

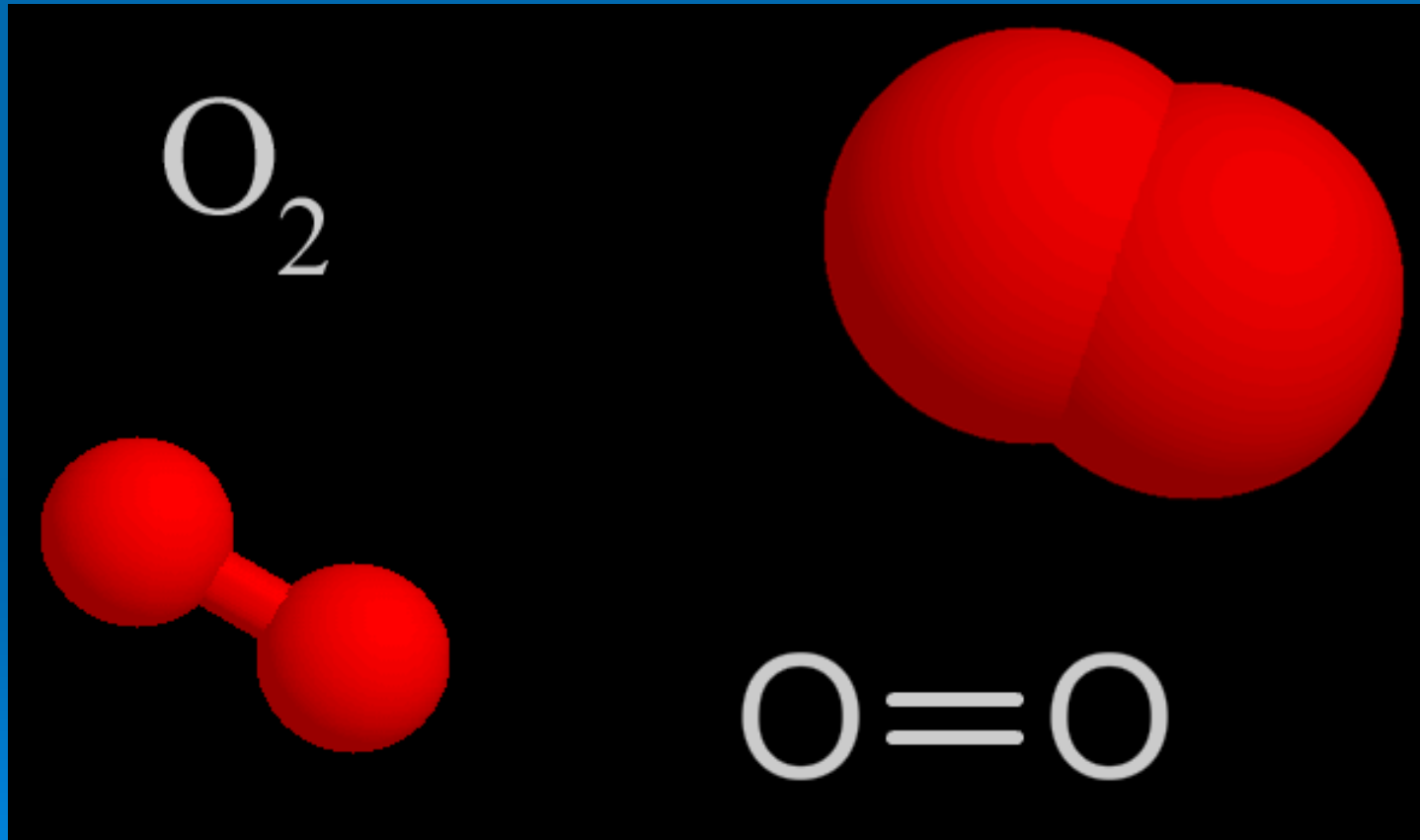
# Hyperbare zuurstoftank

Dr. Yves Devriendt

Roeselare, 21 december 2007



Hyperbare tank = O<sub>2</sub> therapie



# O<sub>2</sub> als een drug

- Werkingsmechanisme
- Indicaties
- Contra-indicaties
- Toxiciteit

# O<sub>2</sub> aanbod

Doelstelling: O<sub>2</sub> aanbod opdrijven

## Omgevingslucht

- 1 atm.
- = druk uitgeoefend door de massa van de atmosfeer op zeeniveau
- = 1.013 Bar = 760 mmHg
- Bevat: 21% O<sub>2</sub> (0.21 bar) en 79% N<sub>2</sub> (0.79 bar)
- = 1 ATA ( eenheid ) absolute atmosfeer

100% O<sub>2</sub>: aanbod x 5

O<sub>2</sub> aanbod nog verder opvoeren? Hyperbaar?

# O<sub>2</sub> aanbod

- Hyperbaar = aan verhoogde druk
  - **Wet van Dalton:  $P_{\text{tot}} = P_1 + P_2 + P_3$** 
    - **$P_1 = P_{\text{tot}} \times \text{fractie vh gas}$**
- 1 bar lucht = 0.8 bar N<sub>2</sub> + 0.2 bar O<sub>2</sub>
- 2.0 bar lucht = 1.6 bar N<sub>2</sub> + 0.4 bar O<sub>2</sub> (x 2)
- 2.5 bar O<sub>2</sub> = 2.5 bar O<sub>2</sub> (x 12.5)

# O<sub>2</sub> content

- O<sub>2</sub> aanbod is opgedreven

**MAAR**

- O<sub>2</sub> in de weefsels ?



