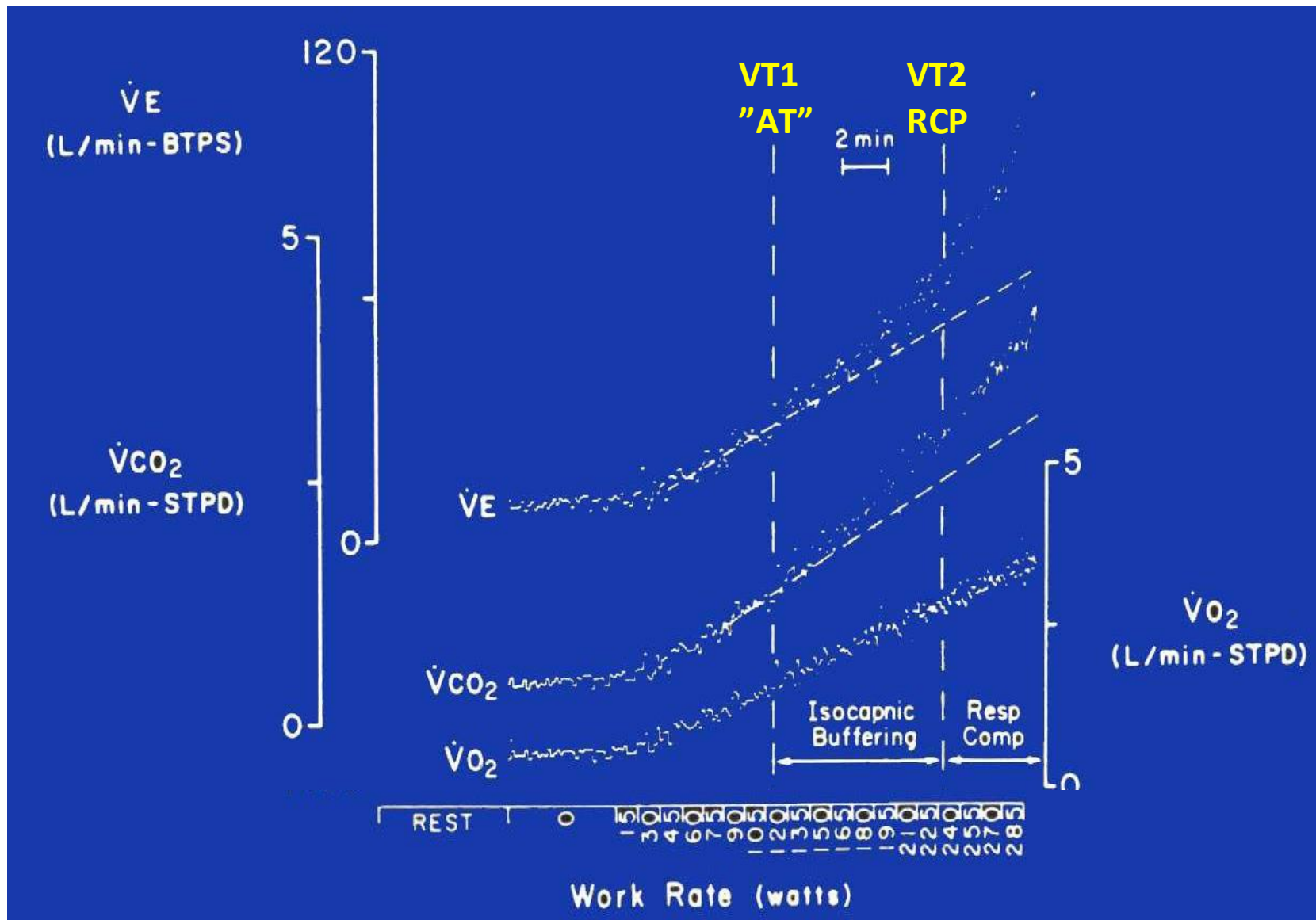
Kan i viss litteratur kallas för anaerob tröskel

Slutet av buffringsfasen – vi blir sura

Går ej alltid att identifiera hos sjuka

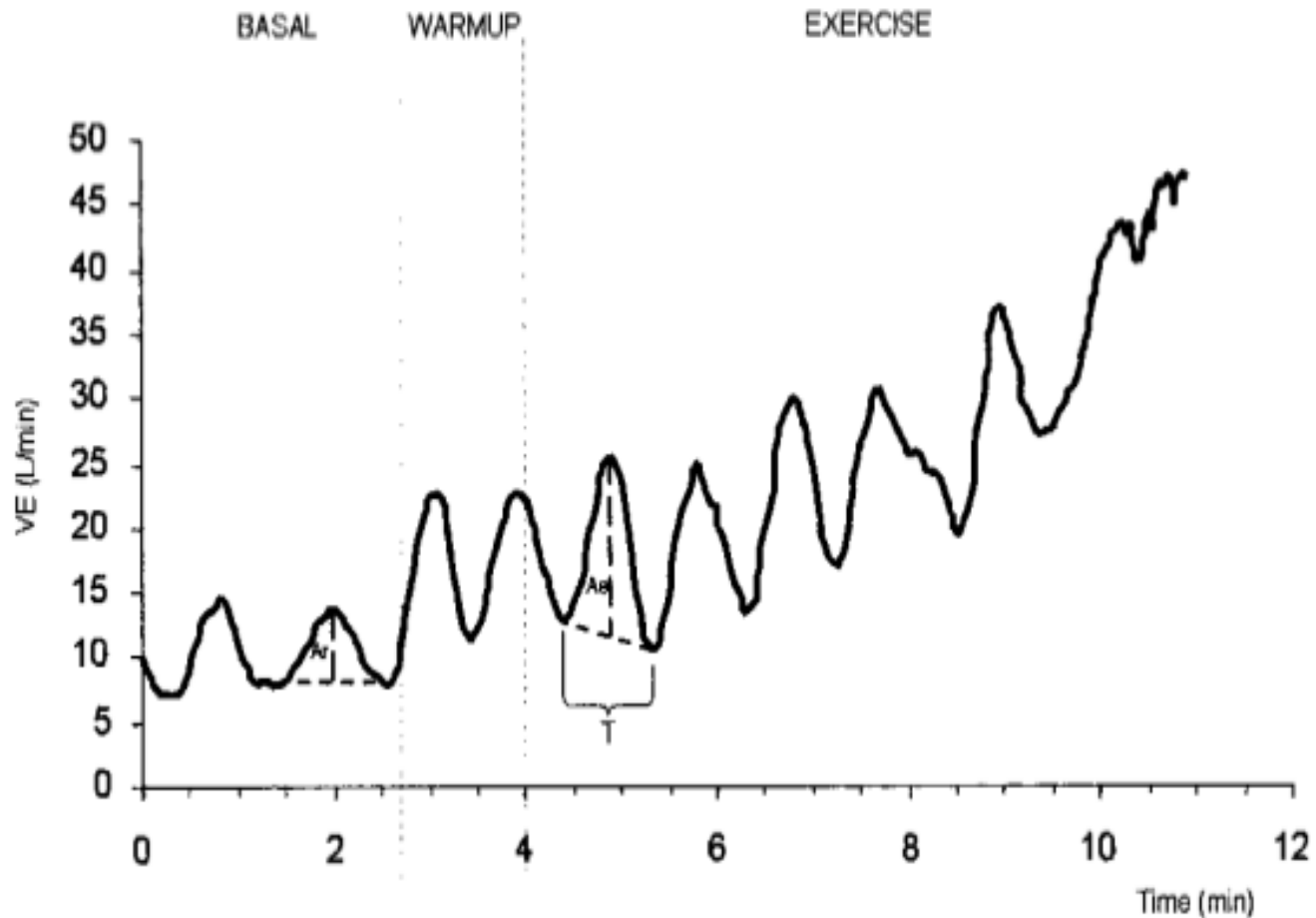
Alla kommer ej dit (slutar innan)





Andningsmönster

Oscillatorisk andning



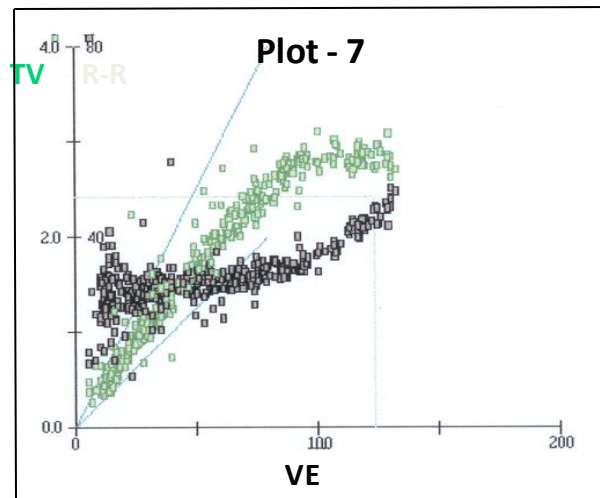
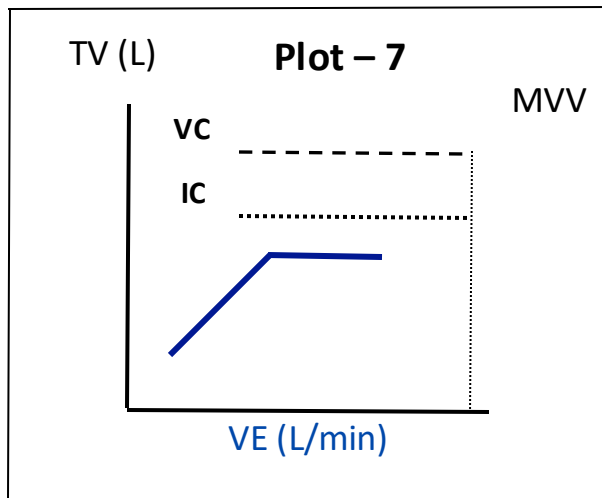
Minutventilationen (tidalvolym x andningsfrekvens)

TV ökar främst vid lägre belastning och når platå vid 50-60% av vitalkapaciteten.

TV/IC kan närma sig 1 vid restriktiv lungsjukdom. Uttalad obstruktivitet - TV kan minska p g a "air trapping" vid högre belastning

RR ökar mer vid högre belastning

"Normalt" ca 40/min . Ökad maximal RR med ökad träningsgrad (ca 60/min hos vältränade). Låg vid KOL.



Ex Vila - arb
6 L – 100 L

$$\text{Andningsreserven} = \text{MVV} - \text{VE}_{\text{max}}$$

Andningsreserv i %: $\text{MVV} - \text{VE}_{\text{max}} / \text{MVV} \times 100$

FEV1 x 40 uppskattar MVV (maximal voluntär ventilation)

MVV dock ej alltid bra prediktor för maximal ventilation under arbete

Låg vid lungbegränsning och hos uthållighetsidrottare: <15% el <11 L

Hög vid kardiell begränsning

Hur stor är den ventilatoriska reserven vid maximalt arbete?

Ventilatoriska ekvivalenter

VE/VCO_2

Sjunker vid submax arbete före AT: 24-34

Lägsta värde vid RCP

<30-35 (ökar med ökad ålder) normalt vid AT

Extremt låga värden kan tala för nedsatt andningsdrive

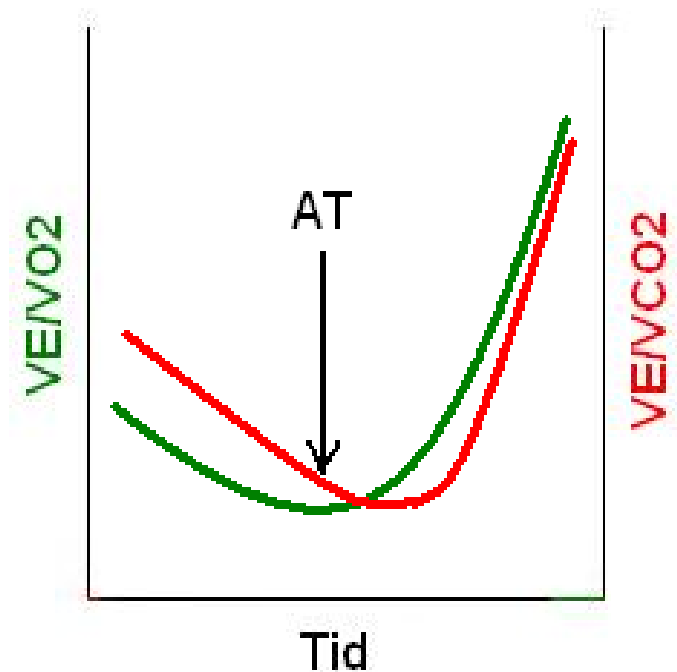
VE/VO_2

Lägsta värde vid AT (stiger därefter)

Ngt lägre normalvärden: 22-32

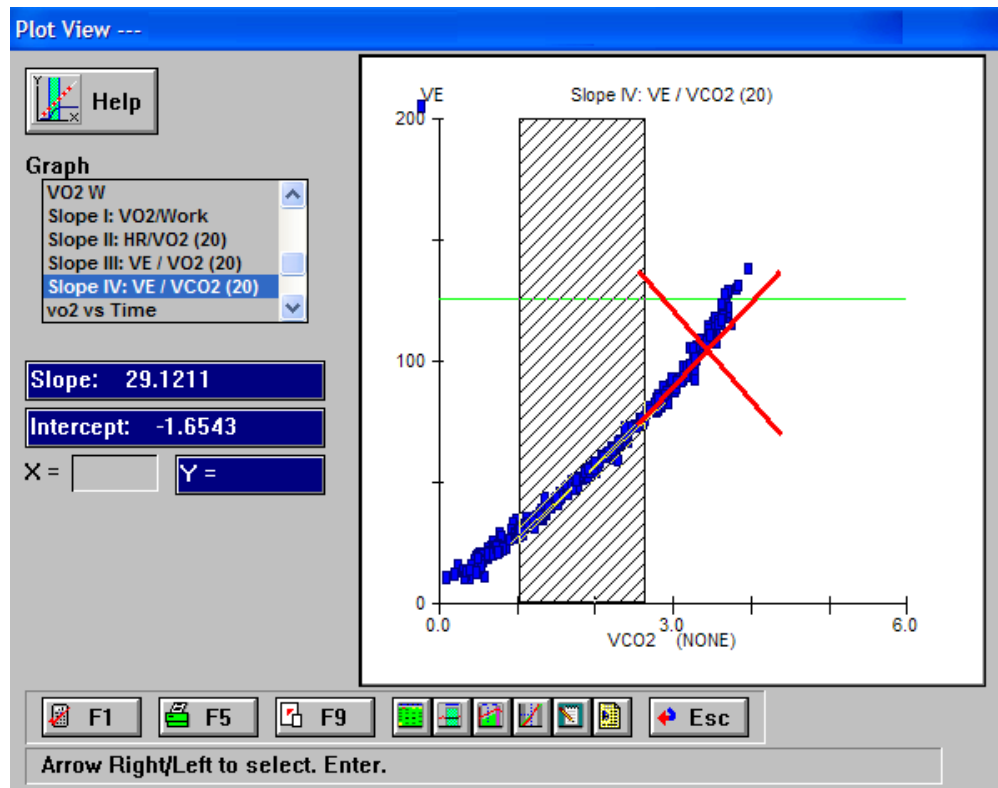
Liknande betydelse som för VE/VCO_2

Används ibland som mått på maxprestation hos friska (>30)



