

Trösklar, pucklar och backar

-fastställande av AT, RCP och $V'E/V'CO_2$ -slope m m

Per Nivedahl

Klinisk fysiologi

Sahlgrenska Universitetssjukhuset



SAHLGRENSKA
UNIVERSITETSSJUKHUSET
VGR

2024-11-09

Pistkarta

- Varför bestämma tröskelvärden?
- Fastställande av AT/VT
- Fastställande av RCP
- $V'E/V'CO_2$ och ekvivalenter
- $ETCO_2$ och ETO_2
- Vad är viktigt att tänka på?



▶ Varför bestämma tröskelvärden?

- ▶ Vad är viktigt att tänka på?
- ▶ Fastställande av AT/VT
- ▶ Fastställande av RCP
- ▶ $V'E/V'CO_2$ och ekvivalenter
- ▶ $ETCO_2$ och ETO_2

Varför bestämma tröskelvärden?

- ▶ Under ett fysiskt arbete med inkrementellt stigande belastning ökar
 - ▶ 1.) hjärtminutvolym
 - ▶ 2.) syreextraktionsgrad (från blod) och
 - ▶ 3.) lungminutvolymför att syresätta och energiförsörja arbetande muskulatur samt avtransportera och evakuera biprodukter av förbränning.
- ▶ Vid en viss nivå (individuell beroende på kön, ålder, träningsgrad osv) nås en punkt då tillgången på framför allt syrgas inte är tillräcklig för fortsatt aerobt arbete i muskulaturen, varpå anaerob metabolism tar vid. Man har nått den **anaeroba tröskeln** för individen. Fortsatt inkrementellt ökat arbete sker till priset av bildande av laktat i muskulaturen, varpå H^+ -joner frisätter ytterligare CO_2 från bikarbonatbufferten.

- ▶ AT = Anaerob Tröskel, (enl tid def)
- ▶ LT = LaktatTröskel, den punkt då laktatkoncentrationen i blod stiger kraftigt
- ▶ LAT = LaktatAcidosTröskel, den punkt då HCO_3^- sjunker till följd av buffring av H^+ från Laktat
- ▶ Kan definieras som VT(1), eller Ventilatorisk Tröskel vid bestämning utifrån ventilatoriska/gasutbytesdata (stämmer oftast bättre med LAT än LT)

- ▶ Att patienten/testpersonen når AT (VT1) respektive RCP (VT2) indikerar att belastningen givit ett adekvat fysiologiskt svar och kan hjälpa bedömaren i helhetsbilden av grad av prestationsnivå, fysiologiska/patofysiologiska mekanismer, testresultatets kvalitet och tillförlitlighet osv.
- ▶ Kan ge viktig prognostisk information och utgångsvärde inför behandlingar (kirurgi, läkemedels- och devicebehandlingar etc)
- ▶ Upprepade tester kan påvisa effekt av träning, behandling osv
- ▶ För utföraren och bedömaren att förstå fysiologin och begrepp

- ▶ Normalförhållanden
(enligt Jones, ergometercykel)
- ▶ Kvoten $\dot{V}'O_2@AT/\dot{V}'O_{2peak}$ ökar
med stigande ålder

Table 7.5

Mean and Lower 95% Confidence Limits for Ratio of Predicted Anaerobic Threshold to Predicted Peak $\dot{V}O_2$ in Adults, as a Percentage

Age (year)	Men		Women	
	Mean	Lower 95% Limit	Mean	Lower 95% Limit
25	50	40	53	40
35	52	42	55	42
45	54	44	57	44
55	56	46	59	46
65	58	48	61	48
75	60	50	63	50

Principles of Exercise Testing and Interpretation, 5th Ed

- ▶ Vissa yrken kräver att man klarar varaktig belastning på en viss nivå



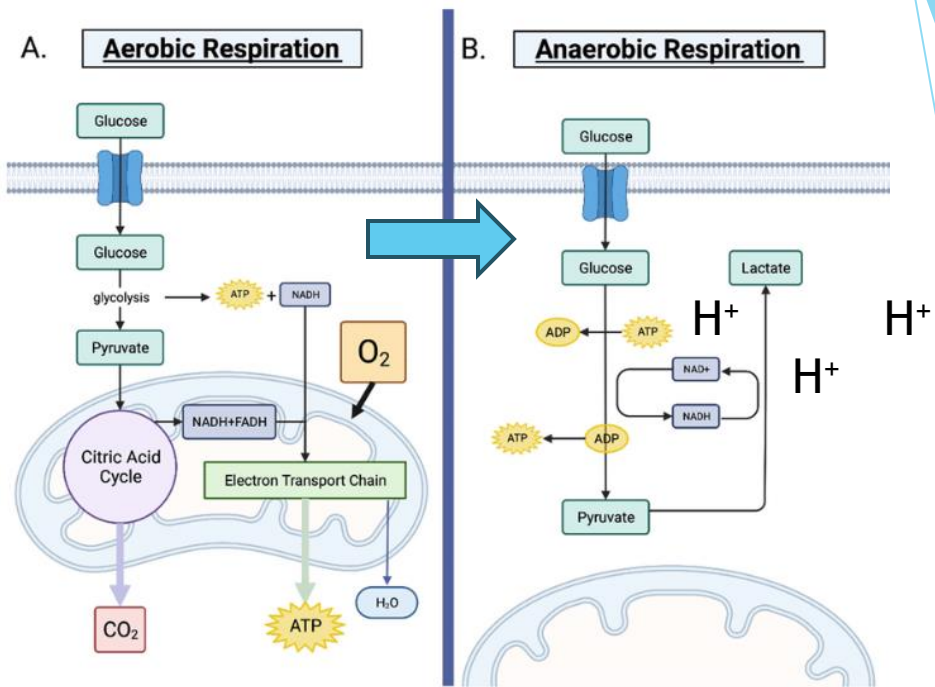
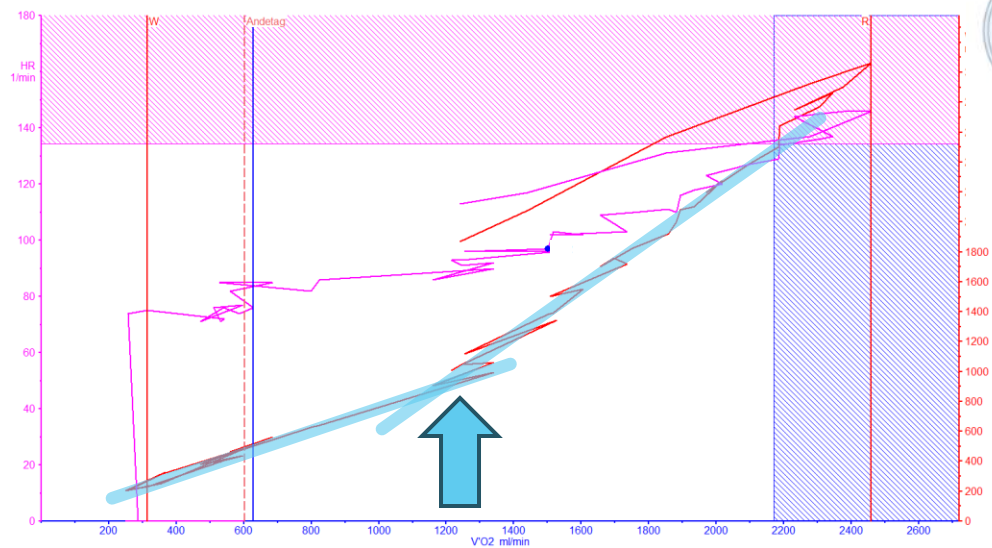
Table 3: Preoperative Cardiopulmonary Exercise Testing and Mortality

