



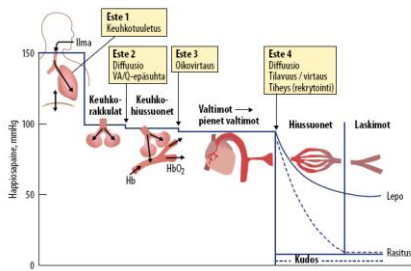
Kurkistus hengityskaasuanalyysin numeroiden taakse & VeriVita-demo

Juha Peltonen
LIT, dos., tutkimusjohtaja
Helsingin urheilulääkäriasema
Urheilulääketieteen osasto
&
Liikuntalääketieteen yksikkö, Clinicum
Helsingin yliopisto

Janne Korhonen
Terveystek. ins., LITM
Tuotepäämikkö
VeriVita
Hämeenlinna

HELSINGIN KUURISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI





KUVA 2. Yksinkertaistettu hapen kulun veiputousohjelmi osoittaa etenevän happipaineen laskun ulkoilmasta suun ja hengitysteiden kautta keuhkorakuihin (este 1). Levossa diffuusio rajoittuneisuudesta tai ventilaation ja perfuusion epäsuhtaisuudesta johtuva este 2 on pieni, samoin kuin mahdollista oikovirtausta kuvaava este 3. Suuri padoitus osapaineissa valtimosta hiussuonten kautta laskimoihin esteessä 4 on riippuvainen hiussuonten määrästä, hiussuonten ja mitokondrioiden välisestä etäisyydestä, hiussuonten tilavuusvirtauksesta ja diffuusioon käytössä olevasta ajasta (t). VA = keuhkotulehdus, Q = perfuusio

Savonen K, Laukkanen J, Peltonen J. Suorituskyky ja kardiorespiratorinen kunt: kuormitusfysiologiasta kliiniseen päättökentteeseen. Duodecim 131:1689-9, 2015.
Rowell LB. Human Cardiovascular control. New York: Oxford University Press, s. 328, 1993.



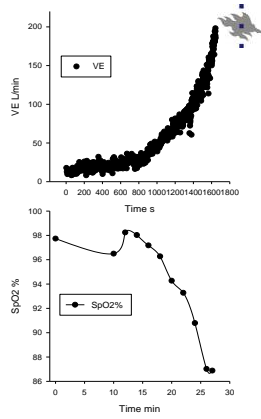
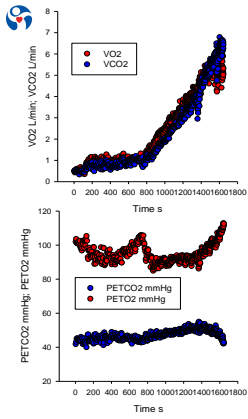
Breath-by-Breath mittauksen monet mahdollisuudet – oheismittauksilla tuettuna



■ PP-ergometritesti



- 10 min @ 20 W + ramp 30 W/min
- Valtimoveren O₂-saturaatio (SpO₂%) laskee voimakkaasti (86%:iin) terveellä urheilijalla
- Miksi tämä olisi mielenkiintoista?
 - Jokainen %-yksikön lasku SpO₂%:ssa laskee VO_{2max}:a 1-2%
- Menikö mittaus pieleen vai onko tulos oikea?
- Mitä katsotaan spiroergometrialutuloksista?
- Helpottavatko oheismittaukset päättelyä?





Rasituksen aikainen valtimoveren O₂-osapaineen (PaO₂) lasku ja siten Hb:n O₂-saturaation (SaO₂, SpO₂) lasku

Syyt:

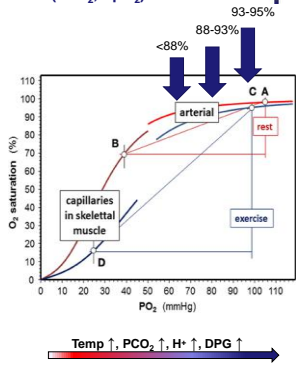
- HbO₂-dissosiaatiokäyrän siirtymä oikealle
- Riittämätön hyperventilaatio
- Alveolaari-arteriaali O₂-eron ((A-a)O₂) kasvu