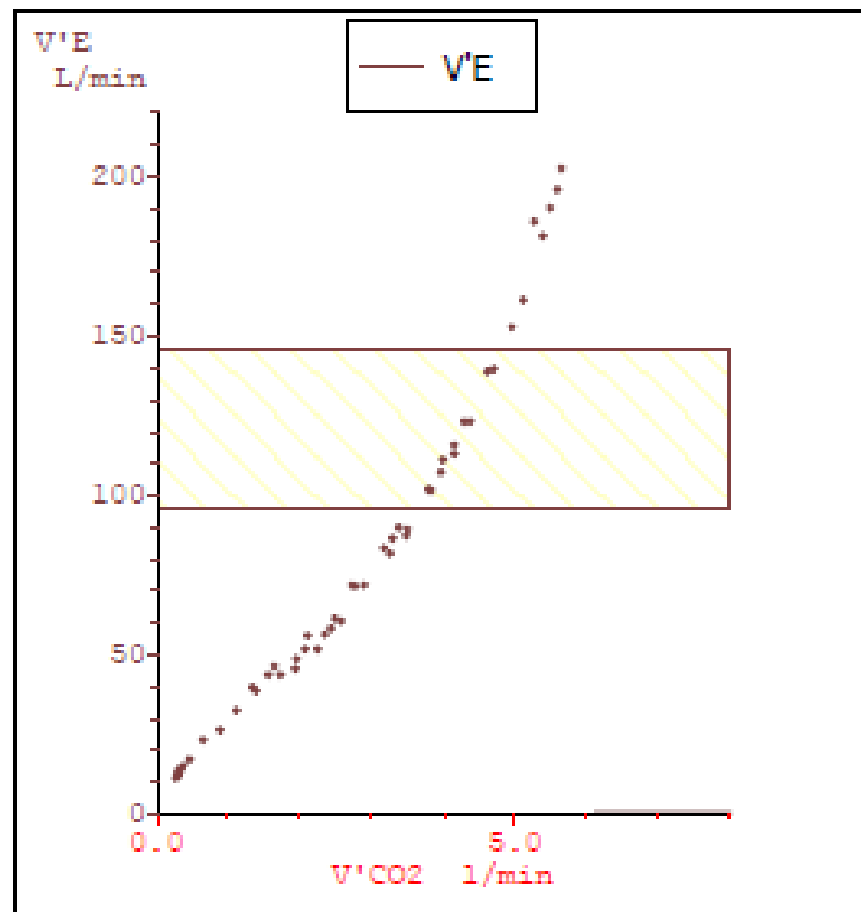
VE/VCO₂-slope

Minutventilationen i förhållande till koldioxideliminationen.
Kan tas ut även vid ojämn andning och vid submaximalt arbete.

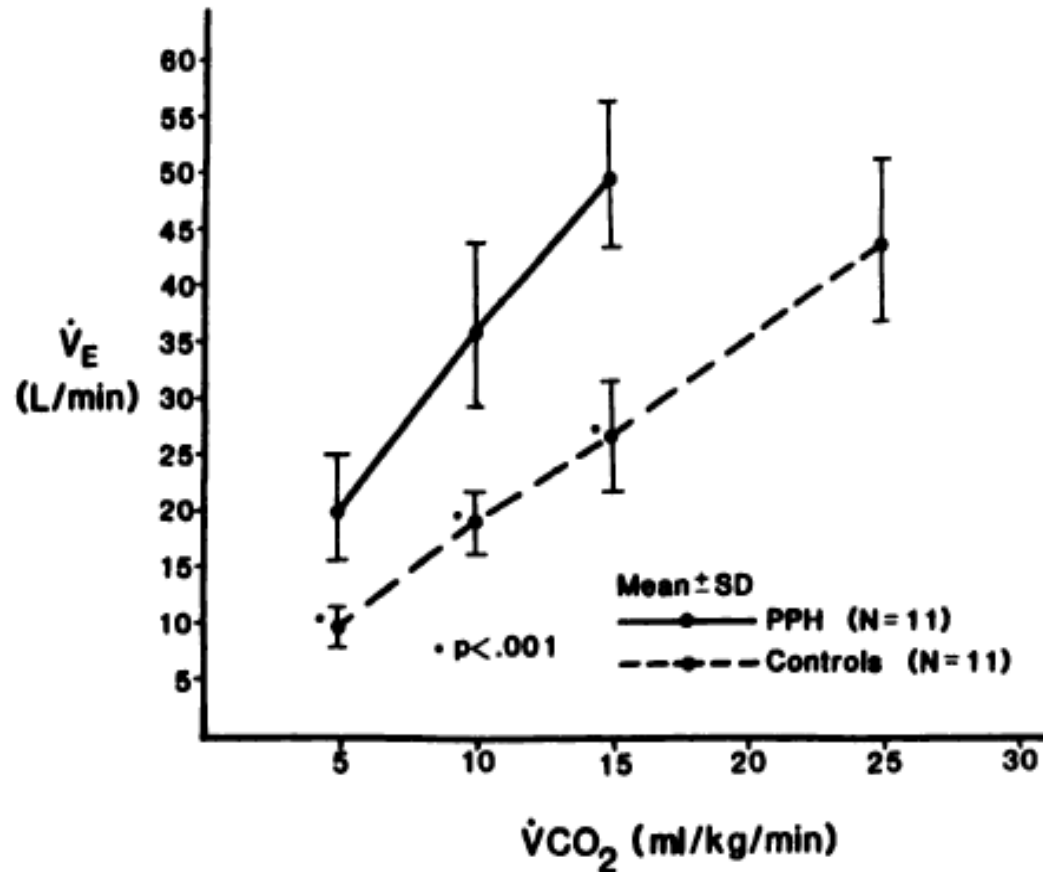


I slutet av arbetet ökar andningen ej längre linjärt med VCO₂ (RCP). Vi mäter i den linjära delen.

$$\dot{V}E/\dot{V}CO_2$$



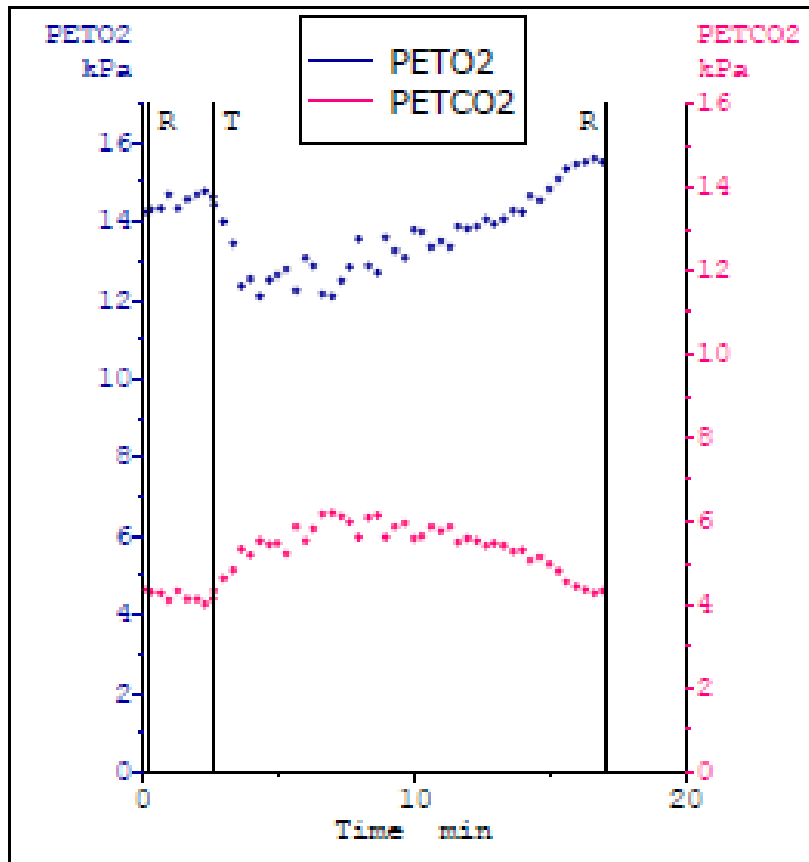
Ökar ofta vid sjukdom – prognostiskt viktigt



Tumregel normalt: <34 hos frisk individ, lägre hos yngre, påverkas av ålder och kön.

PETCO₂ och PETO₂

Representerar alveolärt CO₂. Mäts i mmHg eller kPa.



PETCO₂

Stiger under arbete p g a ökad koldioxidproduktion.

Bibehålls/lätt sjunkande vid AT.

Minskar efter RCP då andningen ökar mer.

Låga värden generellt patologiskt och speglar allvarlighetsgrad i hjärt- och lungsjukdom.

Vi tittar på mönster.

PETO₂

Ökar från AT – vi ventilerar mer syre till alveolerna i förhållande till syreupptaget.

9 PANEL PLOTS

Introduktion

- Varför 9 panel plot?

Identifiera patofysiologi under arbete, snabb överblick

- X-axeln: VO_2 eller tid (ibland W)

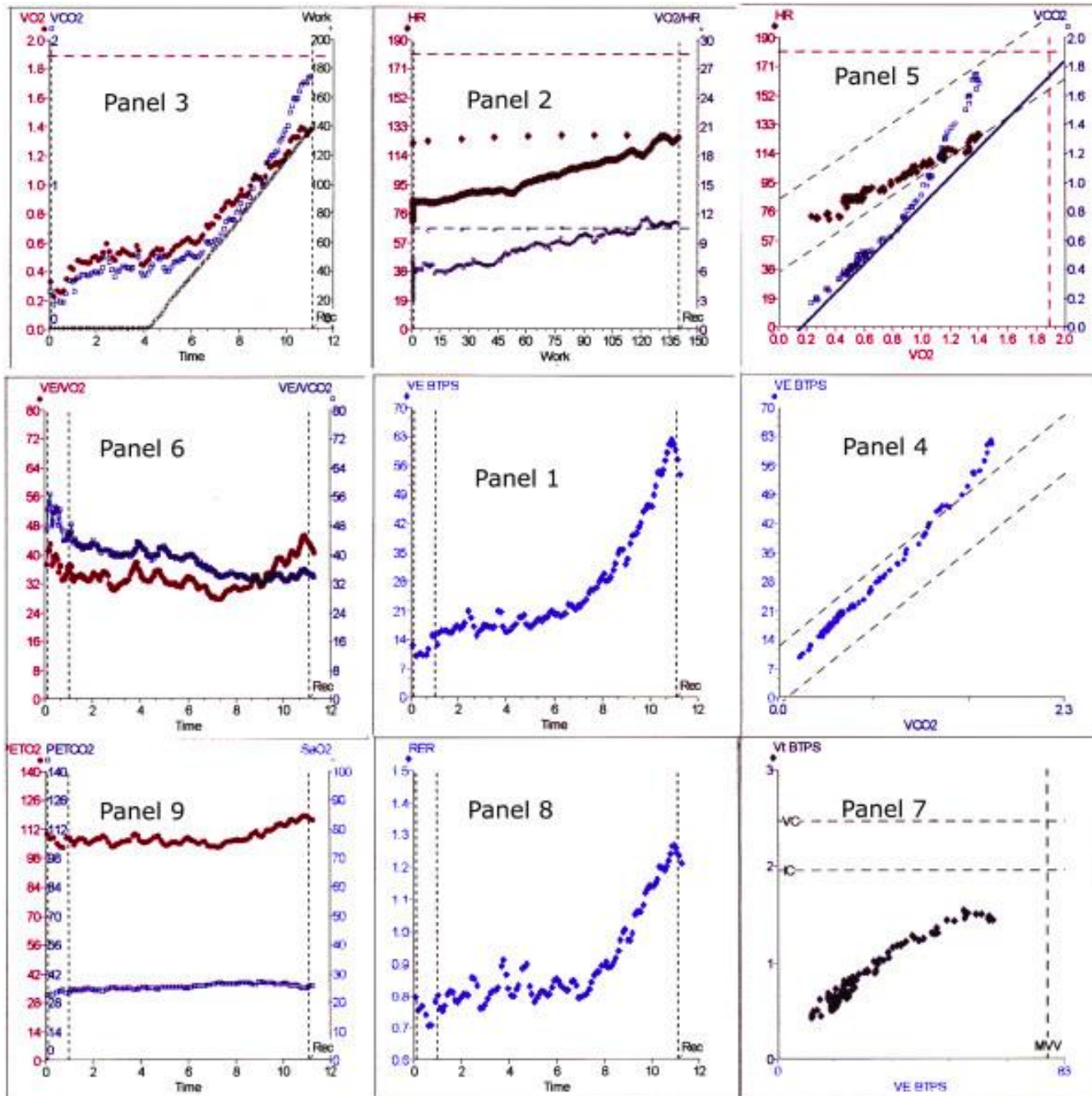
- Grafer kan modifieras efter egna önskemål