Cardiopulmonary Exercise Testing and Mortality							
Author	Sample Size	In-hospital	30 days	90 days	1 year	≥ 2 years	Duration of follow-up not reported
Hepatic Resection and Transplant							
Bernal and colleagues ¹⁴	223	-	-	-	AT 9.8 (non-survivors) vs. 11.7 (survivors) ml/kg/min	-	-
Dunne and colleagues ¹⁸	197	-	-	-	-	-	-
Epstein and colleagues ¹⁷	59	-	-	(100 days) Predicted VO ₂ Peak <60% Predicted AT <50%	-	-	-
Junejo and colleagues ¹²	94	-	AT <9.9 ml/kg/min	-	-	-	-
Kaibori and colleagues ¹⁵	61	-	-	-	-	AT <11.5 ml/kg/min	-
Neviere and colleagues ¹⁶	263	-	-	-	VO ₂ Peak; 18.6 vs. 17.1 ml/kg/min	-	-
Prentis and colleagues ¹³	60	-	-	AT of 9.0 ml/kg/min	-	-	-
Abdominal Aortic Aneurysm							
Carlisle and Swart ²²	130	-	-	-	-	VE/ VCO ₂ and AT	-
Grant and colleagues ²⁰	506	-	-	-	-	VO ₂ Peak <15 ml/kg/min and VE/ VCO ₂ >42 at AT	-
Hartley and colleagues ²¹	415	-	AT	-	-	-	-
Nugent and colleagues ¹⁹	30	-	-	-	-	-	-
Colorectal							
Lai and colleagues ²⁴	269	-	AT <11.0 ml/kg/min	AT <11.0 ml/kg/min	-	AT <11.0 ml/kg/min	-
West and colleagues ²⁵	95	-	-	-	VO ₂ Peak of <10.6 ml/kg/min	-	-
West and colleagues ²⁶	136	-	-	-	-	-	-
Pancreatic							
Ausania and colleagues ²⁸	124	-	AT <10.1 ml/kg/min - Not Significant	-	-	-	-
Ausania and colleagues ³⁰	50	-	-	-	-	-	AT - Not Significant
Chandrabalan and colleagues ²⁹	100	AT - Not Significant	-	-	-	-	-
Junejo and colleagues ³¹	64	VE/VCO ₂	VE/VCO ₂ > 41	-	-	-	-
Renal Transplant							
Ulubay and colleagues ³²	16	-	-	-	-	-	-
Upper Gastrointestinal							
Forshaw and colleagues ³⁴	78	-	-	-	-	-	-

AT <9-12 mL/kg/min = cut-off för ökad risk

Continued

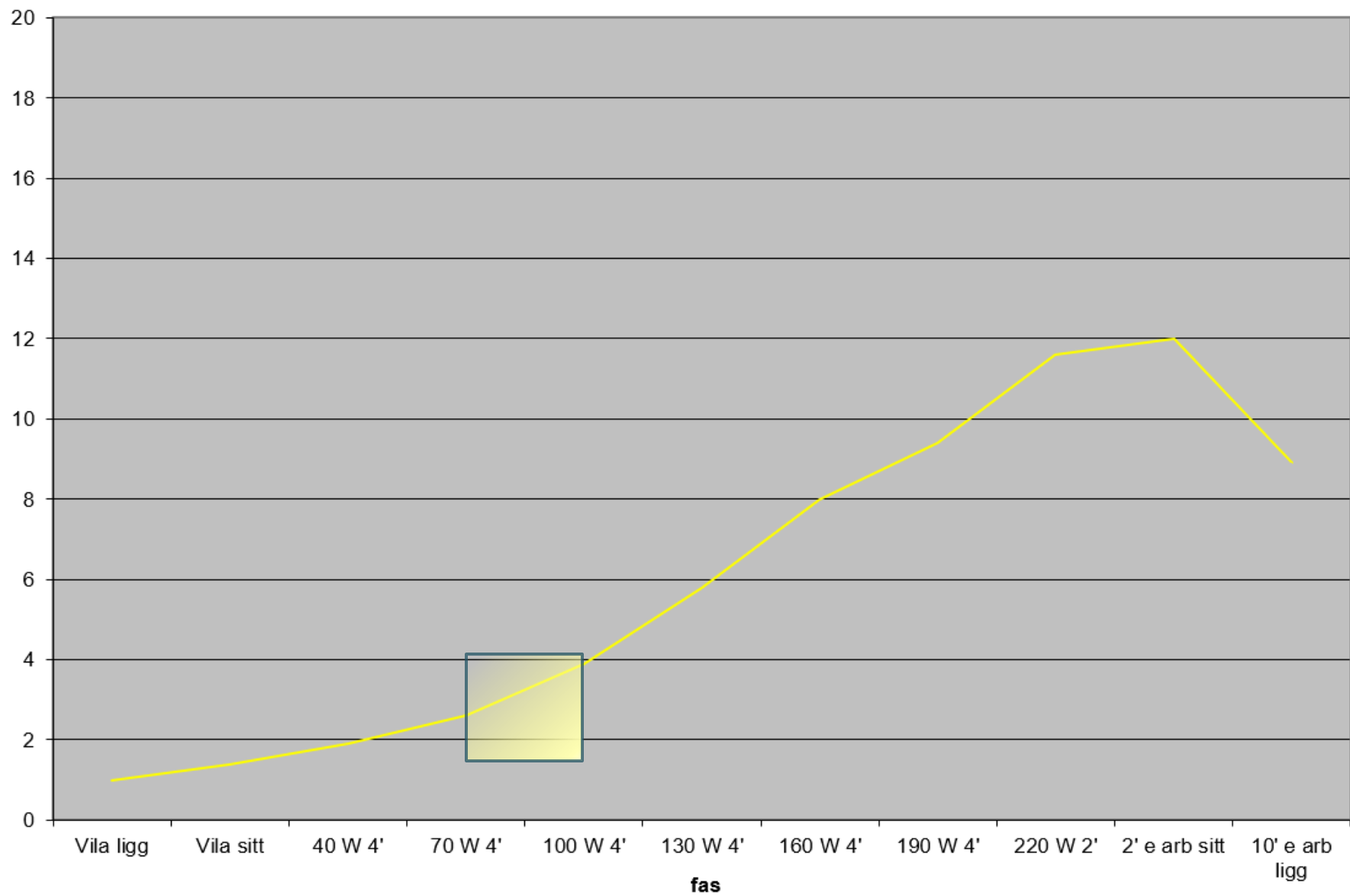
- ▶ Varför bestämma tröskelvärden?
- ▶ **Fastställande av AT/VT**
- ▶ Fastställande av RCP
- ▶ $V'E/V'CO_2$ och ekvivalenter
- ▶ $ETCO_2$ och ETO_2
- ▶ Vad är viktigt att tänka på?



Pereira et al, Cancers 2022

HCO_3^- HCO_3^-
 HCO_3^-

2024-11-09 CO_2 CO_2
 CO_2



Andra ventilatoriska/gasutbytesförändringar vid AT:

- ▶ Vid AT stiger EqO_2 i förhållande till EqCO_2
- ▶ ETCO_2 vanligtvis som högst vid eller nära AT
- ▶ RER alltid (?) <1 men stiger vanligen signifikant efter AT

Fråga:

► Bestämmer ni alltid (om möjligt) AT vid en ergospiometri?



► Svarar ni ut AT?

- Vid belastning?
- Vid syreupptag?
- Båda?