Rasituksen aikainen valtimoveren O₂-osapaineen (PaO₂) lasku ja siten Hb:n O₂-saturaation (SaO₂, SpO₂) lasku

Syyt:

- **HbO₂-dissosiaatiokäyrän siirtymä oikealle**
- Riittämätön hyperventilaatio
- Alveolaari-arteriaali O₂-eron ((A-a)O₂) kasvu



HbO₂-dissosiaatiokäyrän siirtymä oikealle selittää $\leq 30\%$ SpO₂%:n laskusta
 → kaipaamme muitakin selityksiä



Rasituksen aikainen valtimoveren O₂-osapaineen (PaO₂) lasku ja siten Hb:n O₂-saturaation (SaO₂, SpO₂) lasku

Syyt:

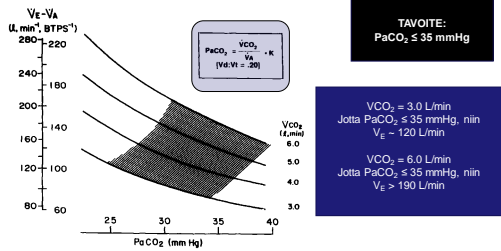
- HbO₂-dissosiaatiokäyrän siirtymä oikealle
- Riittämätön hyperventilaatio
- Alveolaari-arteriaali O₂-eron ((A-a)O₂) kasvu



Riittämätön hyperventilaatio

$$PaCO_2 = 5.5 + 0.90 \cdot PETCO_2 - 0.021 \cdot V_E \quad (r=0.915, p<0.01)$$

Jones NL et al. J Appl Physiol 47, 954-960, 1979.



Relationship of alveolar ventilation (VA) to arterial PaCO₂ (PaCO₂) at various levels of maximum exercise (VCO₂) according to the alveolar air equation. Values shown for total minute ventilation (VA) assume a V(A)/V_I of 0.20 at maximum exercise. Note that to achieve a given level of hyperventilation at maximum exercise (e.g., a PaCO₂ of 30 mm Hg), the ventilatory requirements are markedly different for the sedentary subject (VCO₂ = 3 liter · min⁻¹, V_E = 120 liter · min⁻¹) vs. that achieved in the highly fit (VCO₂ = 6 liter · min⁻¹; V_E > 190 liter · min⁻¹). The shaded areas show the wide range of alveolar hyperventilation achieved at maximum exercise among healthy subjects across the fitness continuum with substantial overlap but a tendency for less hyperventilation at the higher maximum VCO₂ in the highly fit.

Dempsey JA et al. (1996) In: Handbook of Physiology, Sec. 12- Exercise, p.498.



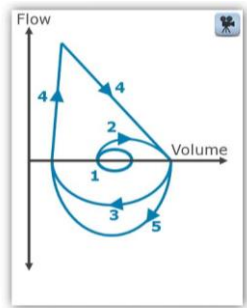
Riittämättömän hyperventilaation syyt

- Kyvyttömyys laskea PaCO₂ ≤ 35 mmHg voi johtua
 - Vaimeasta perifeeristen kemoreseptorien sensitiivisyydestä (Hermis & Stager. J Appl Physiol 79: 575-80, 1995)
 - Hengitysilihasten väsymisestä (Piper & Scheid. Respir Physiol Neurobiol 23: 209-21, 1975; Piper & Scheid. J Appl Physiol 53: 1321-29, 1982)
 - Mekaanisesta sisään- ja uloshengityksen rajoituksesta (Johnson et al. J Appl Physiol 73:874-86, 1992; Dempsey et al Chest 134:613-622, 2008).