- Medelvärde 10-20 s

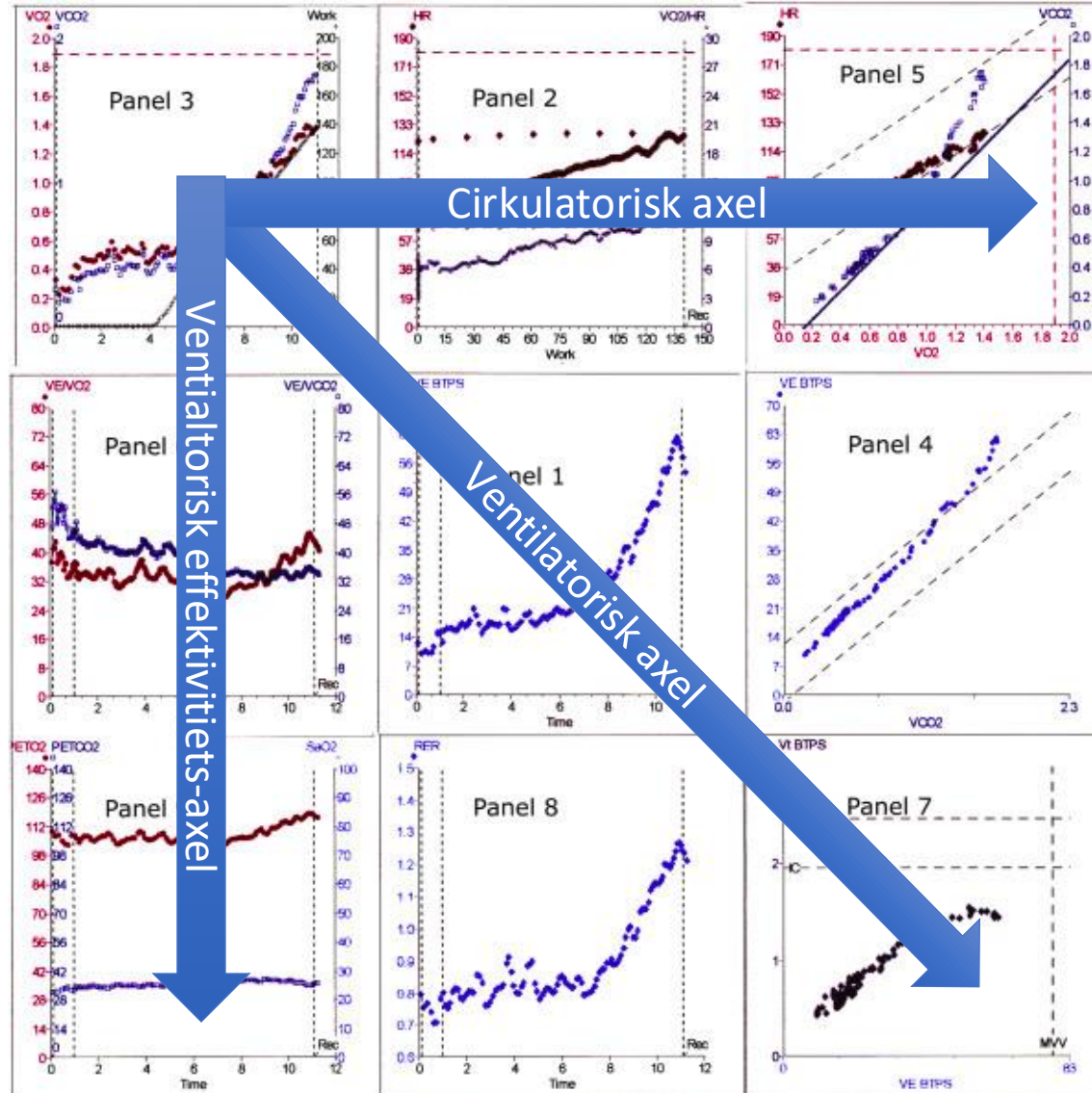
Graferna påverkas av layout

- Normalintervall bör läggas in

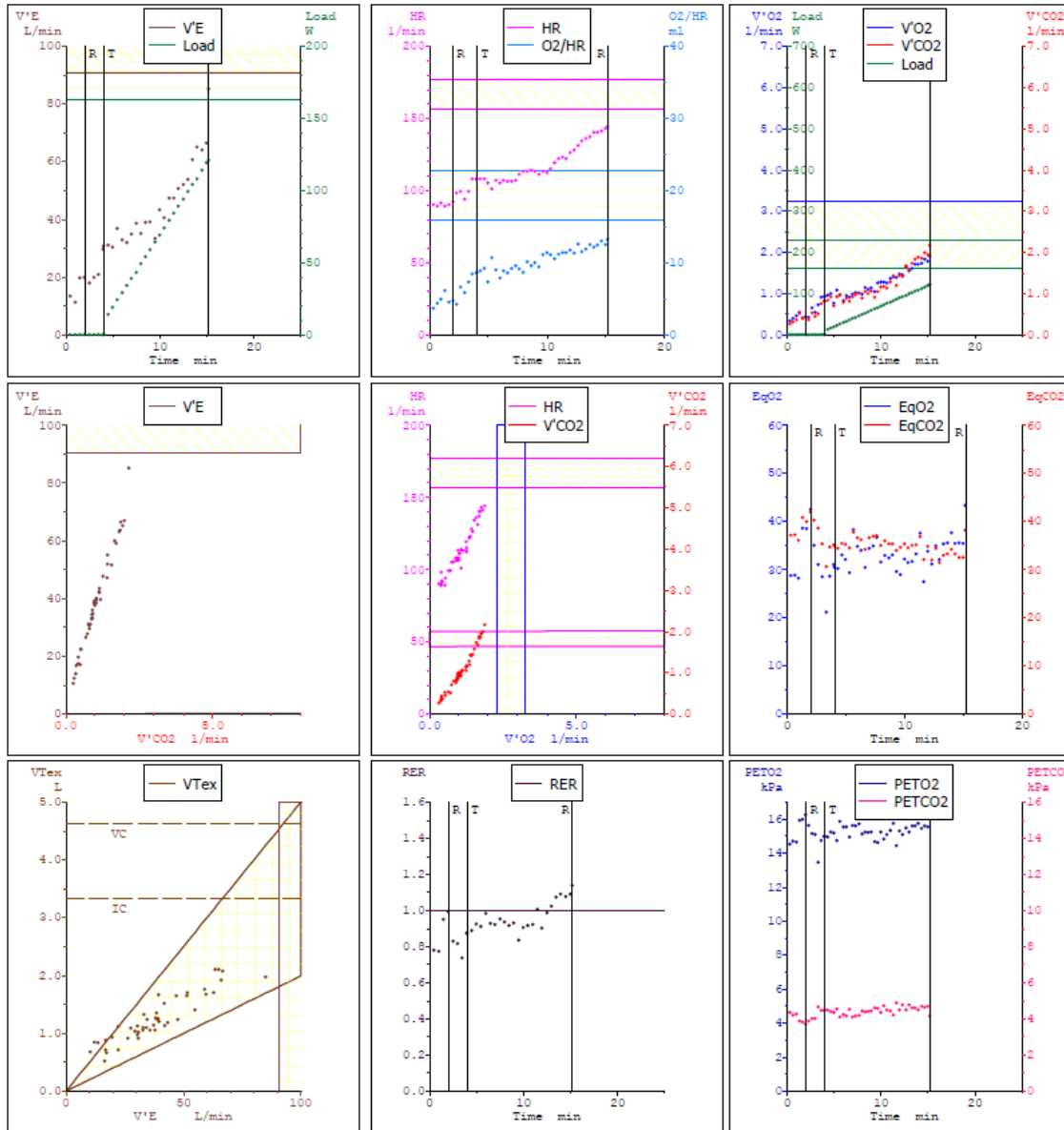
”Ny” uppställning 9 panels



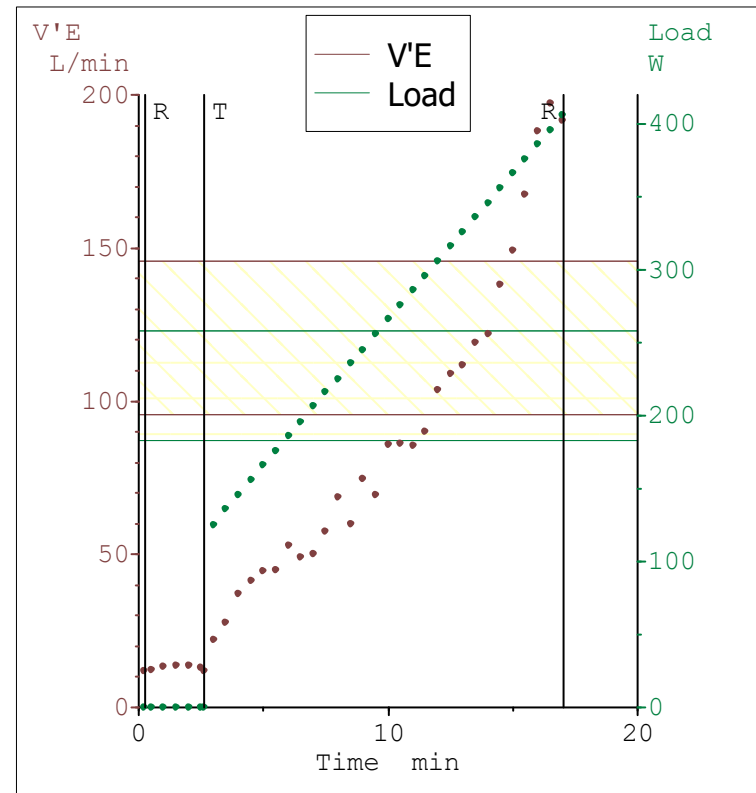
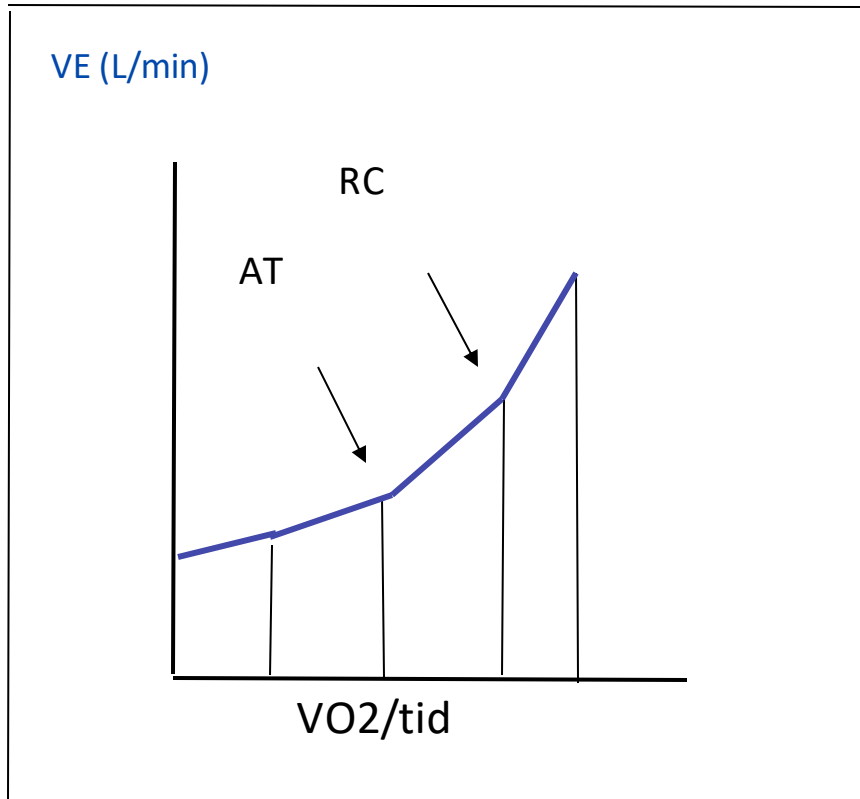
Ny uppställning 9 panels