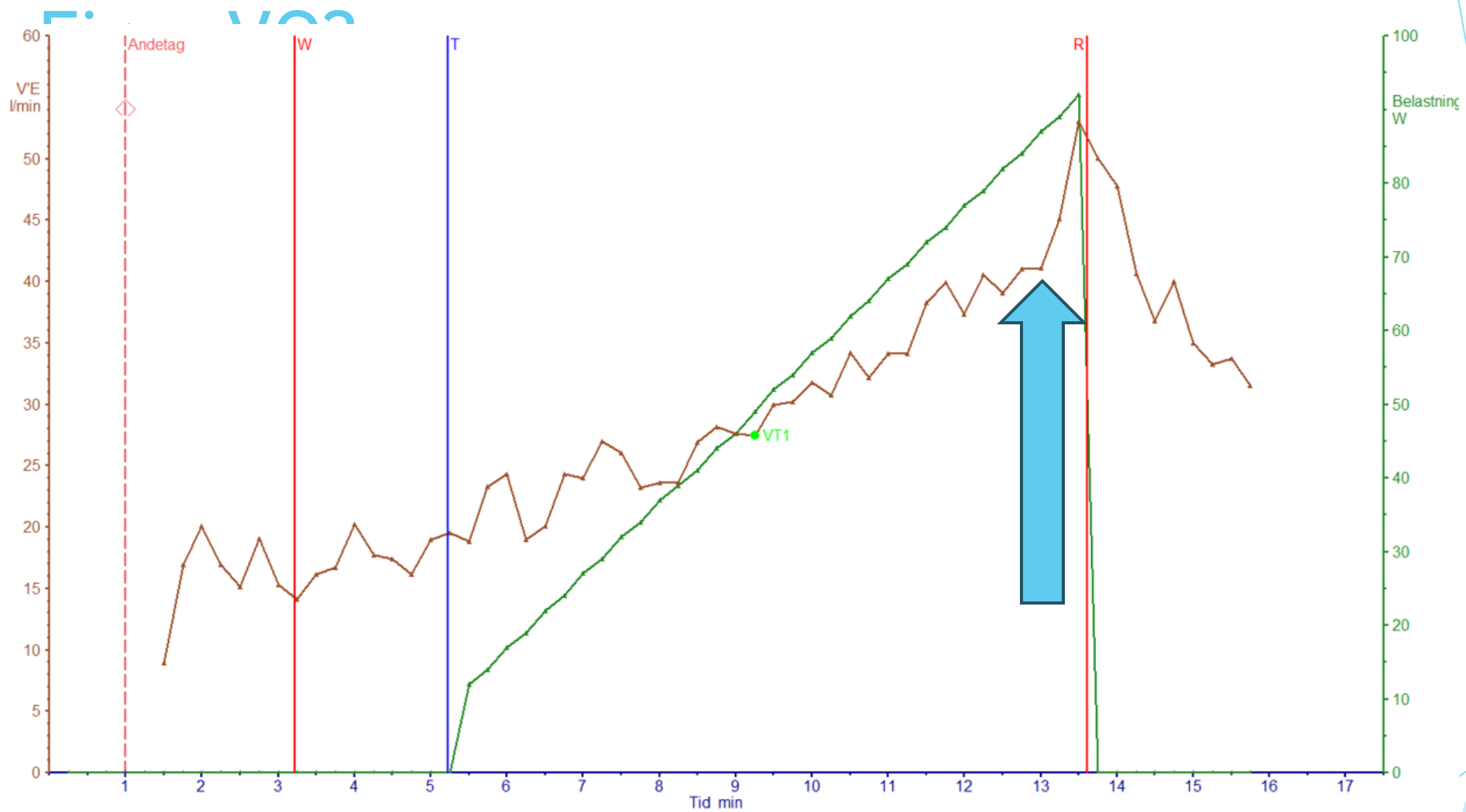


► Svarar ni ut RCP?

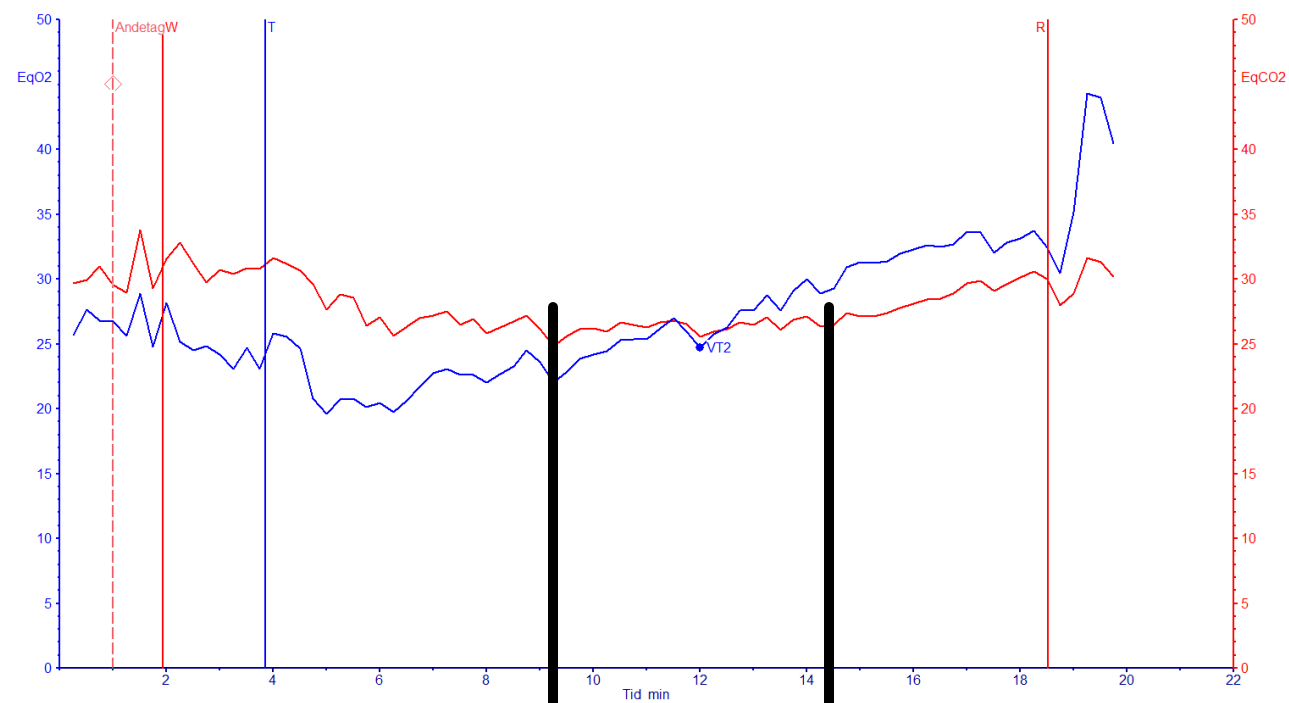


- ▶ Varför bestämma tröskelvärden?
- ▶ Fastställande av AT/VT
- ▶ **Fastställande av RCP**
- ▶ $V'E/V'CO_2$ och ekvivalenter
- ▶ $ETCO_2$ och ETO_2
- ▶ Vad är viktigt att tänka på?

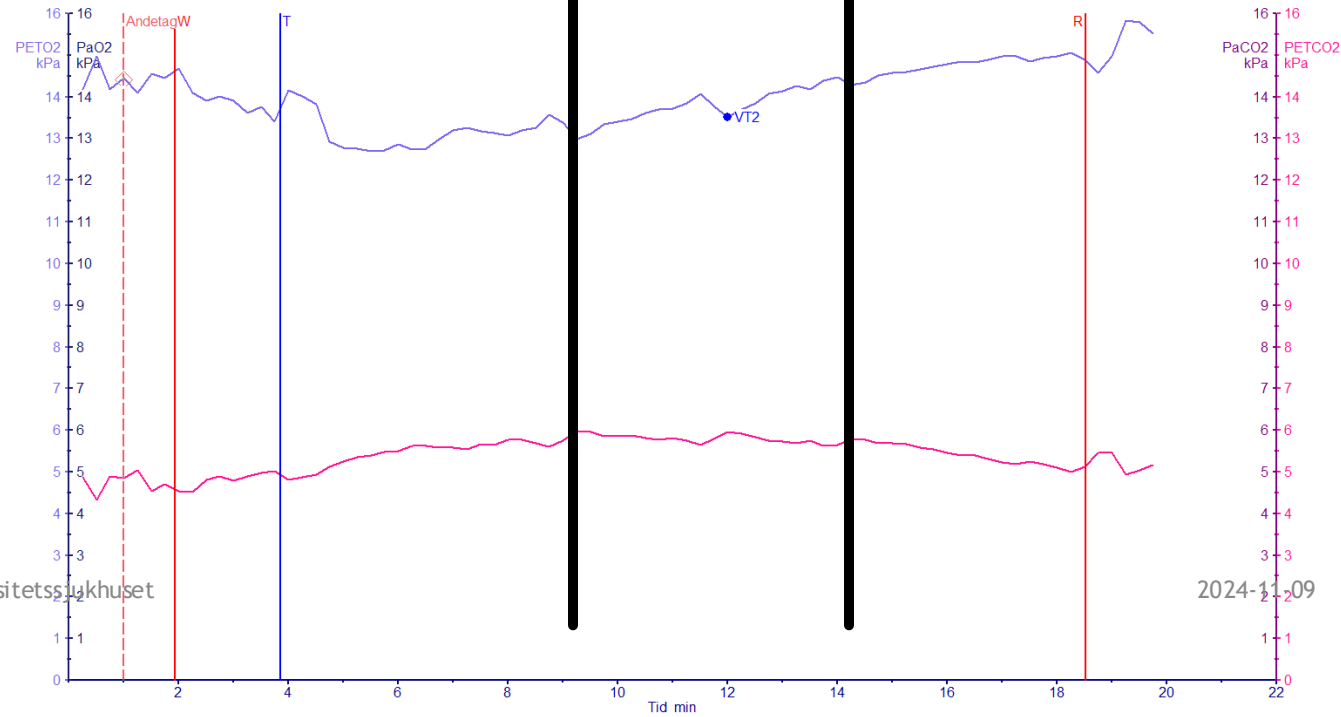
- ▶ RCP = Respiratorisk kompensationspunkt (= VCP, Ventilatorisk kompensationspunkt)
- ▶ Perioden mellan AT och RCP kallas isokapnisk buffringsperiod - ETCO_2 och EqCO_2 hålls relativt konstanta
- ▶ Den punkt varvid kroppens buffrande system inte förmår kompensera ytterligare för progredierande metabol acidosis och H^+ -koncentrationen stimulerar Carotiskropparna till ytterligare ventilationsökning benämns RCP
- ▶ RCP markerar slutfasen av inkrementellt arbete
- ▶ $\text{V}'\text{E}/\text{V}'\text{CO}_2$ -slope mäts fram till denna punkt