Spirometria

- Ensimmäinen ja käytetyin keuhkofunktiotutkimus Euroopassa
- Ilmaisee kapasiteetista kuinka paljon ja nopeasti ilmaa kyetään siirtämään keuhkoista sisään- ja ulos
- Saadaan keuhkojen "sormenjälki"



42 Eur Respir J 2005; 26:pag. 327



Hengityksen rajoittuneisuus räsituksen aikana

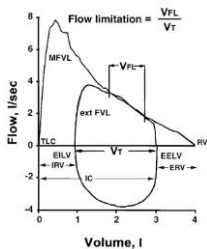


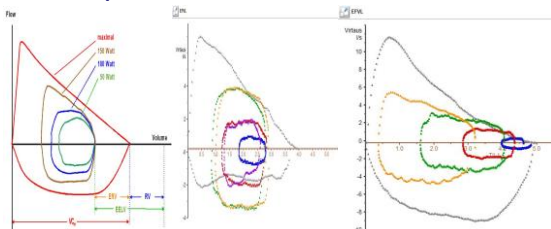
Table 1—Assessment of Ventilatory Constraint Based on the extFVL Relative to the MFVL

Variables	No Constraint	Mild	Moderate	Severe
Flow limitation, % of V _r	0	< 50	50-50	> 50
EELV, % of TLC	< 85	85-90	90-95	> 95
EELV, change from rest	< rest	= rest	≥ rest	> rest
Inspirator flow reserve, % capacity	< 75	75-85	85-95	> 95
V _r /V _{ICAP} , %	< 70	70-85	85-95	> 95

Johnson BD ym 1999; Flow-volume loops_Chest

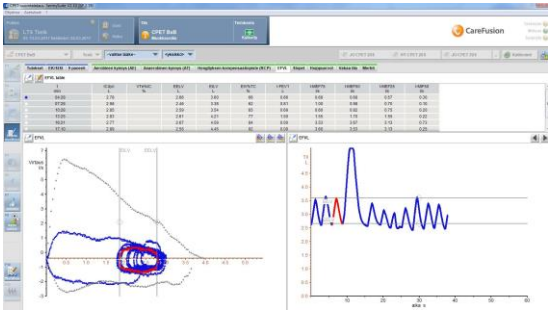


EFVL-loopit



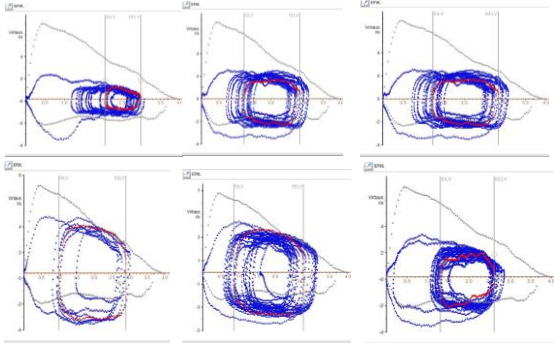


FLV-loopit rasiuksessa





FLV-loopit rasiuksessa





Rasiuksen aikainen valtimoveren O₂-osapaineen (PaO₂) lasku ja siten Hb:n O₂-saturaation (SaO₂, SpO₂) lasku



- Syyt:
- HbO₂-dissosiaatiokäyrän siirtyminen oikealle
 - Riittämätön hyperventilaatio
 - **Alveolaari-arteriaali O₂-eron ((A-a)O₂) kasvu**
 - Ventilaatio-perfuusio (VA/Q) epäsuhta
 - Diffuusiorajoittuneisuus
 - Oikovirtaus



(A-a)O₂ ja sen syyt

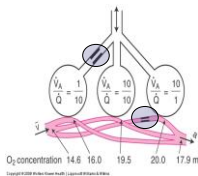


- Levossa 6 – 8 mmHg
- Normaali (A-a)O₂ @ VO_{2max} 15 – 25 mmHg
- (A-a)O₂ 25 – 30 mmHg on suuri
- Kun (A-a)O₂ > 35 mmHg, niin kaasujenvaihdunnassa on suuria rajoituksia

- **(A-a)O₂:n voimakkaan kasvun syyt:**
 - Ventilaatio – perfuusio (V_A/Q) epäsuhta
 - Diffuusiorajoittuneisuus
 - Oikovirtaus (shunt) (Yleensä < 1% Q:sta → vain pieni vaikutus (A-a)O₂:oon. Testi: Hyperoksia)