# O<sub>2</sub> content

**Wet van Henry:** gas in contact met vloeistof

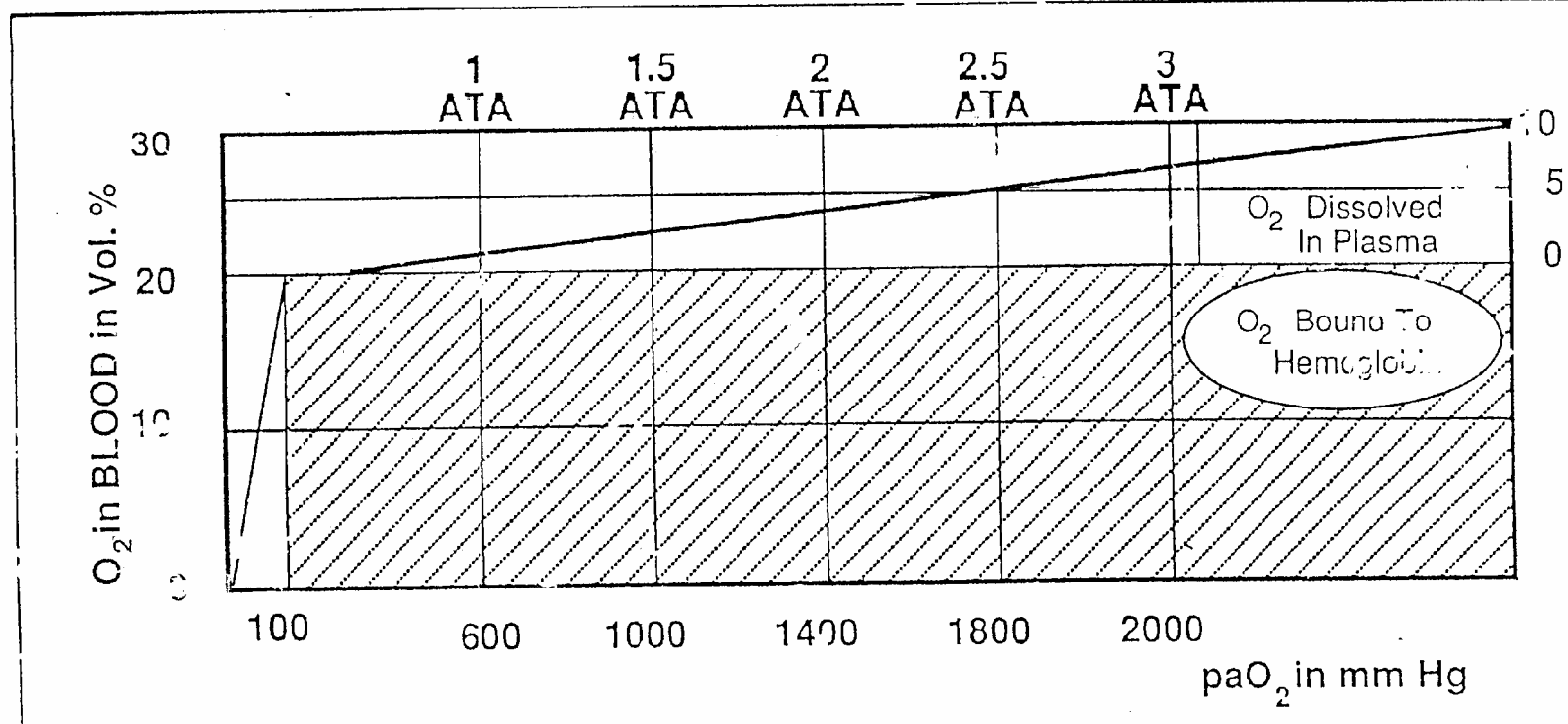
$$\square k \times \frac{P}{C} = cte$$

- P = partiële druk van gas boven een vloeistof  
vb omgevingslucht: O<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>
- C = concentratie van het gas in de vloeistof
- k = oplosbaarheids coëfficiënt

1 atm. op zeeniveau = druk van 10 m water: 1 ATA

$$C_a(O_2) = (Hb \times 1.34 \times S_a O_2) + (P_a O_2 \times 0.003)$$

↓  
apl. coeff.



# O<sub>2</sub> content

- 5 volume % bij 2.5 ATA
- = 5 ml O<sub>2</sub> per 100 ml vloeistof
- = 50 ml O<sub>2</sub> per 1000 ml vloeistof

CO = 5 Liter / minuut

- 250 ml O<sub>2</sub> per minuut (HB ?)

# Indications

- “Therapy in search of disease”

# ECHM

➤ European Committee for Hyperbaric Medicine 1994  
= Overkoepelend orgaan vd Europese organisaties

1. Wetenschap: research, guidelines, ...

2. Praktijk: opleiding, erkenning, ...

# Overzicht indicaties

CONDITION	ACCEPTED			NON ACCEPTED		
	Level of Evidence			Level of Evidence		
	A	B	C	D	E	F
<b>Type I</b>						
CO poisoning		X				
Crush syndrome		X				
Prevention of osteoradionecrosis after dental extraction		X				
Osteoradionecrosis (mandible)		X				
Soft tissue radionecrosis (cystitis)		X				
Decompression accident			X			
Gas embolism			X			