ekvivalenter



endtidala



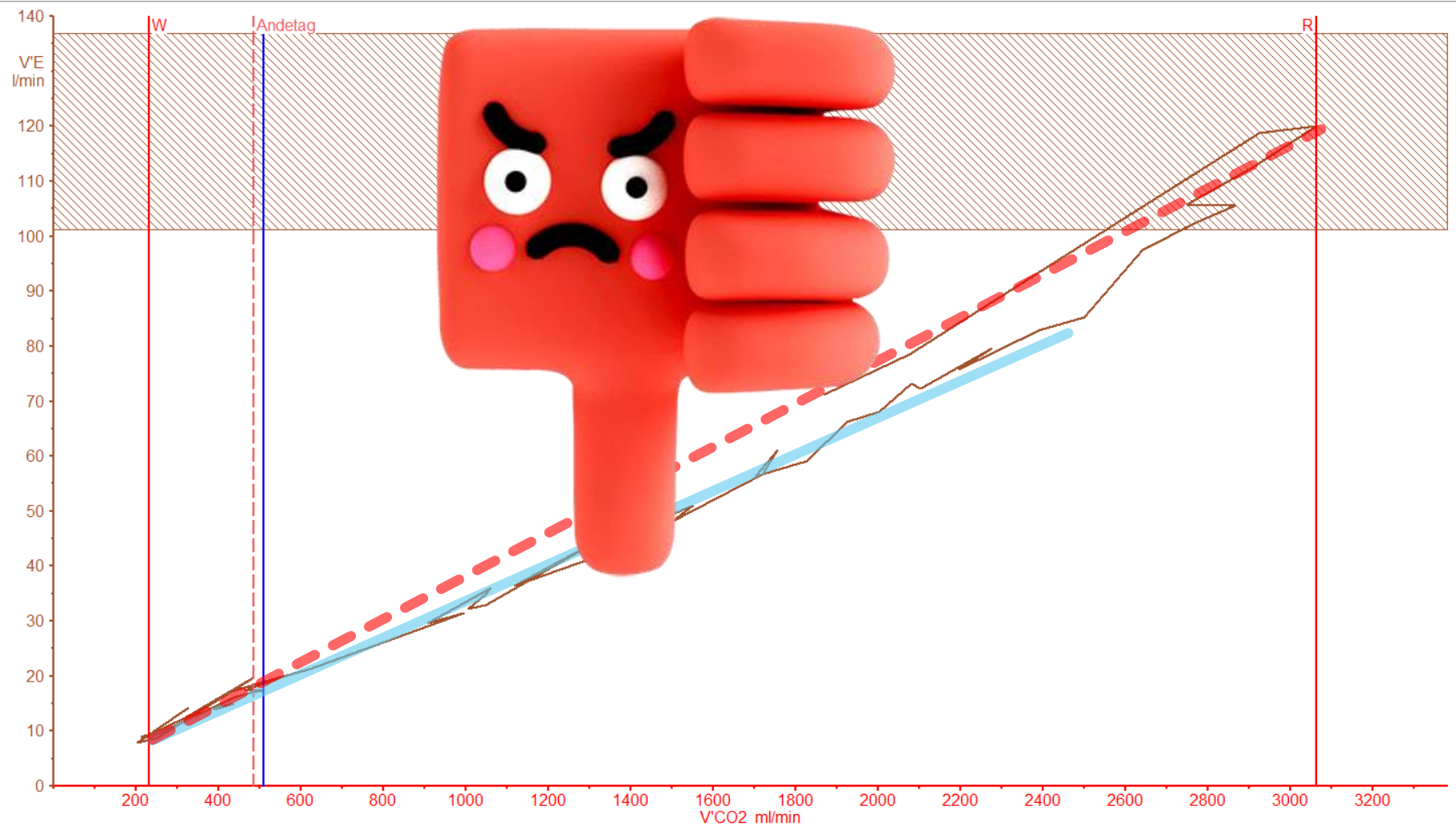
- ▶ Varför bestämma tröskelvärden?
- ▶ Vad är viktigt att tänka på?
- ▶ Fastställande av AT/VT
- ▶ Fastställande av RCP
- ▶ **$V'E/V'CO_2$ och ekvivalenter**
- ▶ $ETCO_2$ och ETO_2