Hjärtsvikt

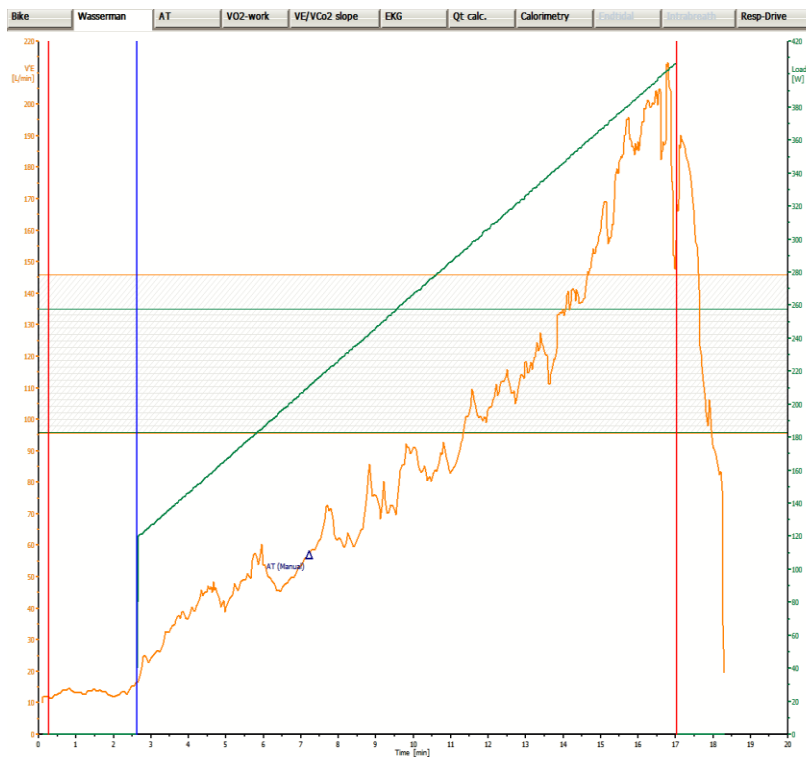


Minutventilationen

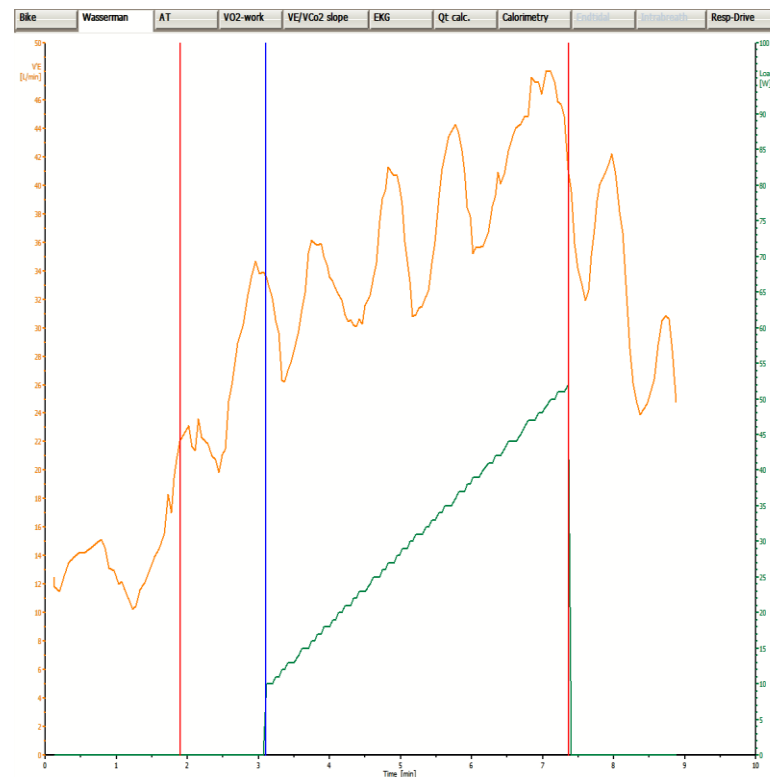


$$V_E = \text{tidalvolym} \times \text{andningsfrekvens}$$

Online – kortare medelvärdesbildning

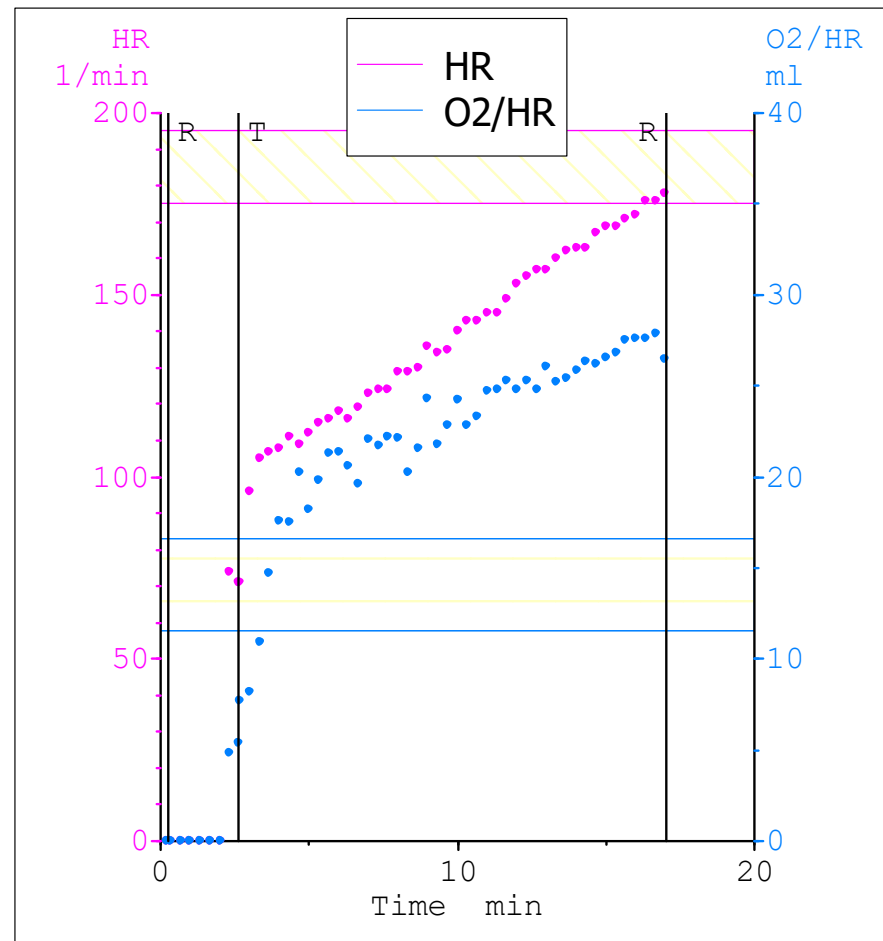


Samma som föregående bild



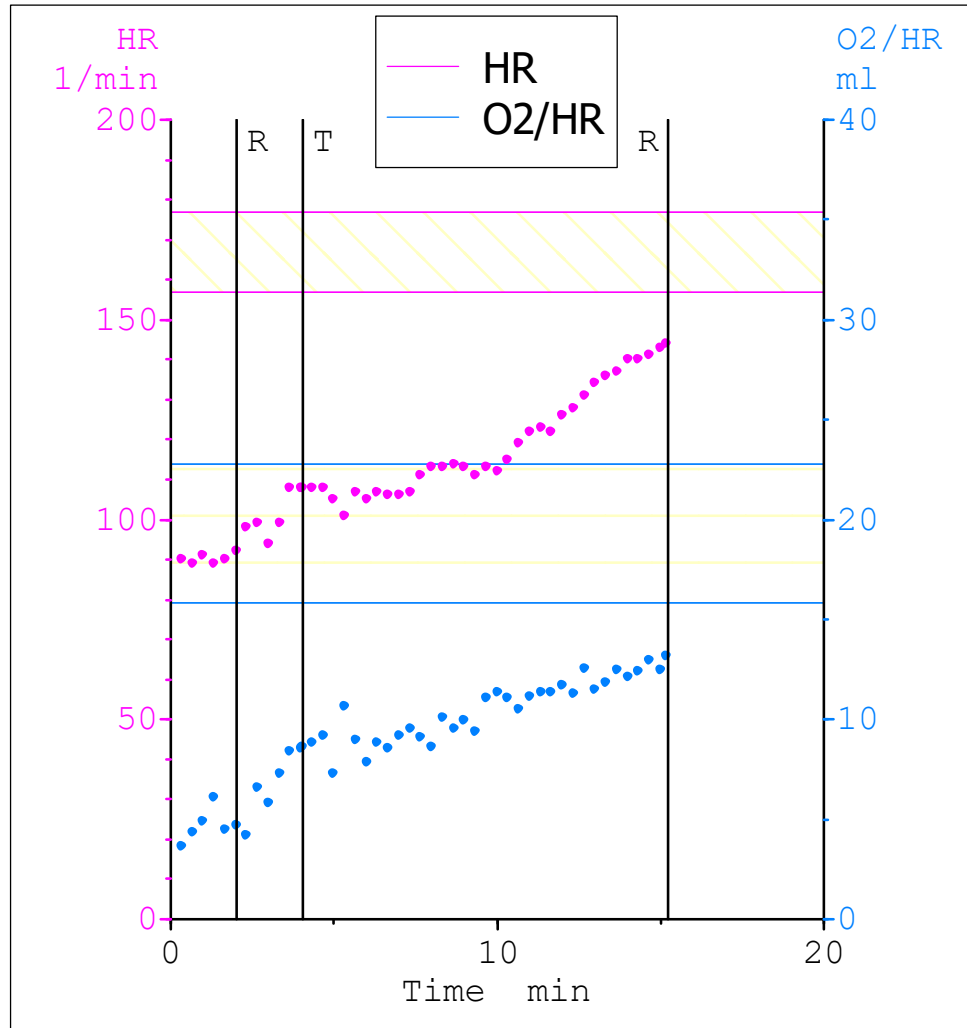
Annat ex – osc vent

Plot 2 – Syrepuls och hjärtfrekvens

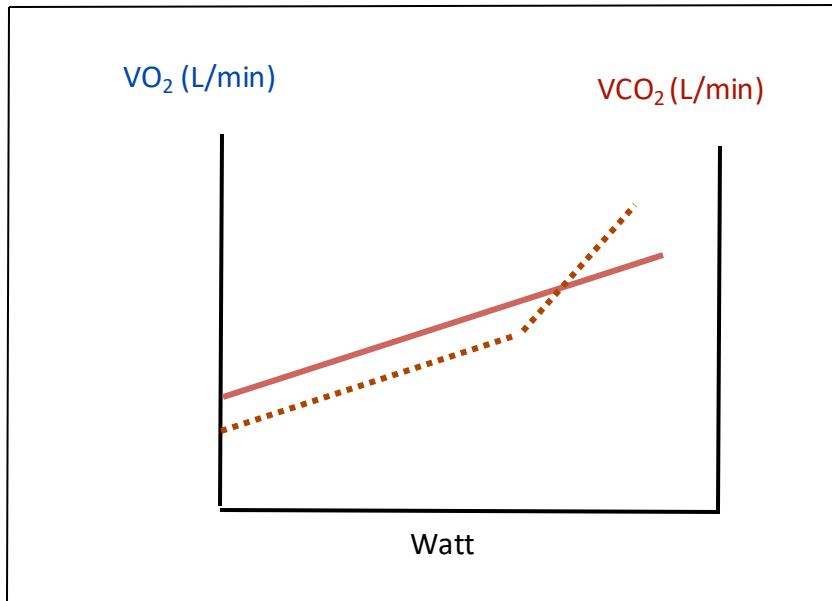


$$VO_2/HR = SV \times (Ca - Cv)O_2$$

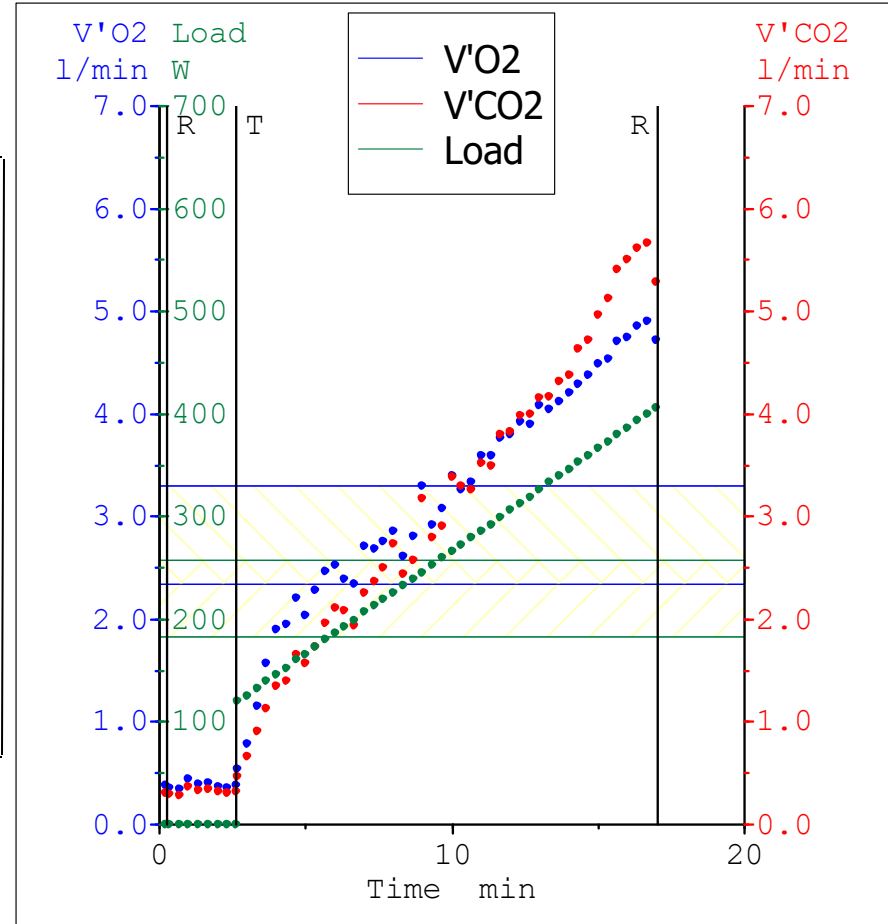
Syrepuls och hjärtfrekvens (hjärtsvikt)



VO_2 och VCO_2 vs W eller tid

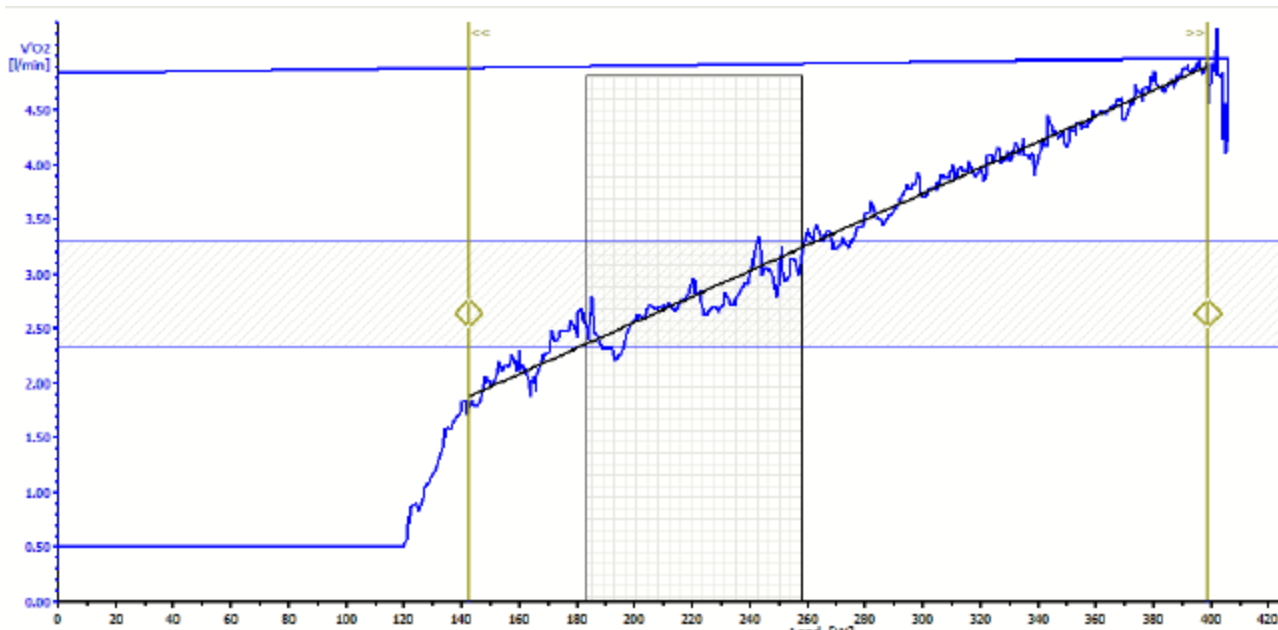


Mer ovanlig variant.