Anaerobic or mixed bacterial anaerobic infections			X			
<b>Type II</b>						
Diabetic foot lesion		X				
Compromised skin graft and musculocutaneous flap			X			
Osteoradionecrosis (other bones)			X			
Radio-induced proctitis / enteritis			X			
Radio-induced lesions of soft tissues			X			
Surgery and implant in irradiated tissue (preventive action)			X			
Sudden deafness			X			
Ischemic ulcer			X			
Refractory chronic osteomyelitis			X			
Neuroblastoma Stage IV			X			

CONDITION	ACCEPTED			NON ACCEPTED		
	Level of Evidence			Level of Evidence		
	A	B	C	D	E	F
<b>Type III</b>						
Post anoxic encephalopathy			X			
Larynx radionecrosis			X			
Radio-induced CNS lesion			X			
Post-vascular procedure reperfusion syndrome			X			
Limb replantation			X			
Burns >20 % of surface area and 2nd degree			X			
Acute ischemic ophthalmological disorders			X			
Selected non healing wounds secondary to inflammatory processes			X			
Pneumatosis cystoides intestinalis			X			
<b>Others indications</b>						
Post sternotomy mediastinitis				X		
Stroke				X		
Sickle cell disease				X		
Malignant otitis externa				X		
Acute myocardial infarction				X		
Femoral head necrosis				X		
Retinitis pigmentosa					X	
Tinnitus					X	
Interstitial cystitis					X	
Facial (Bell's) palsy					X	
Cerebral palsy						X
Multiple sclerosis						X
Fetoplacental insufficiency						X