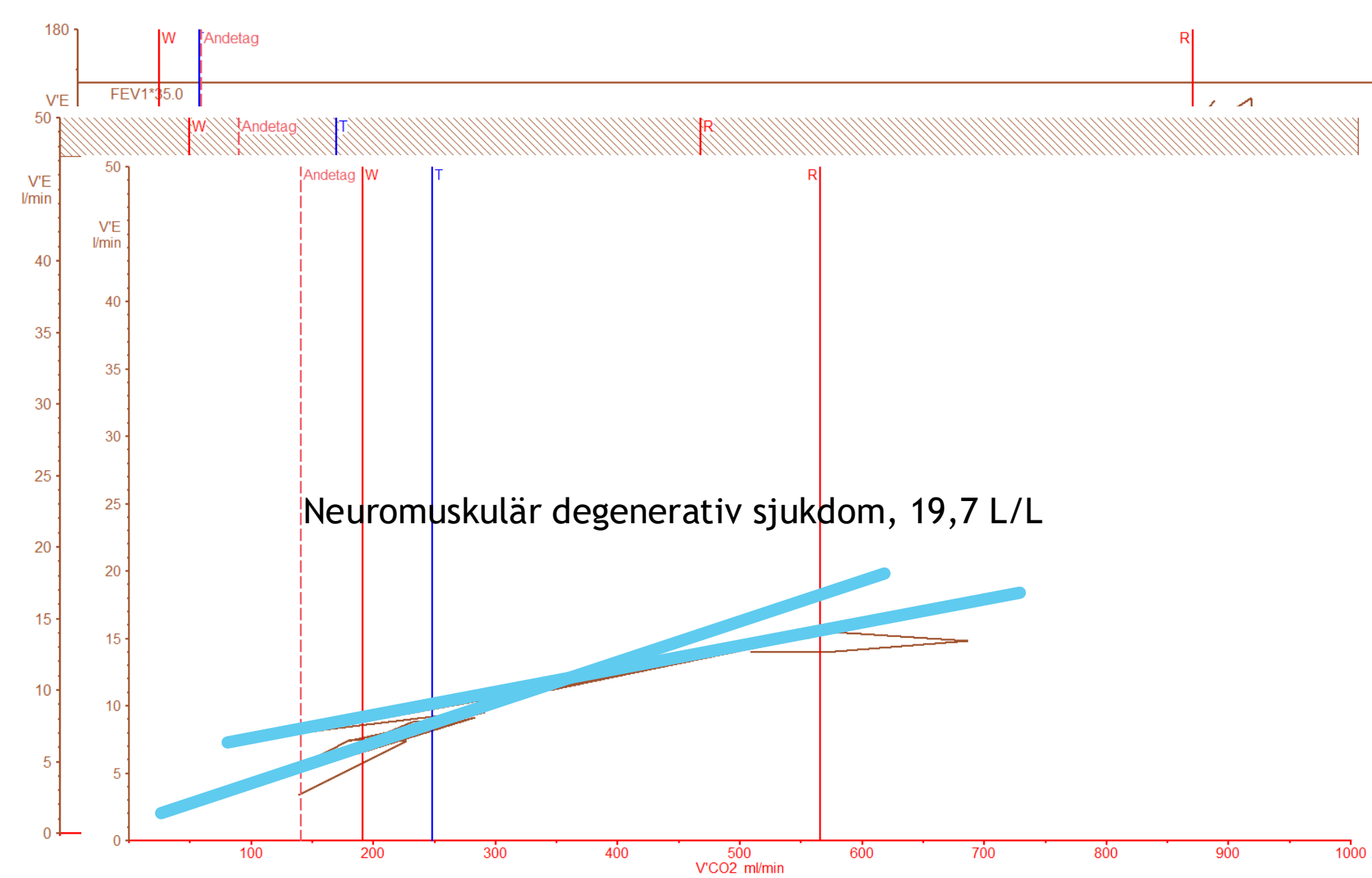
$V'E/V'CO_2$

- ▶ $V'E/V'CO_2$ -slope - ventilatorisk effektivitet
- ▶ Central prognostisk markör i bedömning av ergospirometri
- ▶ Fordrar ej maximalt test
- ▶ Många mätpunkter - robust variabel
- ▶ Förändringar hos individen bär viktig information
 - ▶ Prognos
 - ▶ Utvärdering av behandling

$V'E/V'CO_2$

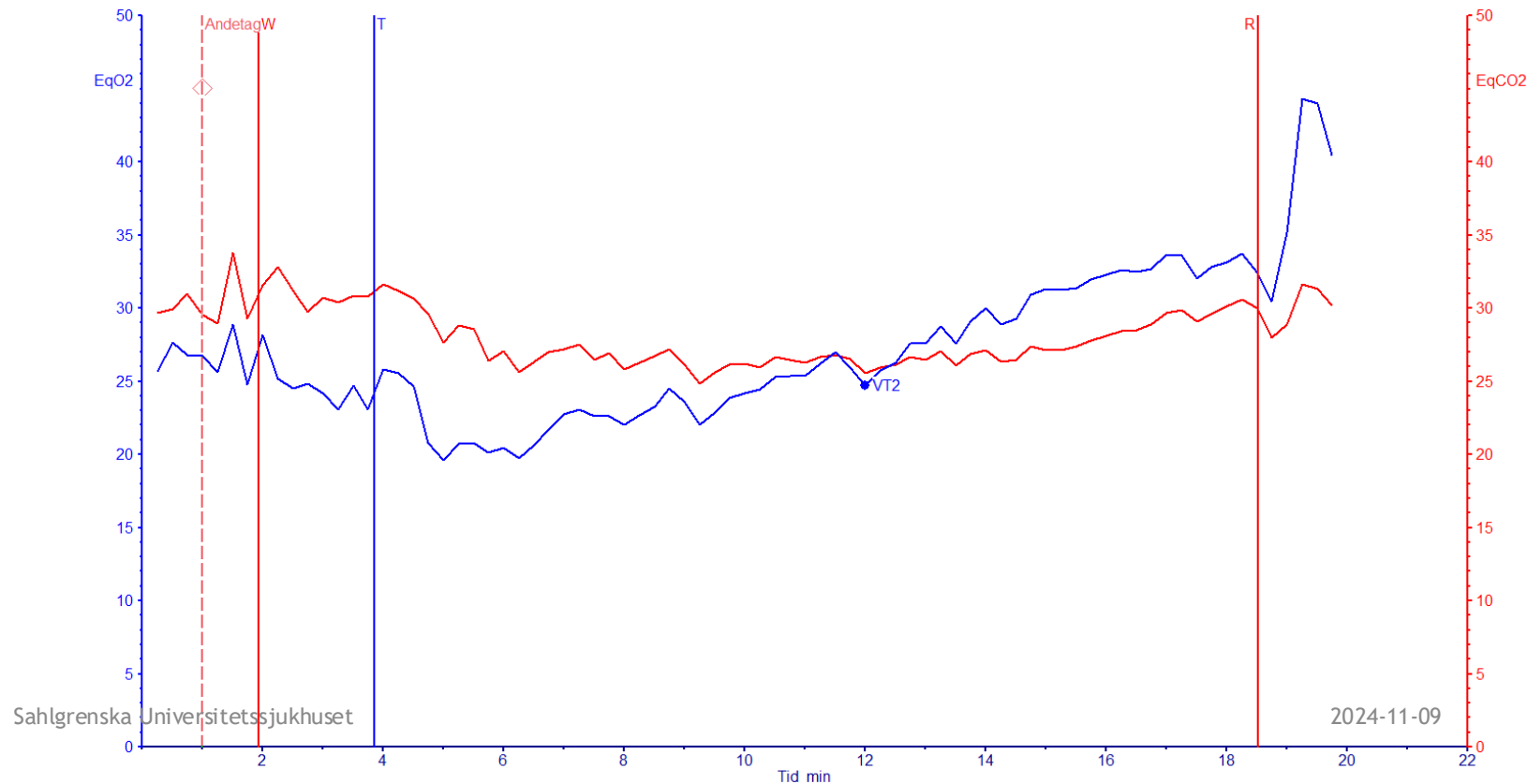
- ▶ Mätprincip - mäts fram till RCP, ej längre
- ▶ $EqCO_2@AT$ ofta bra indikator
- ▶ KOL-patienter har ofta positivt Y-intercept
- ▶ PAH-patienter har ofta negativt Y-intercept
- ▶ Vid abnormt låg $V'E/V'CO_2$ -slope - tänk alveolär hypoventilation





Ekvivalenter

- Grafisk illustration över tid av kvoten ventilerad volym luft per upptagen liter (1) syrgas - EqO_2 respektive i utandningsluften eliminerad liter (1) koldioxid - EqCO_2