VO_2/W – Hög verkningsgrad

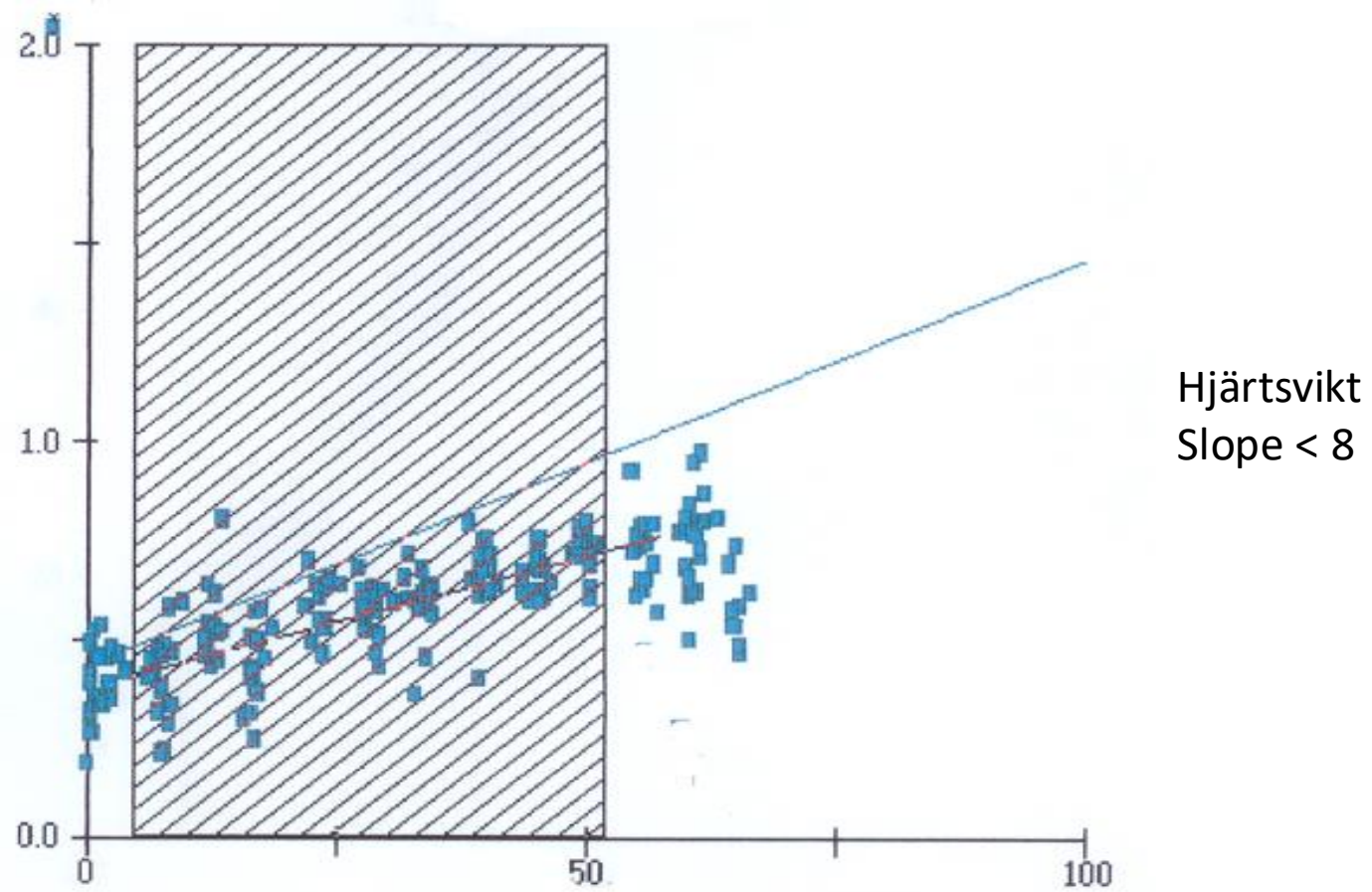
VO_2/W brukar brytas ut till en egen graf



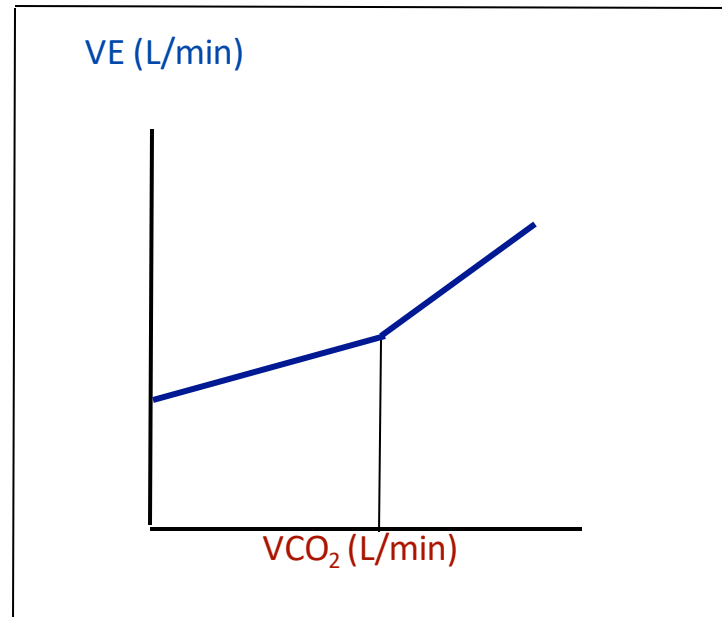
Van cyklist
Slope = 11,8

VO_2/W normalt (10,3 ml/kg/min)

VO_2/W – Låg verkningsgrad

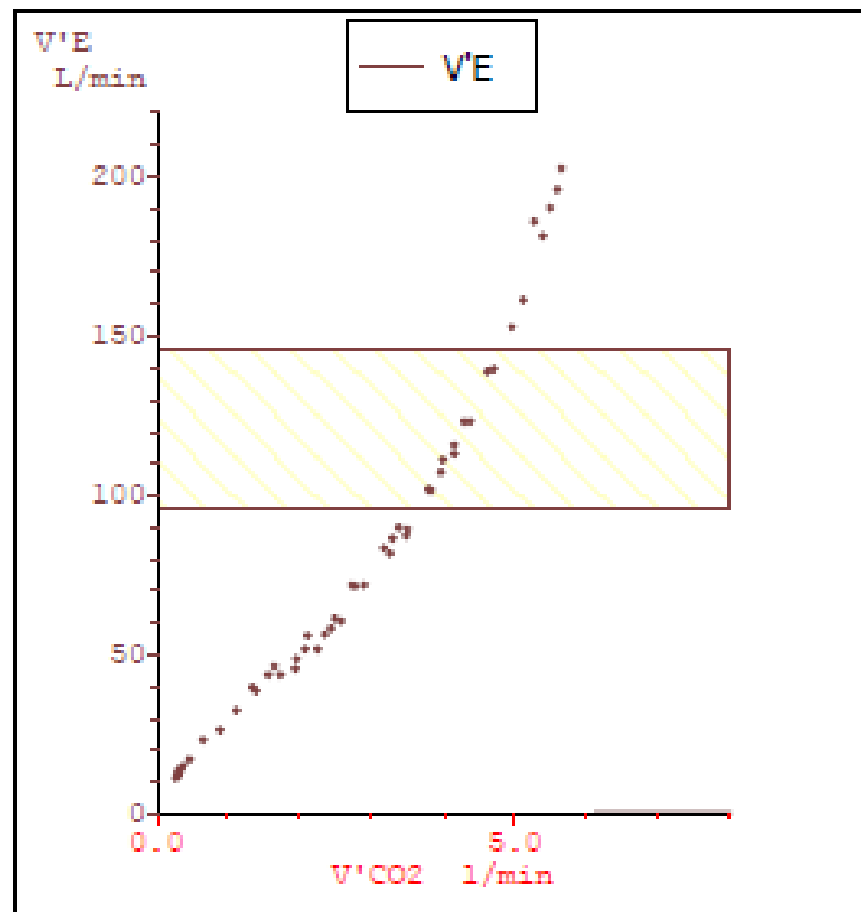


VE/VCO_2

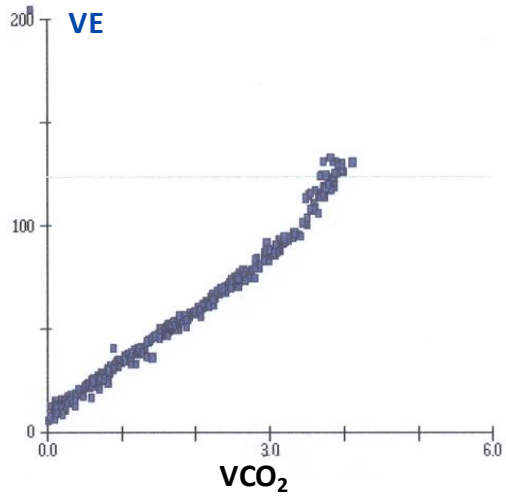


Minutventilationen mot koldioxideliminationen
Hur mycket behöver vi andas för att eliminera 1 L CO_2 ?
Ventilatorisk effektivitet

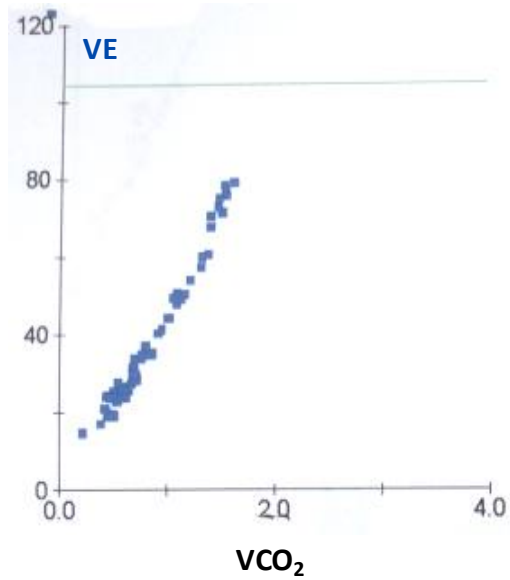
$$\dot{V}E/\dot{V}CO_2$$



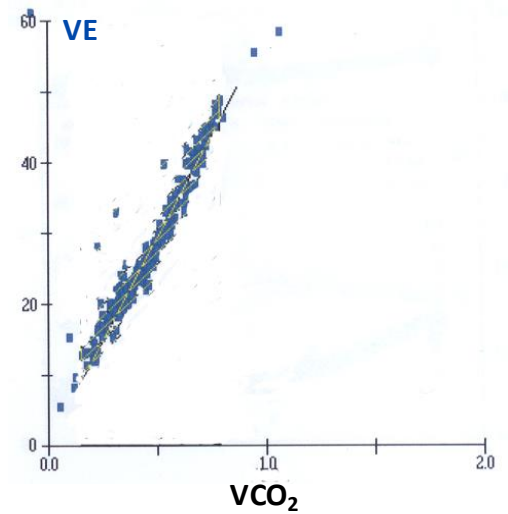
VE/VCO_2



Normal

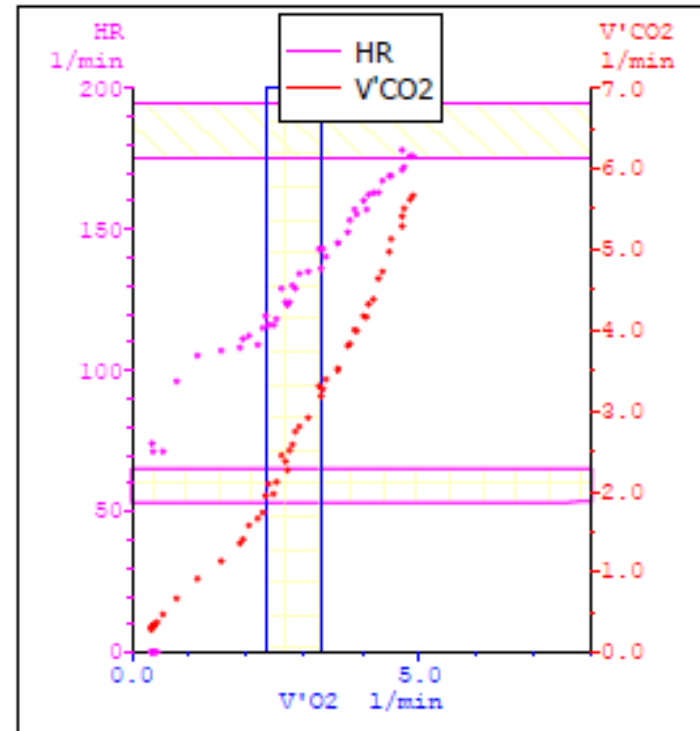
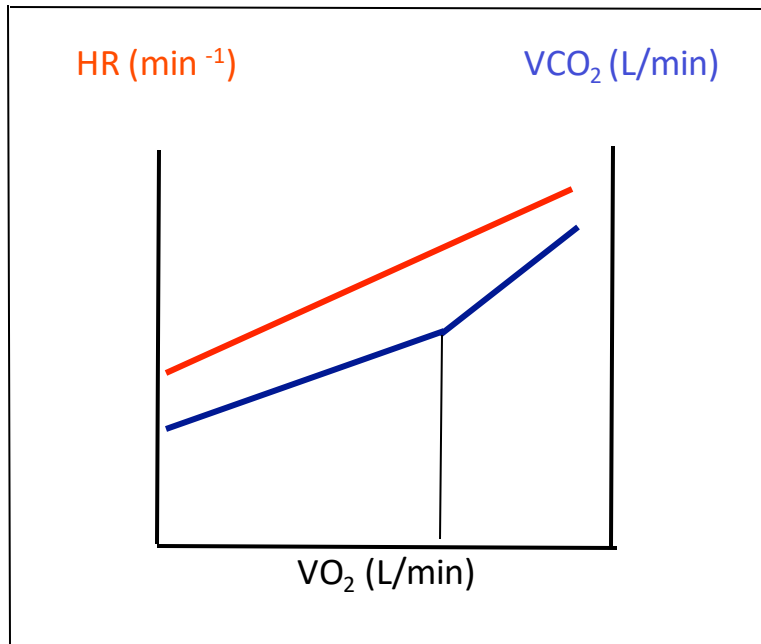