# Type I ,II, III / A, B,C

## □OUTCOME

- Type I:** the implementation of the recommendation is of critical importance for final outcome of the patient.
- Type II:** the implementation of the recommendation can positively affect the final outcome of the patient.
- Type III:** the implementation of the recommendation is optional

## □STUDY EVIDENCE

- A:** at least 2 concordant , large, double-blind, controlled randomised studies with no or little methodological bias.
- B:** double-blind controlled, randomised studies but with methodological bias; studies with only small samples, or only on a single study.
- C:** only uncontrolled studies or consensus opinion of experts.

# Overzicht indicaties

CONDITION	ACCEPTED			NON ACCEPTED		
	Level of Evidence			Level of Evidence		
	A	B	C	D	E	F
<b>Type I</b>						
CO poisoning		X				
Crush syndrome		X				
Prevention of osteoradionecrosis after dental extraction		X				
Osteoradionecrosis (mandible)		X				
Soft tissue radionecrosis (cystitis)		X				
Decompression accident			X			
Gas embolism			X			
Anaerobic or mixed bacterial anaerobic infections			X			
<b>Type II</b>						
Diabetic foot lesion		X				
Compromised skin graft and musculocutaneous flap			X			
Osteoradionecrosis (other bones)			X			
Radio-induced proctitis / enteritis			X			
Radio-induced lesions of soft tissues			X			
Surgery and implant in irradiated tissue (preventive action)			X			
Sudden deafness			X			
Ischemic ulcer			X			
Refractory chronic osteomyelitis			X			
Neuroblastoma Stage IV			X			

CONDITION	ACCEPTED			NON ACCEPTED		
	Level of Evidence			Level of Evidence		
	A	B	C	D	E	F
<b>Type III</b>						
Post anoxic encephalopathy			X			
Larynx radionecrosis			X			
Radio-induced CNS lesion			X			
Post-vascular procedure reperfusion syndrome			X			
Limb replantation			X			
Burns >20 % of surface area and 2nd degree			X			
Acute ischemic ophthalmological disorders			X			
Selected non healing wounds secondary to inflammatory processes			X			
Pneumatosis cystoides intestinalis			X			
<b>Others indications</b>						
Post sternotomy mediastinitis				X		
Stroke				X		
Sickle cell disease				X		
Malignant otitis externa				X		
Acute myocardial infarction				X		
Femoral head necrosis				X		
Retinitis pigmentosa					X	
Tinnitus					X	
Interstitial cystitis					X	
Facial (Bell's) palsy					X	
Cerebral palsy						X
Multiple sclerosis						X
Fetoplacental insufficiency						X

# CO intoxicatie

Wanneer CO-intoxicatie? brand, kachels, garages,... ( probleem van verbranding/ ventilatie )

➤ Probleem: O<sub>2</sub> versus CO competitie voor HB/ myoglobine / cytochroom a-a3: ! **Weefselhypoxie** !

➤ **HBO** ? Doel: O<sub>2</sub> aanbod opdrijven ( CO T1/2 van 300min 21% - 35 min 2 ATA )

➤ Wie HBO ?