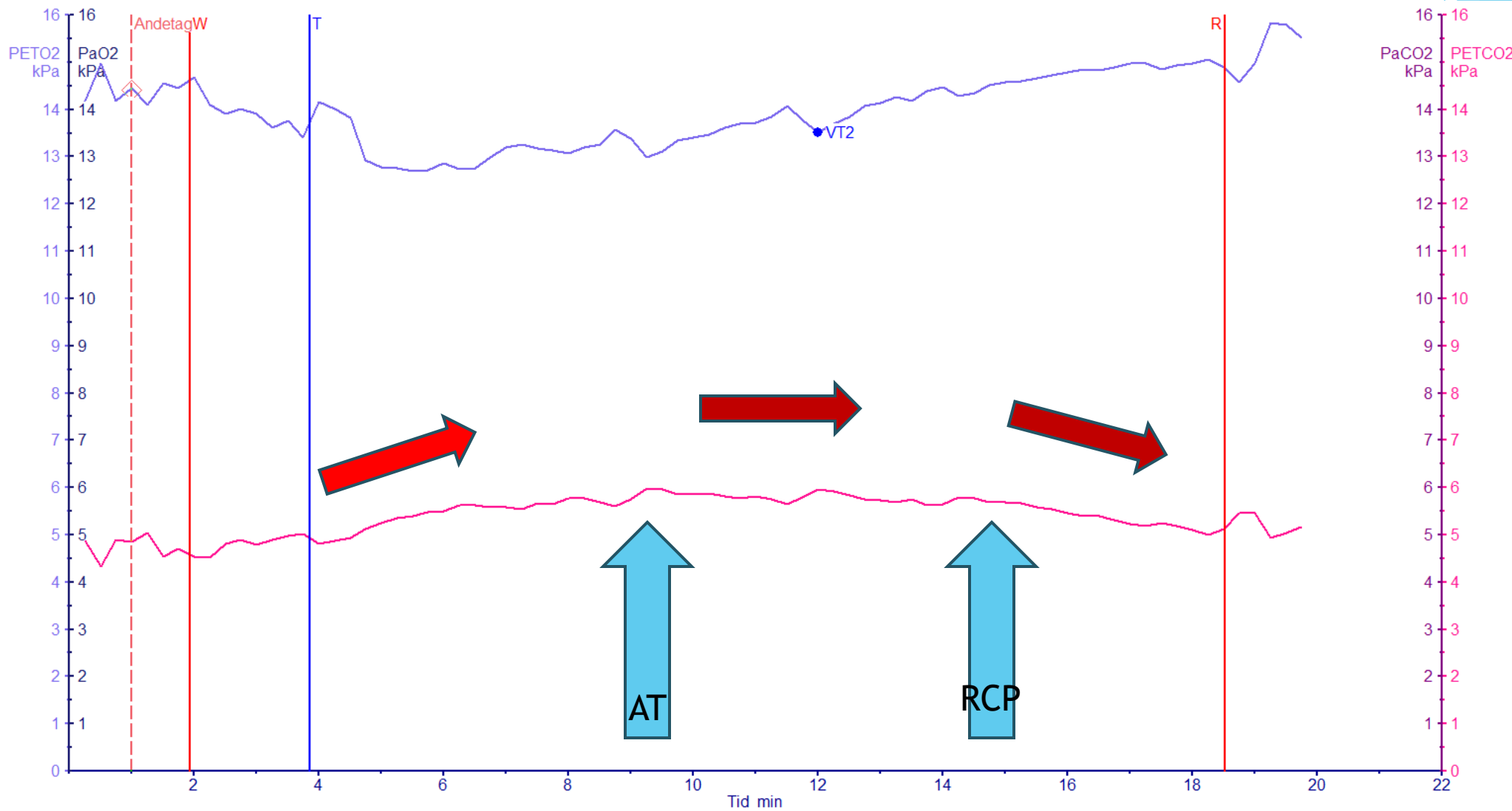


Ekvivalenter

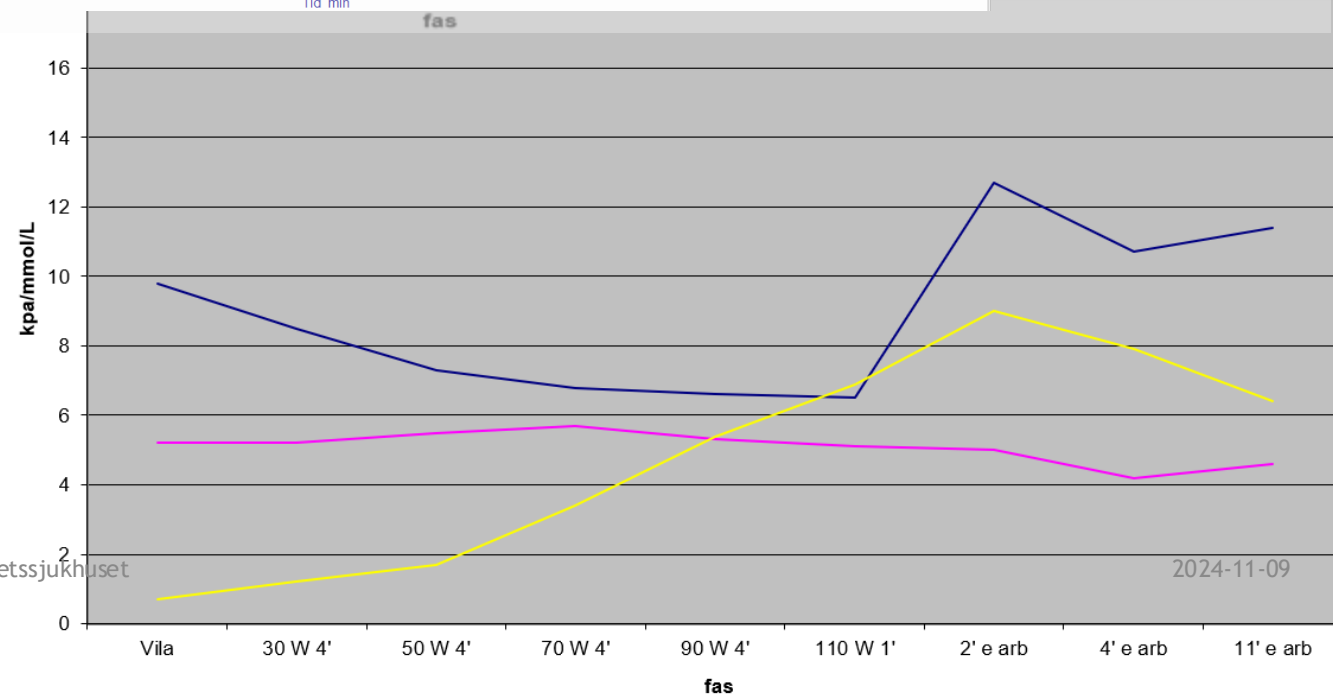
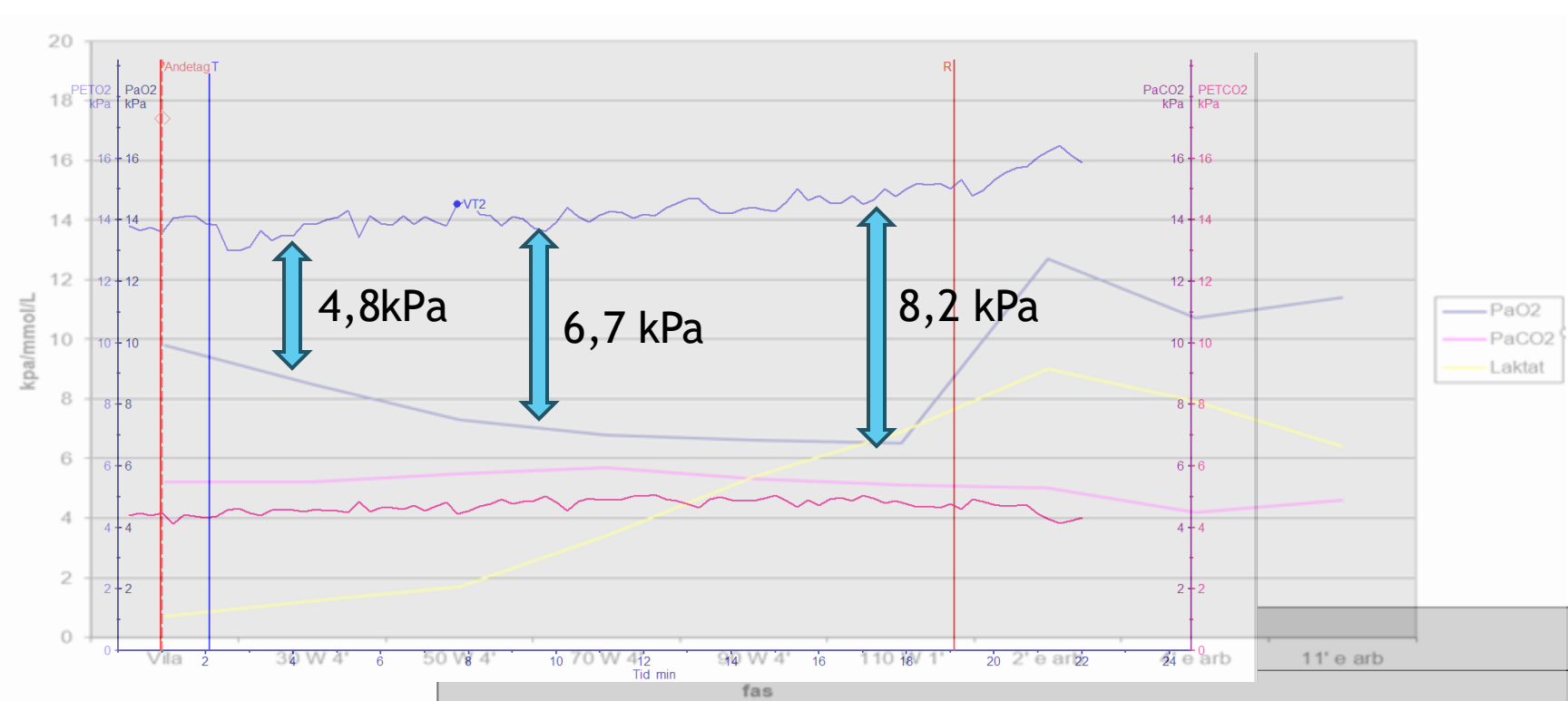
- ▶ Ger en indikation om ventilationsarbetet över tid under belastningen och den ventilatoriska effektiviteten - hur många liter luft behöver testpersonen andas för att ta upp en liter syrgas respektive göra sig av med en liter koldioxid?
- ▶ EqO_2 sjunker ofta initialt under arbete för att sedan stiga vid och efter AT
- ▶ EqCO_2 sjunker ofta initialt under arbete för att sedan plana ut efter AT och stiger vid RCP (jfr isokapnisk buffringsperiod)
- ▶ Höga värden innebär ventilatorisk ineffektivitet, ospecifikt
- ▶ Låga värden är förenligt med alveolär hypoventilation
- ▶ Starkt samband med $\text{V}'\text{E}/\text{V}'\text{CO}_2$ -slope