Hjärtsvikt



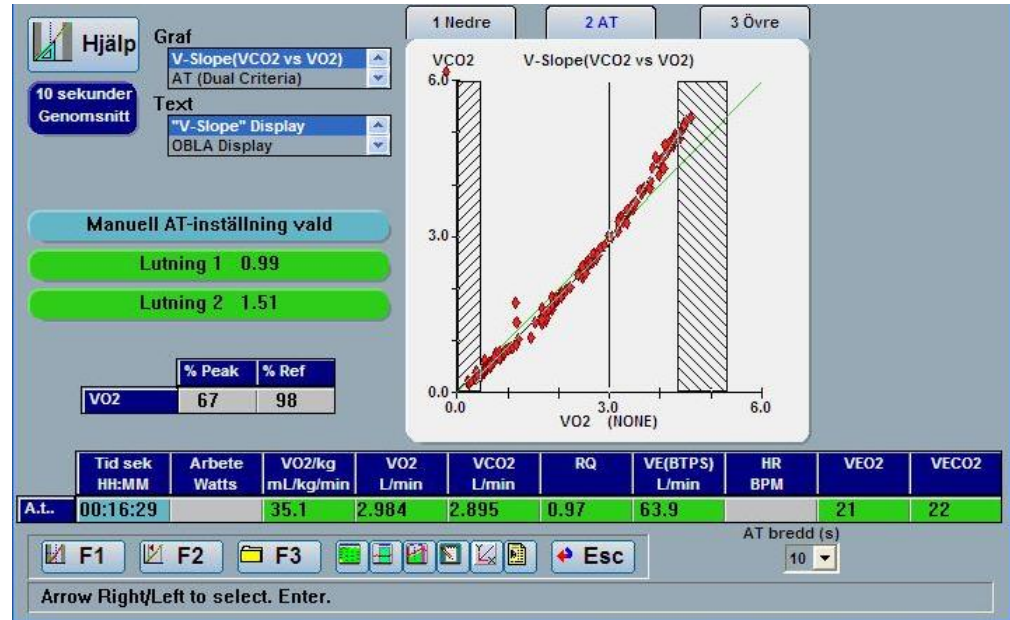
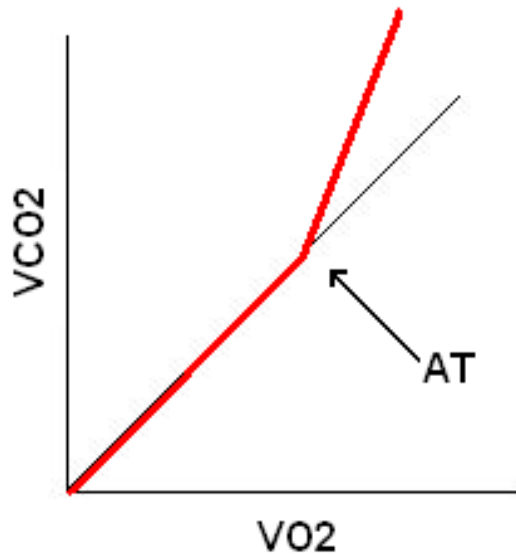
PAH

$V\text{CO}_2$ vs VO_2 (ibland HR också)

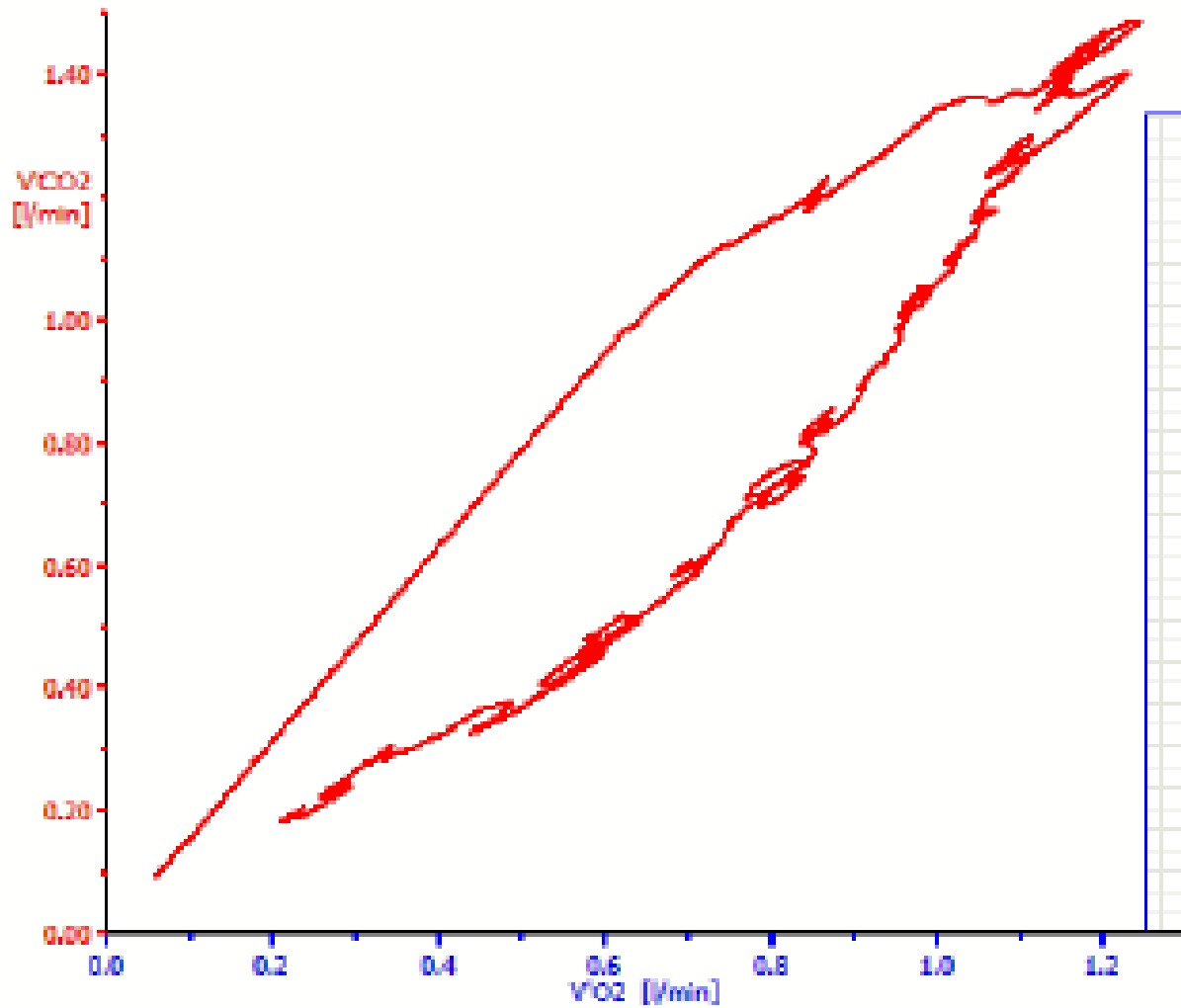


VT med V-slope ($V\text{CO}_2/\text{VO}_2$)