- Risico CO intoxicatie ( duur en ernst van expositie )

- Abnormaal CO in bloed ( COHB 1-10 % bij rokers )

+ neurologische/cardiale/respiratoire symptomen/zwangere (3<sup>o</sup> trim. Foetaal HB)

(andere optioneel)

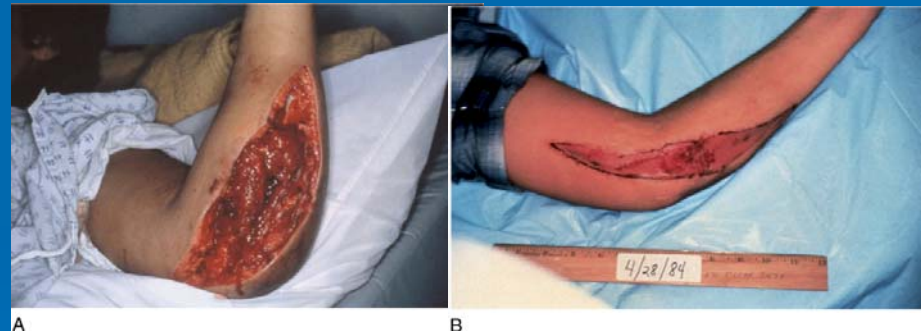
+ 24h en symptoomvrij:

geen HBO<sub>2</sub>

# Anaerobe/mixed aerob-anaerobe soft tissue infecties

- Myonecrose : Clostridium species ( Gasgangreen )
- Necrotiserende fasciitis : mixed flora ( Gangreen van Fournier )
- **HBO ?**: toxisch voor anaeroben / verbeterde werking leucocyten en bepaalde antibiotica.

- Zin of onzin HBO ?
- 11 studies HLK + AB + HBO: survival 78 %
- 5 studies HLK + AB : survival 64 %



- Aanbeveling: HBO bij ernstige infecties ( multiple orgaan weerslag/ ICU verblijf

ICU patiënten: Sepsis/ sedatie/ventilator/ Inotropie/ANI  
Hyperbare omgeving? Gaswetten?

# Diabetische voet/ niet helende wonden

- Oorzaak : hypoxie
  - Systemisch: Vasculitis / atherosclerose
  - Locaal : Infectie /oedeem /radionecrose
  
- **HBO ?**: oedeem ↓/ collageen ↑ / redistributie / infectie ↓ .
  
- Voorwaarden tot succes: transcutane zuurstofspanning
  - Voor HBO
    - TcPO<sub>2</sub> minder dan 20 mmHg : HBO ( > 50 mmHg at ref. site)
    - TcPO<sub>2</sub> boven 20 mmHg: geen HBO
  - Tijdens HBO
    - TcPO<sub>2</sub> meer dan 100 mmHg: verder HBO ( >1000 mmHg at ref. Site )
    - TCPO<sub>2</sub> onder de 100 mmHg: HBO geen zin

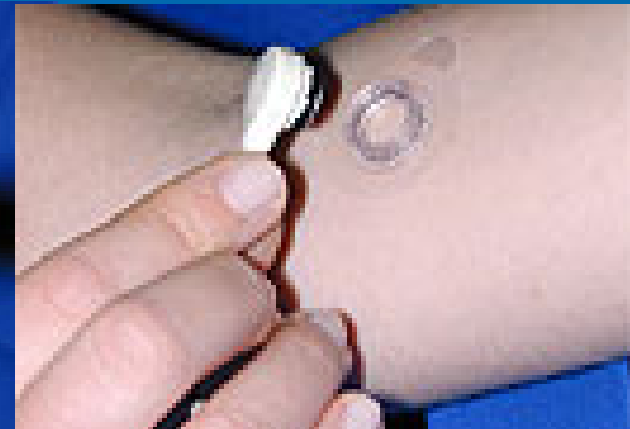
# TcPO<sub>2</sub>



A



B



# Radionecrose

**HBO ?** : angiogenese, fibroblast en osteoblast proliferatie

- Osteoradionecrose
  - mandibula ( tandextracties )
- Weke delen radionecrose
  - Radio-enteritis / radio-proctitis
  - Radio-cystitis

HBO : zin of onzin ? : weinig nevenwerkingen

# Gasembool

- Arterieel embool :CVA na hartcatheterisatie / ECC / klepchirurgie / endoscopie , duikers , ...

**HBO ?** :  $P \times V = cte$  ( Boyle-Mariotte )

- Veneus embool: PHT; RV falen ( PFO 25 % ) vb CVC , neurochirurgie, endoscopie , dialyse, duikers ...