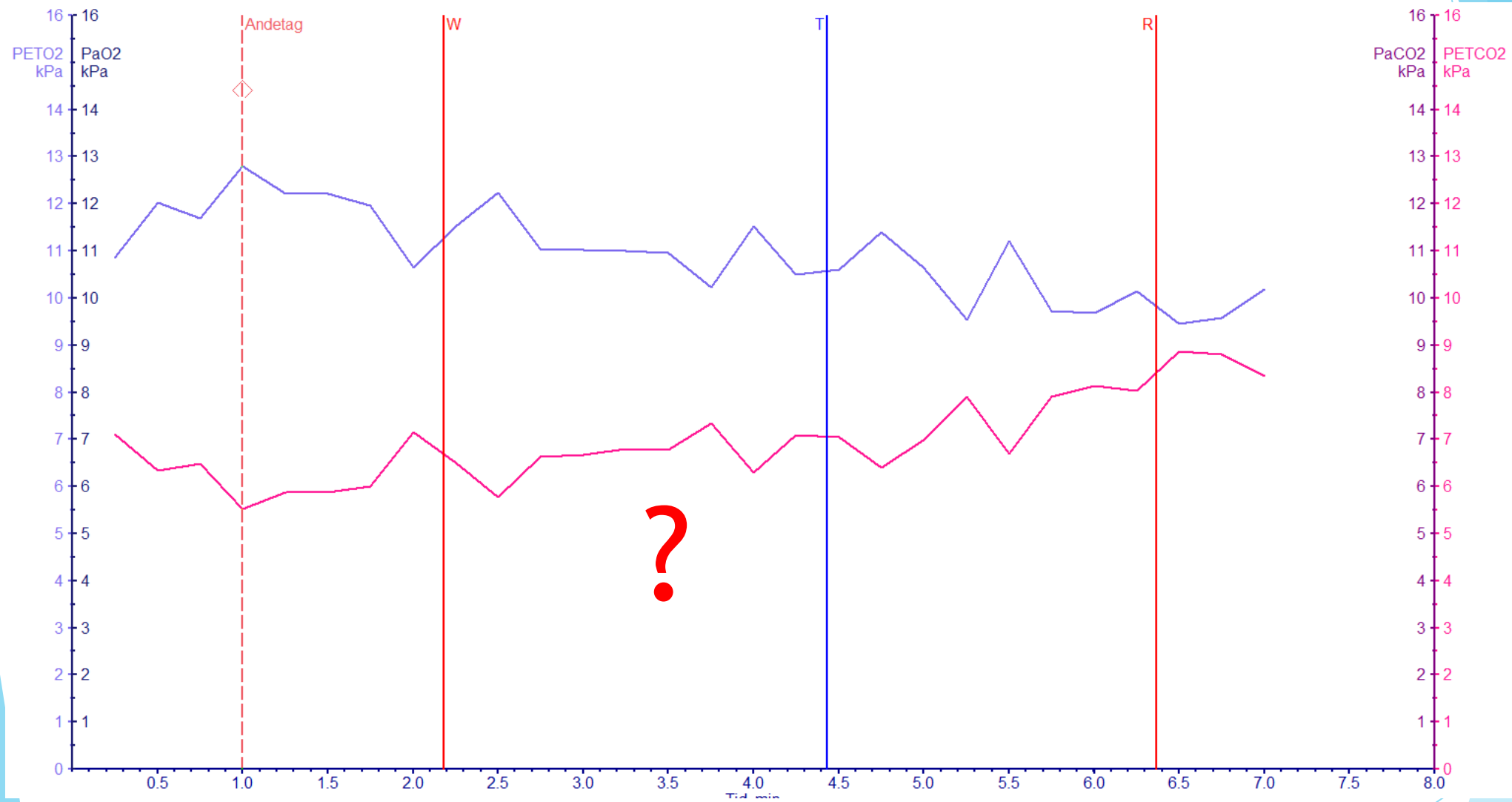
- ▶ Varför bestämma tröskelvärden?
- ▶ Vad är viktigt att tänka på?
- ▶ Fastställande av AT/VT
- ▶ Fastställande av RCP
- ▶ $V'E/V'CO_2$ och ekvivalenter
- ▶ **$ETCO_2$ och ETO_2**

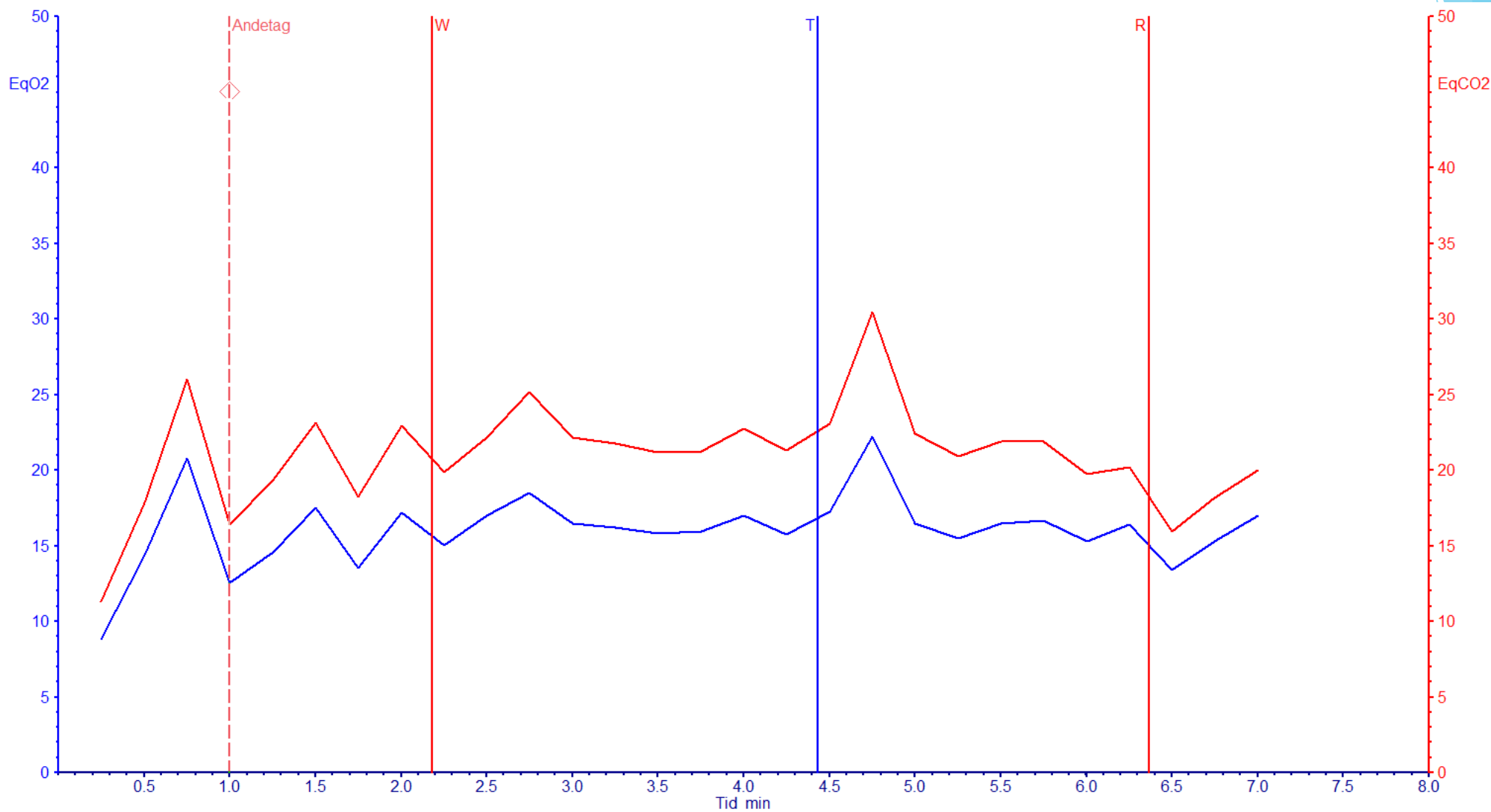
- ▶ ET = EndTidal, partialgastryck i slutexpiratoriska gasfraktioner
- ▶ Speglar lungperfusion, gasutbytet - alveolokapillär funktion, alveolär ventilation och ventilationsfördelning/ -ojämnheter
- ▶ **Låga ETCO₂** kan bero på dåligt perfunderade ventilerade avsnitt i lungan
eller
- ▶ Hyperventilerade normalperfunderade avsnitt (HVS)
- ▶ **Höga ETCO₂** kan bero på ojämnt ventilerade lungor med perifert luftvägsengagemang (KOL, emfysem)
eller
- ▶ Generell alveolär hypoventilation p g a neuromuskulära tillstånd eller dynamiska luftvägshinder (ALS, MG, polychondritis oblitterans)