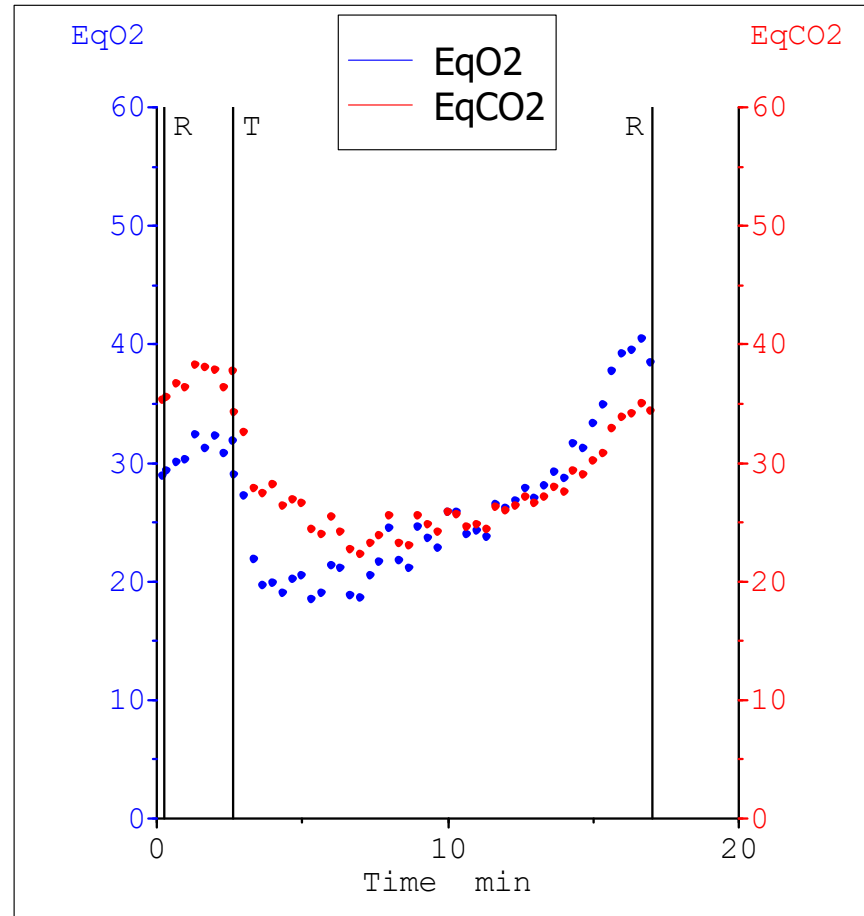
VT med V-slope-metod



V-slope online

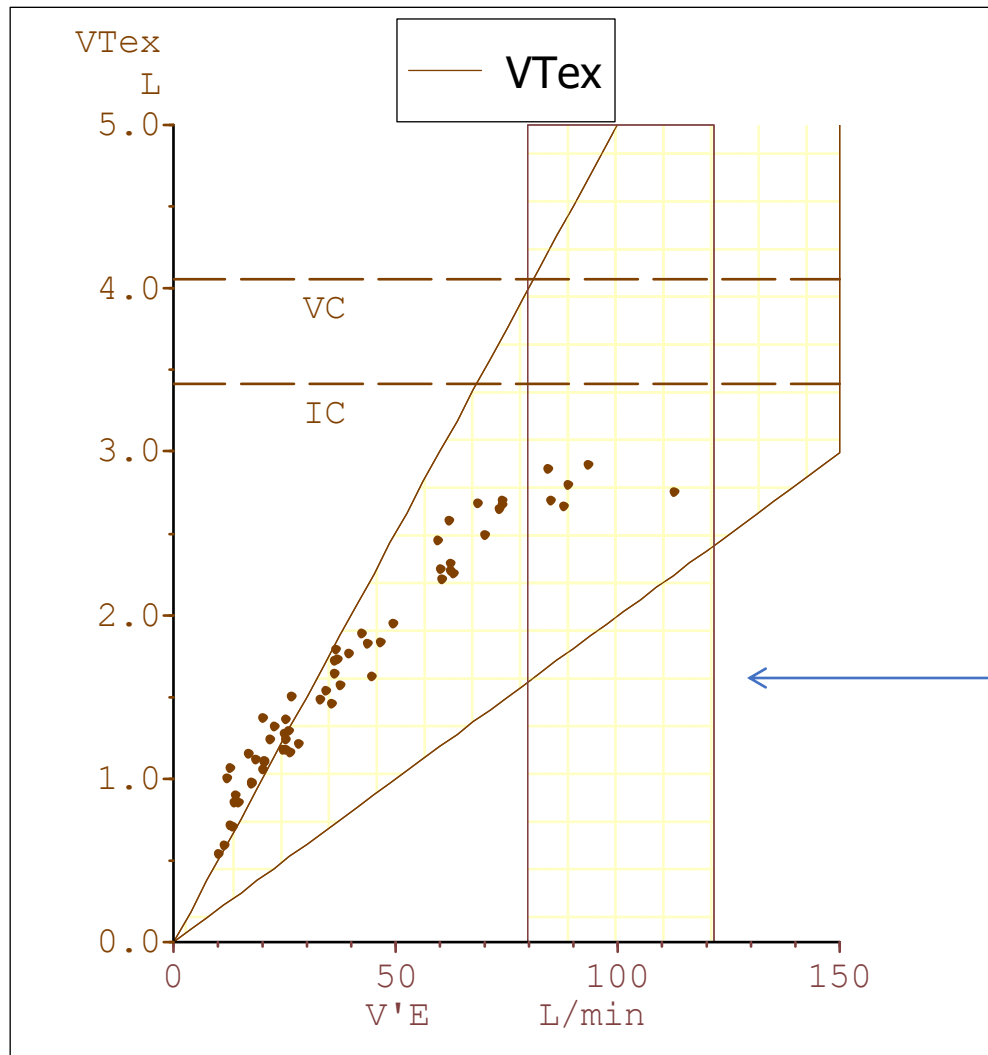


Ventilatoriska ekvivalenter



Normal

Tidalvolym vs minutventilation

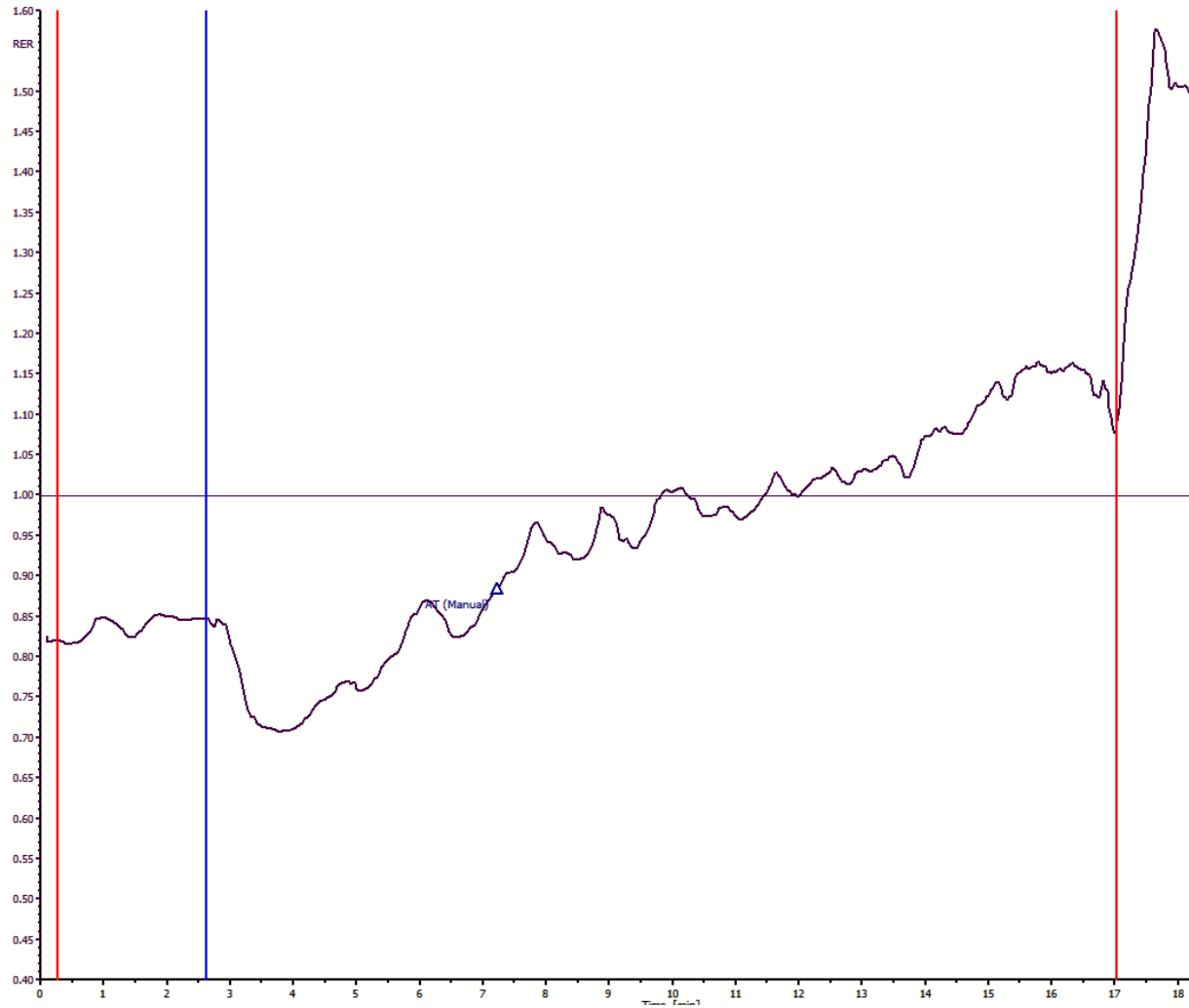


Andningsreserv (BR) =
Beräknad MVV - max uppnådd VE

$$MVV = FEV1 \times 40$$

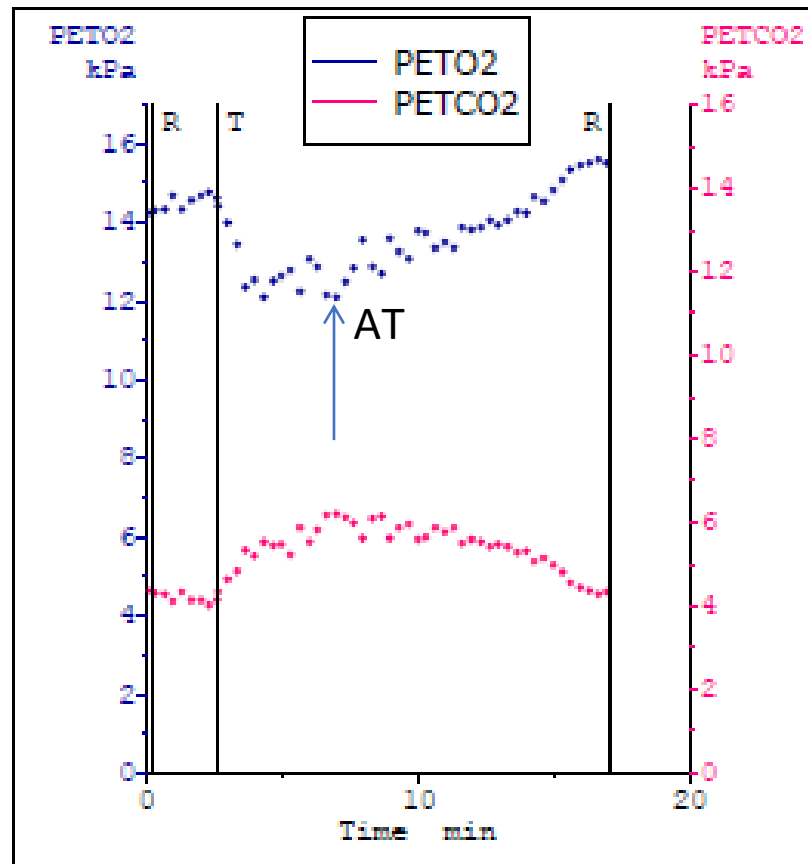
Normalintervall
andningsreserv

RER (VCO_2/VO_2)

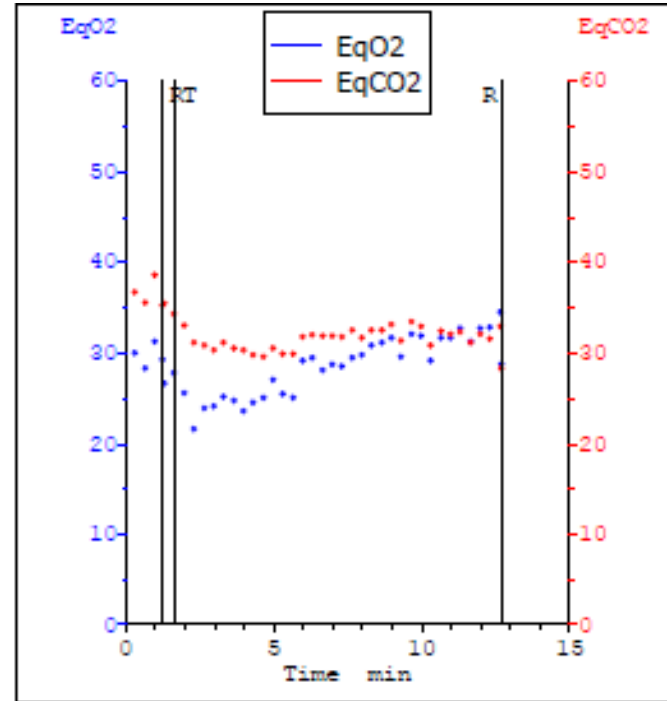
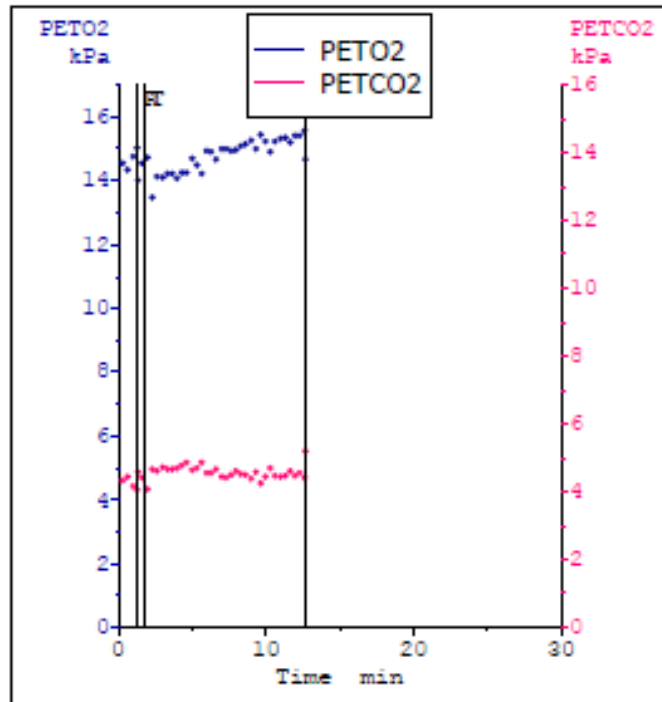


Ökar efter arbete
 VCO_2/VO_2

PetCO₂ och PetO₂



Både mönster och absolutvärden är viktiga



Frisk person som ej nått hyperventilationsfas (RCP). Normala värden.

BEDÖMNING

Tabeller och rapport

Vi får en fördefinierad rapport med utvalda data och nine panel plots samt andra utvalda grafer.

Tabeller med ex 10-30-s-intervall.

Exercise Results

Summary		Resting	VT2 Manual	MaxVO2	Pred	MaxVO2 %pred	Recov 30 sec
Time averaging 20 Seconds							
V'O2	l/min	0.38	0.83	1.37	1.91	72	1.23
VO2/kg	ml/min/kg	5.9	13.0	21.4	29.8	72	19.2
V'CO2	l/min	0.33	0.75	1.66			1.46
RER		0.87	0.90	1.21			1.18
V'E	L/min	12	27	81	91	90	63
Load	W	0	58	117	135	87	0
Time	min	02:09	08:20	14:11			14:40

Cardial Parameters

Summary		Resting	Ref.	MaxVO2	Last load	Pred
Time averaging 20 Seconds						
HR	1/min	71	79	163	163	191
HRR	1/min	120	112	28	28	
O2/HR	ml	5.4	6.0	8.4	8	10.0
Psys	mmHg	0	90	95	95	
VO2%p	%	20	25	72	70	
dO2/dW	ml/min/Watt	0.00	0.00	8.45	8	

Ventilation / Breathing Reserve

Summary		Resting	Ref.	VT2 Manual	Last load	MaxVO2	MaxVO2 %pred
Time averaging 20 Seconds							
Ventilation	L/min	12	17	27	79	81	90
Tidal volume-ex	L	0.748	0.726	1.058	1	1.528	
Breathing freq	1/min	17	23	26	54	53	128
Breathing reserve	%	86	82	70	14	11	38
Rel. dead sp.-et	%	15	19	19	24	24	116
PETCO2	kPa	4.32	4.13	4.39	3	3.45	
PETO2	kPa	14.99	15.11	15.09	17	17.01	
Breath. equiv. CO2		32.9	36.5	33.6	46	46.2	
Breath. equiv. O2		28.6	30.6	30.1	55	56.1	

Aerob / Anaerobic Transition

Summary		VT2 Manual
Time averaging 20 Seconds		
V'O2/V'O2pred	%	44
V'O2/V'O2max	%	61

Sammantagen bedömning exempel

Gör först en rimlighetsbedömning om du kan lita på dina värden.

- Maximalt prov?
- Syreupptag i ml/kg/min (Normal/sänkt?) och W
- Andningsmönster under arbete?
- Andningsreserv (Hög? Låg?)
- Ventilatoriska ekvivalenter och VE/VCO_2 -slope
- $PETCO_2$ (mönster, @AT)
- Saturation
- Hjärtfrekvens (EKG och blodtrycksreaktion)
- Ventilatorisk tröskel? (Existerar? % av predicerad VO_2 ?)
- VO_2/HR

Frågeställning?

Väg samman parametrar och gör en sammanfattande bedömning.

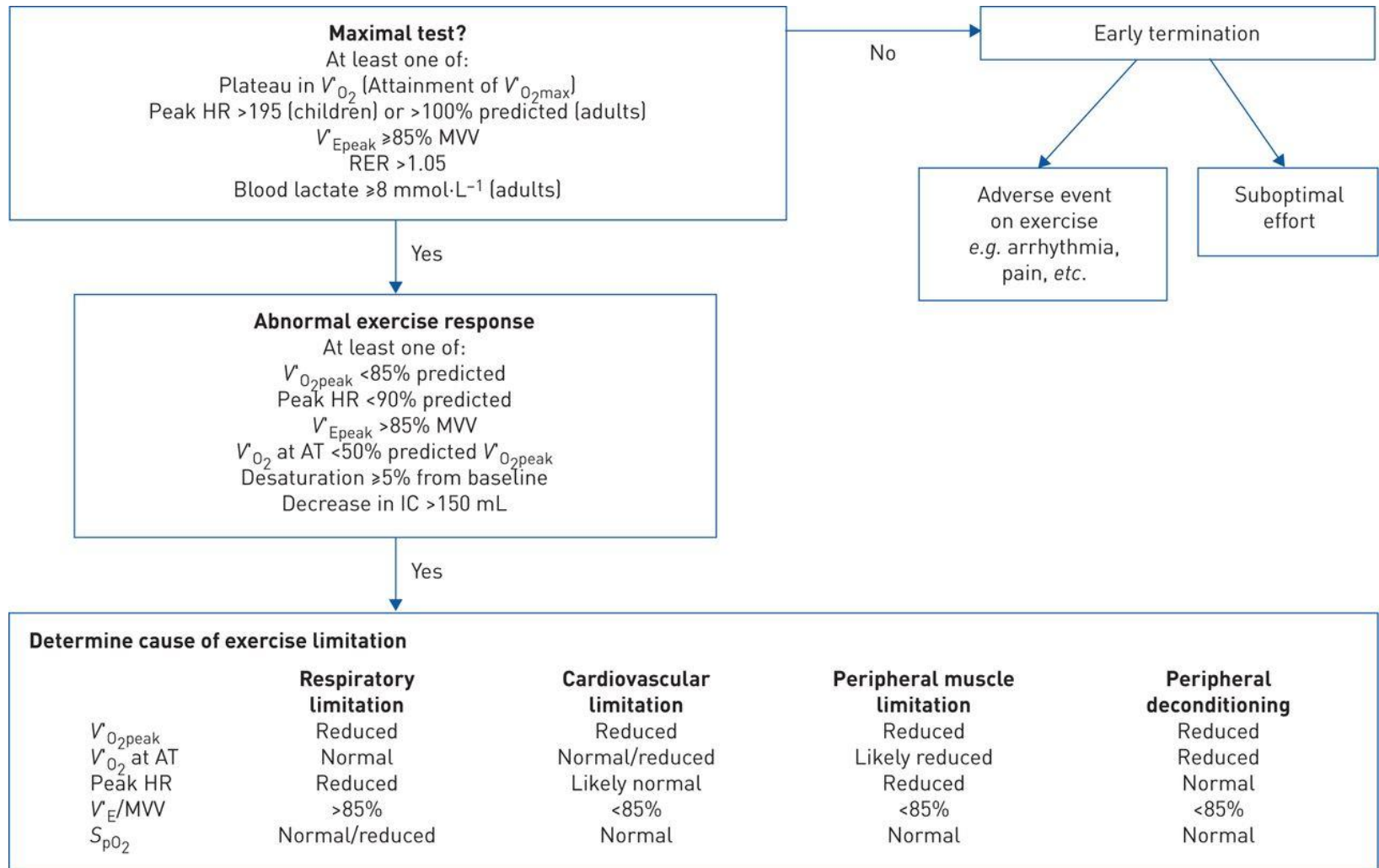
Hur kan vi svara på om patienten är kardiellt eller pulmonellt begränsad?