(A-a)O₂ ja V_A/Q epäsuhta



Sellaiset keuhkojen osat, joissa on suuri V_A/Q lisäävät verraten vähän O₂:a vereen verrattuna pienen V_A/Q suhteen alueiden aiheuttamaan pudotukseen

- Levossa (A-a)O₂ johtuu V_A/Q epäsuhdasta (Dempsey & Wagner. J Appl Physiol 87:1997-2006, 1999)
- V_A/Q epäsuhta kasvaa rasituksen intensiteetin noustessa (Hopkins. Adv. Exp. Med. Biol. 588: 17-30, 2006), mutta hyvä (VO_{2max} > 60 ml/kg/min) ja normaalikuntoisten (VO_{2max} < 50 ml/kg/min) välillä V_A/Q:ssa ei eroa (Hopkins & Hams. Exerc Sports Sci Rev 32:50-56, 2004)
- Vaikka V_A/Q epäsuhta lisääntyy rasituksen intensiteetin myötä, niin sen vaikutusta PaO₂:een (ja SaO₂:n laskuun) hillitsee se, että V_A kasvaa enemmän kuin Q → PAO₂ kasvaa → PaO₂:n säilymisen mahdollisuus paranee (Dempsey & Wagner. J Appl Physiol 87:1997-2006, 1999)



V_A/Q epäsuhdan syyt

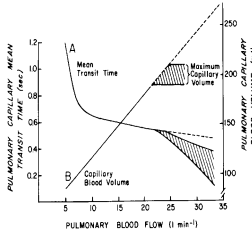


- Rakenteelliset erot verisuonissa, ilmäteissä ja alveoleissa, ja joiden vaikutus ilmenee vasta rasituksessa
- Keuhkoputkien supistuminen (vähäinenkin)
- Hengitysteiden limaneritys (kylmä & kuiva ilma stimuloi)
- Hengitysteiden ja/tai verisuonten tonuksen vaihtelut
- Interstitiaalinen ödeema (gata hypoksia pahentaa) kovassa rasituksessa, mikä vaikuttaa ventilaation ja verenkierron jakautumiseen
- V_D/V_T -suhde heijastelee karkeasti V_A/Q -suhdetta

$V_A/Q = 8.63 R \times ((CaO_2 - C\bar{V}O_2)/PAO_2)$



(A-a)O₂ ja diffuusiorajoittuneisuus



- Ilmenee normoksiassa, kun VO₂ suuri
- Diffuusiorajoittuneisuuden syitä ei tarkkaan ymmärretä, mutta punasolujen keuhkokapillaareissa viettämän ajan lyhenemisellä rasituksessa on tärkeä merkitys (Hopkins et al. Respot Physiol 103:67-73, 1996; Dempsey & Wagner. J Appl Physiol 87:1997-2006, 1999)

Rowell LB. Human Circulation Regulation during Physical Stress, s. 228, 1986



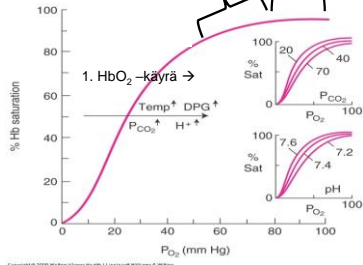
2. Riittämätön hyperventilaatio
- PAO₂ ei nouse tarpeeksi
 - PaCO₂ on liian korkea

Tiivistelmä



4. Diffuusiorajoittuneisuus

3. V_A/Q epäsuhta



HUOMI! Yksilölliset erot!

Copyright © 2000 Wolters Kluwer Health | Lippincott Williams & Wilkins



TAKE-HOME MESSAGE



- Suorassa testissä kynnyksastot ja maksimiarvot ovat mielenkiintoisia, mutta...
- Testistä saa suuren määrän paljon muitakin mielenkiintoista tietoa suorituksen taustalla olevista fysiologisista ilmiöistä
- Lisäksi varsin yksinkertaisilla oheismittauksilla kokonaiskuva laajenee merkittävästi