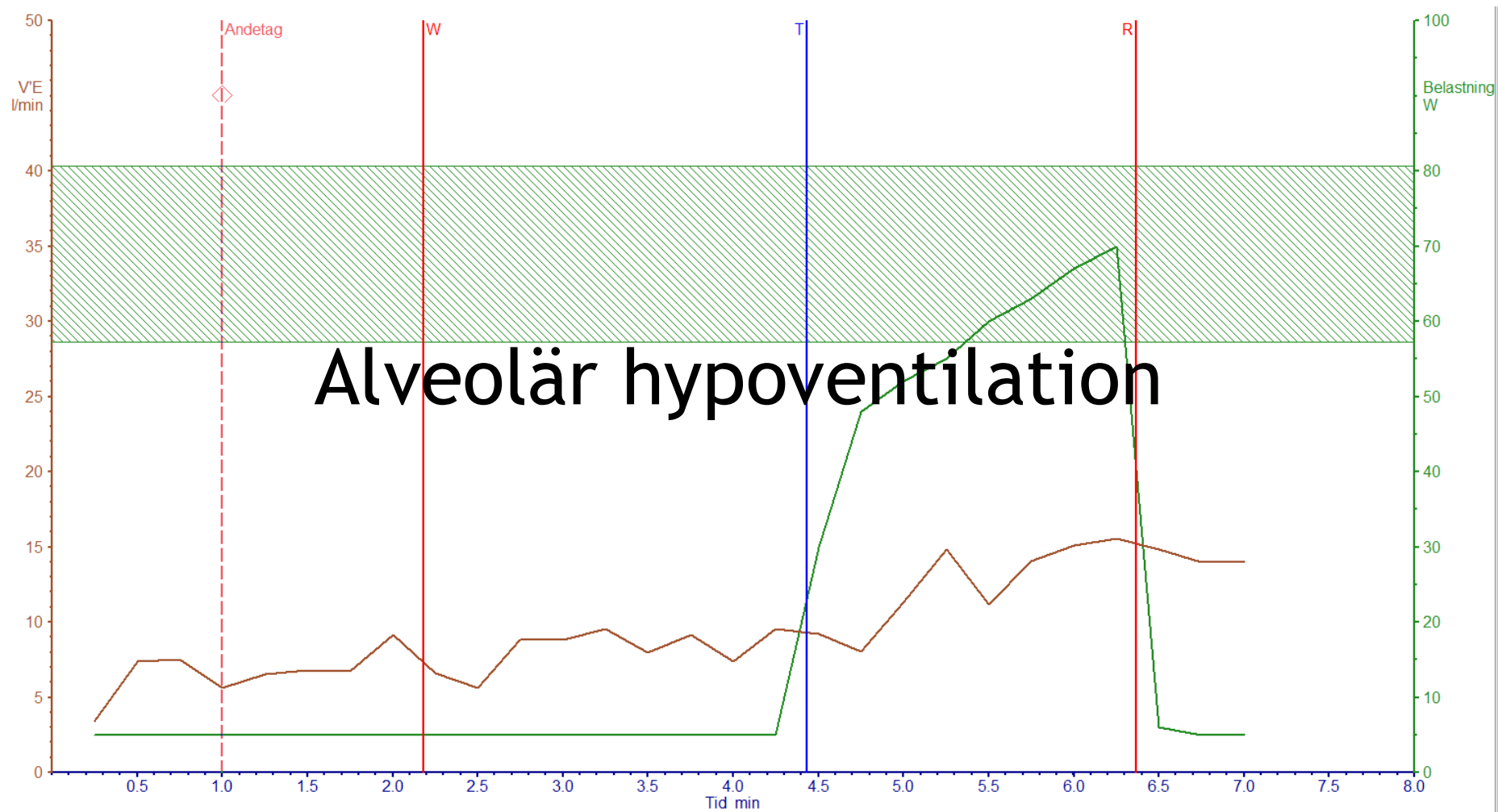


- ▶ Mätpunkter:
 - ▶ Vila
 - ▶ AT
 - ▶ Max
- ▶ Vanligen motsvarar ET-värden blodgasvärden av O_2 och CO_2
- ▶ Stämmer inte vid diffusionshinder, restriktiva lungsjukdomstillstånd, shuntar
- ▶ Normalvärden: ex vis Gläser 2010
- ▶ Vid samtidig analys av blodgaser kan alveoloarteriell differens beräknas









Alveolär hypoventilation

- ▶ Varför bestämma tröskelvärden?
- ▶ Fastställande av AT/VT
- ▶ Fastställande av RCP
- ▶ $V'E/V'CO_2$ och ekvivalenter
- ▶ $ETCO_2$ och ETO_2
- ▶ **Vad är viktigt att tänka på?**

- ▶ Ta för vana att bestämma AT och gärna också RCP vid alla undersökningar. Kan även göras under pågående undersökning (men låt det inte ta för mycket uppmärksamhet från patienten) - övning ger färdighet
- ▶ Ibland är det svårt att urskilja en punkt, det blir snarare ett intervall
- ▶ Använd många grafer för att styrka din hypotes (vid arbetsstationen)
- ▶ Alla patienter når inte RCP eller ens AT!
- ▶ $V'E/V'CO_2$ -slope kanske ergospiometrins krona? OBS mätteknik!
- ▶ Ekvivalenter, $V'E/V'CO_2$ -slope och endtidala partialgastryck ger viktig information om ventilationsarbetet, gasutbytet och är viktiga vid bestämning av AT och RCP
- ▶ Varje sjukdomstillstånd uppvisar sina typiska "fotavtryck" i mätresultaten. Enskilda parametrar kan vara svårvärderade men tillsammans bildar de ofta ett mönster.
- ▶ *Glöm inte bort blodgaserna vid oklara tillstånd/diagnostiska undersökningar*



Tack för uppmärksamheten!

per.nivedaht@vgregion.se



**SAHLGRENSKA
UNIVERSITETSSJUKHUSET
VGR**