Låg andningsreserv och desaturation talar för pulmonell begränsning

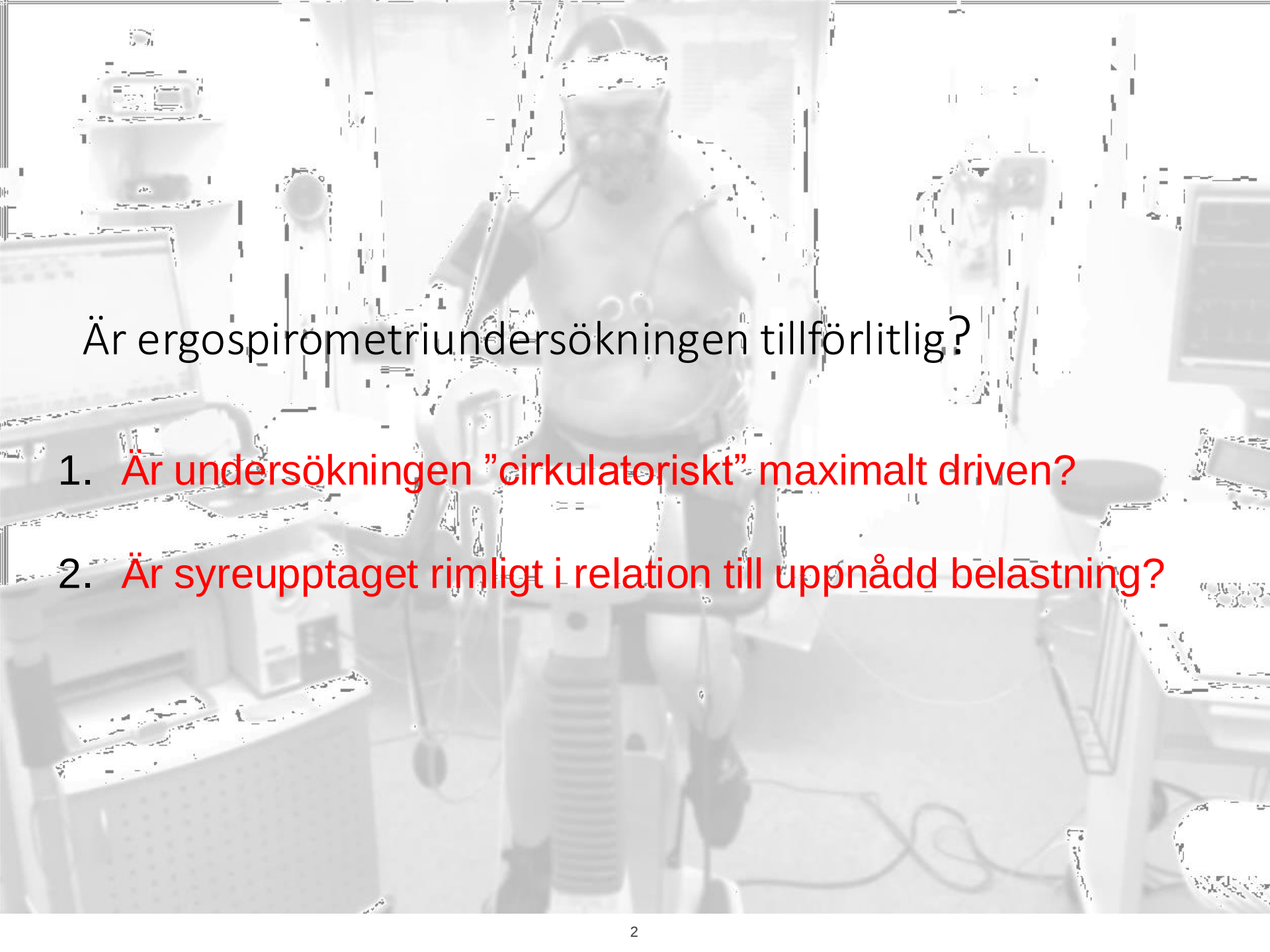
RER >1,1, hög maximal hjärtfrekvens, når RCP, talar för kardiell begränsning

Blodgaser kan hjälpa

Algorithm for determining maximal effort and cause of exercise limitation.



Thomas Radtke et al. Eur Respir Rev 2019;28:180101

A grayscale photograph of a person wearing a head-mounted display and various sensors, riding a stationary bike in a laboratory setting. The person is wearing a head-mounted display and has several sensors attached to their body, including a chest strap heart rate monitor and arm sensors. They are riding a stationary bike. The background shows laboratory equipment, including a computer monitor and various cables.

Är ergospirometriundersökningen tillförlitlig?

1. Är undersökningen "cirkulatoriskt" maximalt driven?
2. Är syreupptaget rimligt i relation till uppnådd belastning?

Är syreupptaget rimligt?

$$VO_2 \text{ (syreupptag l/min)} = 0,26 + 0,012 \times \text{belastning (watt)}$$

- Normalt ökar syreupptaget 9-12 ml/min/W
- Ex: Syreupptaget 1700 ml (max) - 300 ml (vila) = 1400 ml, Wmax 132W
- $1400 \text{ ml} \times \text{min}^{-1} / 132\text{W} = 10,6 \text{ ml/min/W}$
- $0,26 + 0,012 \times 132 = 1,84 \text{ L}$
- Slutbelastning beror av ramp
- Obs att VO_2/W kan påverkas av patologi

Arbetsbelastning		Syreupptagning liter/minut
Watt	kpm/min	
50	300	0,9
100	600	1,5
150	900	2,1
200	1200	2,8
250	1500	3,5
300	1800	4,2
350	2100	5,0
400	2400	5,7

Vad gör vi om vi misstänker orimliga värden?

Kör ev om undersökningen.

Om man misstänker fel på flödessensorn, testa att byta.

Kalibreringsfel? Ring distributören.

Kör regelbundet steady-state-test på frivillig person i personalen för att kontrollera utrustningen.

Referensmaterial VO₂

- Olika referensmaterial för W och VO₂ i Sverige
- **Gläser et al 2010:** nedre gränsvärdet för normalt syreupptag utgörs av den 5:e percentilen. Baseras på kön, ålder, längd, vikt. Används på vuxna.
- Barn 8-18: Ten Harkel et al 2011

Fylls i före/efter arbetsprov:

Nuvarande rökare	Nej	(ja / nej)
Ålder	24	
Kön	k	(m eller k)
Längd	162	(cm)
Vikt	63	(kg)
Uppmätt VO_{2peak}	1986	ml/min
Uppmätt VE/VCO_2 -slope	26	

VO_{2peak}	32	ml/kg/min
BMI	24,0	kg/m ²
BSA*	1,67	m ²

*) $BSA \text{ enl. Duboir} \approx \text{Duboir } ([\text{Vikt}]^{0,425} \times [\text{Längd}]^{1,725}) \times 0,007184$

% av predicerat VO_{2peak} : 109%

Predicerat VO_{2peak} : 1825 ml/min

VO_{2peak} i nedre 5:e percentilen*: Nej (ja/nej)

Nedre 10:e percentil: 1482 ml/min

Nedre 5:e percentil: 1341 ml/min

% av predicerad VE/VCO_2 -slope: 111%

Predicerad VE/VCO_2 -slope: 23

Slope i övre 95:e percentilen*: Nej (ja/nej)

Övre 90:e percentil: 29

Övre 95:e percentil: 31

Referensekvation för VO_{2peak} och percentiler från:

Gläser, Koch, Ittermann, Schäper, Dörr, Felix, Völzke, Ewert, Hansen (2010).

Influence of age, body size, smoking and B-blockade on key exercise parameters in an adult population. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2010; 17:468-476

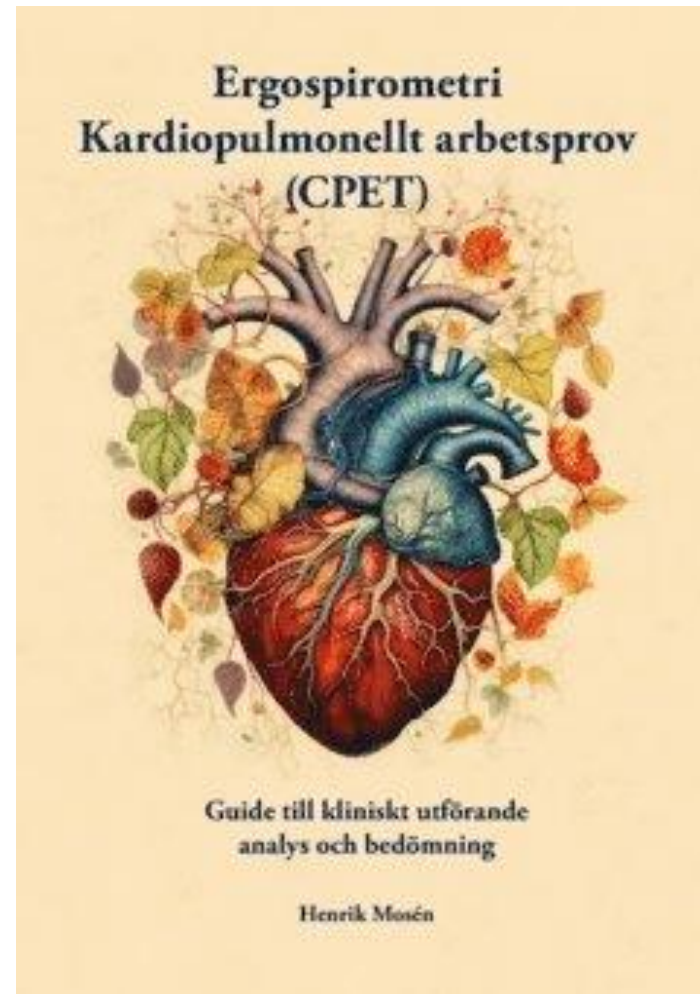
Lathund ver 2019-10-24, utformad av K Hedman i samarbete med P Blom, A Rickenlund, H Wallin, P Nivedahl.

Reference values for exercise limitations among adults with congenital heart disease. Relation to activities of daily life—single centre experience and review of published data

**Aleksander Kempny^{1,2*}, Konstantinos Dimopoulos^{1,3}, Anselm Uebing¹,
Pamela Mocerì¹, Lorna Swan¹, Michael A. Gatzoulis^{1,3}, and Gerhard-Paul Diller^{1,2,3}**

FALL

TIPS!



Ordlista

VO_2 = Syreupptag (l/min el ml $\cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)

$\text{VO}_{2\text{peak}}$ = Högsta uppnådda syreupptag under arbete utan att kriterier för $\text{VO}_{2\text{max}}$ är uppfyllda

VCO_2 = Koldioxidelimination (l/min)

RER = Respiratory Exchange Ratio = gasutbyteskvot = $\text{VCO}_2 / \text{VO}_2$

VE = Minutventilation (tidalvolym x andningsfrekvens)

VO_2/HR = Syrepuls - substitut för slagvolym (ml/slag)

AT = Anaerob tröskel (när aerob metabolism ej längre täcker metabolt krav) (l/min el ml $\cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)

VT = Ventilatorisk tröskel (anaerob tröskel mätt med andningsgasanalys)

LT = Laktattröskel (anaerob tröskel mätt med laktathalt i blodet)

RCP = Respiratoriska kompensationspunkten (när buffertsystemen blir otillräckliga och vi blir sura)

VE/VO_2 = Ventilatorisk ekvivalent för syre

VE/VCO_2 = Ventilatorisk ekvivalent för koldioxid

$\text{VE}/\text{VCO}_2\text{-slope}$ = Förhållandet mellan minutventilation och utandad CO_2

PETO_2 = Endtidalt O_2 (mmHg) – Syretrycket i slutet av andetaget (motsvarar alveolära förh)

PETCO_2 = Endtidalt CO_2 (mmHg) – Koldioxidtrycket i slutet av andetaget (se ovan)

MVV = Maximal Voluntär Ventilation = $\text{FEV}_1 \times 40$

Andningsreserven = $(\text{MVV} - \text{VE}) / \text{MVV} \times 100$ (%)

$\Delta \text{VO}_2 / \Delta W$ = Avspeglar mekanisk verkningsgrad – “work efficiency”

A-V O_2 -diff = $\text{C(a-v)}\text{O}_2$ = Arteriovenös syredifferens (skillnad i syreinhåll mellan arteriellt och venöst blod) (ml /100 ml blod)

A wide-angle photograph of a snowy mountain landscape. The foreground is a steep, snow-covered slope marked with numerous ski tracks. In the background, several jagged, snow-capped mountain peaks rise against a clear, deep blue sky. The lighting suggests a bright, sunny day.

helena.wallin@ki.se