- **HBO ?** :  $P \times V = cte$

- Belang: binnen 1- 6 h na incident

# Duikers = Bubbles

- Decompressie ziekte bij duikers

$$P / C = \text{cte in opl ( Wet van Henry )}$$

Toename van  $N_2$  in de weefsels

30 meter: 4 bar = 3.2 bar  $N_2$  + 0.8 bar  $O_2$

= gasbellen in alle weefsels ( ook bloedvaten )

- Arterieel Gasembool / Pneumothorax

$$P \times V = \text{cte ( Boyle - Mariotte )}$$

- longen: afgesloten alveolus : (  $P > 80 \text{ mmHg}$  )

# Acute doofheid

Oorzaak: vermoeden van microemboli:

- volume afname door Hyperbare therapie
- oedeem verzadigen met O<sub>2</sub>

## ➤ Praktijk :

- Binnen 48h: 2/dag: 5 sessies – 1/dag: 5 sessies- ORL nazicht
- Na 48h: 1/dag: 5 sessies – controle ORL

# Contra-indicaties: luchthoudende ruimten

- Luchthoudende ruimten: oor/ sinussen / longen/ tanden/ maagdarmkanaal/ oogheelkunde

Luchthoudende ruimten moeten equilibreren met omgevingsdruk.

indien afgesloten  $P \times V = ct$

Compressie: onderdruk ( krimpen ) / Decompressie: overdruk ( uitzetten)

- Oor: buis van Eustachius: afgesloten: nasale congestie/BLWI ( Valsalva):  
midden-en binnenoorschade
- (trommelvliesbuisjes bij beademde patiënt/geen kauwgom )
- Sinussen: problemen bij inflammatie van de mucosa: **bloeding/**  
**pneumocephalus**
- Longen:  
Problemen bij bullae ( COPD) /cysten/pneumonie/longcontusie  
**Pneumothorax/ pneumomediastinum/ subcutaan emfyseem/CV collaps/**  
**arterieel gasembool**

# Contra-indicaties

## ➤ ABSOLUTE:

- Pneumothorax / bleomycine

## ➤ RELATIEVE:

- Luchthoudende ruimten

- Respiratoir systeem

- Toename gasdensiteit – toename turbulente flow – toename ademarbeid
- !! Respiratoire belaste patient !! Ev. Niet-invasieve-ventilatie

- Cardiaal systeem

- bradycardie (daling cardiac output)
- Vasoconstrictie (ook microcirculair)

- Recente duik / vliegtuigreis

# Toxiciteit van O<sub>2</sub>

- Hoog O<sub>2</sub> toxisch voor **ogen, longen, cns** tgv de vrije zuurstof radicalen
- **cns**: visusstoornissen/spiercontracties/stuipen  
( 2.5 ATA O<sub>2</sub>, duur ?, aantal sessies ?)
  - ❑ R/ O<sub>2</sub> mask af / ev. benzo's / stop decompressie als pat. in apnee (PxV=cte)
  - ❑ Preventie: O<sub>2</sub> breaks
- **ogen**: myopie of bijziendheid
- **longen**: fibrose/ absorptie atelectase

# HBO sessie

## ➤ Standaard

- ❑ 1 ATA naar 2.5 ATA ( 15 meter duiken) : 15 min
- ❑ Op 2.5 ATA: 20 min O<sub>2</sub>- 5 min lucht - 20 min O<sub>2</sub> - 5 min lucht- 20 min O<sub>2</sub>
- ❑ Van 2.5 ATA naar 1 ATA: 15 min

## ➤ CO intoxicatie

- ❑ 1 ATA naar 2.5 ATA : 15 min
- ❑ Op 2.5 ATA : 30 min O<sub>2</sub> / 5 min lucht / 30 min O<sub>2</sub>
- ❑ Van 2.5 ATA naar 1 ATA: 15 min

## ➤ Duikongevallen: veel langduriger protocollen.

# High altitude sickness: O2 tekort



A



