

FORSVARET  
Forsvarets sanitet

## CO<sub>2</sub>-forgiftning og dybderus

KL LEGE SINDRE EKREN

Helse for stridsvorne 28.05.14 1

FORSVARET  
Forsvarets sanitet

## KARBONDIOKSID - CO<sub>2</sub>

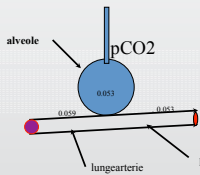
- Forbrenningsprodukt i cellene, skilles ut i lungene
- CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen er vanligvis 0,04 % i luft, men den stiger til ca 5 % i alveolene
- styrer respirasjonen – CO<sub>2</sub>-reseptorer i hjernestammen
  - ( ventilasjonen øker opp til et visst pCO<sub>2</sub>- deretter ” point of no return” - kan skje ved dypdykk - 200 m)
- Utvider blodårer
- CO<sub>2</sub> produksjon
  - i hvile: 200ml/min
  - max arbeid: 3000ml/min

Helse for stridsvorne 28.05.14 2

FORSVARET  
Forsvarets sanitet

## pCO<sub>2</sub>

- ren luft
  - pCO<sub>2</sub>: 0.0033 bar
- lungevener arterielt blod
  - pCO<sub>2</sub>: 0.053 bar
- lungealveoler
  - pCO<sub>2</sub>: 0.053 bar
- lungearterier/ venøst blod
  - pCO<sub>2</sub>: 0.059 bar



Helse for stridsvorne 28.05.14 3

FORSVARET  
Forsvarets sanitet

## Hyperkapni – CO<sub>2</sub>-forgiftning

- **DYKKERELATERTE ÅRSAKER:**
  - **stort døddrom** i pusteventil/ helmaske
    - Puster inn igjen sin egen utåndingsgass – CO<sub>2</sub> akkumuleres
  - fridykk: lang snorkel
  - **svikt av CO<sub>2</sub>-absorber** i lukket pustesystem (100% O<sub>2</sub>-utstyr marinejegere)
  - **dårlig lufting** av hjelm/ trykkammer – CO<sub>2</sub> er 1,5 ganger tyngre enn oksygen og nitrogen og vil kunne samle seg på lavtliggende steder
  - dårlig **lungeventilasjon**
    - ( metningsdykk- **høy viskositet** av gassen)
  - **Forurensing** av CO<sub>2</sub> i pustegass
    - Dannes ved forbrenning av organisk materiale – i slike tilfeller vil oftest gassen smake/lukte vondt pga. forurensning med andre gasser

Helse for stridsvorne 28.05.14 4

FORSVARET  
Forsvarets sanitet

## Hyperkapni

- Forsterkes av
  - Dybde (øket pustumotstand/tett pustegass)
  - Hardt arbeid (øket CO<sub>2</sub> produksjon)
- CO<sub>2</sub> forgiftning og dykkere
  - Dykkere har generelt ”dårlig CO<sub>2</sub> sensitivitet”
  - Kan bygge opp høy CO<sub>2</sub> i blodet uten vesentlige sympt.
  - ”tåler mer” (ukjent årsak)
  - (jmf. KOLS-pas.)


Helse for stridsvorne 28.05.14 5

FORSVARET  
Forsvarets sanitet

## Hyperkapni - Symptomer


- Viktigst: åndenød/kvelningsfølelse
- Hodepine
- Hjertebank
- Angst
- Svette
- Hyperventilering

Helse for stridsvorne 28.05.14 6

 **Symptom ved CO<sub>2</sub> stigning/  
toleranse v/ 1 Atm:**


- **3% CO<sub>2</sub>/0.02Atm**
  - doblet ventilasjonsrate
- **6% CO<sub>2</sub>/0.06Atm**
  - tungpustet, økt respirasjonsrate, økt tidevolum
  - BT/pulsøkning, svette, rødme
  - forvirring, rastløshet, dårlig motorikk
- **10% CO<sub>2</sub>/ 0.10 Atm**
  - bevisstløshet
- **12-14% CO<sub>2</sub>/ 0.12-0.14 Atm**
  - respirasjonsdepresjon, cardiodepresjon = nedsatt hjerterytme
- **20-40% CO<sub>2</sub>/ 0.20-0.40 Atm**
  - rask død

Helse for stridsvorne 28.05.14 7

 **OBS OBS OBS**


- **EN MERKER IKKE alltid TIDLIGE SYMPTOMER UNDER VANN.**
- **Kan bli BEVISSTLØS UTEN FORVARSEL!!!**

Helse for stridsvorne 28.05.14 8


 **Andre effekter av CO<sub>2</sub>**

- Vasodilatasjon
  - Ugunstig i bunnfase – mer nitrogen til vevet
  - Men en viss CO<sub>2</sub> økning vil trolig bidra til en hurtigere utvasking av nitrogen ved dekompresjon
  - Gir hodepine
- Kjernedannere? – samler gass til bobler der hvor det er overmetning/gassoverskudd
  - Øke fare for TFS
- Ved etablert TFS vil trolig CO<sub>2</sub> bidra til en volumøkning av boblene

Helse for stridsvorne 28.05.14 9


 **Shallow water black-out**

Helse for stridsvorne 28.05.14 10

 **Hva skjer ved hyperventilering?**

- CO<sub>2</sub> styrer respirasjonen
- CO<sub>2</sub> øker når en holder pusten- "breaking point"
- Nås senere etter hyperventilering ( pCO<sub>2</sub> reduksjon i alveoler)
  - Luffer ut CO<sub>2</sub> av kroppen – føler senere trang til å puste
- pO<sub>2</sub> kan falle til kritisk nivå uten forvarsel

Helse for stridsvorne 28.05.14 11

 **Hypoksisk blackout**

- Faren ved fridykking
- Cellene forbruker O<sub>2</sub> – gradvis fall i O<sub>2</sub>%
- Tolererer lavere O<sub>2</sub>% ved dype fridykk pga. høyere pO<sub>2</sub>

Helse for stridsvorne 28.05.14 12

**FORSVARET**  
Forsvarets sanitet


## Hypoksisk blackout

- Under oppstigning vil pO<sub>2</sub> falle til under kritisk verdi
- Under et visst nivå vil dette føre til bevisløshet

Helse for stridsvorne 28.05.14 13

**FORSVARET**  
Forsvarets sanitet

## Dybderus



Helse for stridsvorne 28.05.14 14

**FORSVARET**  
Forsvarets sanitet

## INERTGASSNARKOSE

→ metabolisk inaktive gasser

- Kjennetegn:
  - Reduserte neuromuskulære prestasjoner
  - Red. intellektuelle prestasjoner
  - Endret stemningsleie og oppførsel
  - Alkohollignende rus
- Kommer ved visse partialtrykk av inertgassen
  - Ulik grad av fettløselighet
- Inertgasser som gir narkose:
  - Neon, argon, krypton, xenon
  - Hydrogen, anestesigasser, **nitrogen**

Helse for stridsvorne 28.05.14 15

**FORSVARET**  
Forsvarets sanitet

## INERTGASSNARKOSE

- Membranstabiliserende effekt – påvirker nervernes ledningsevne
- N<sub>2</sub>O – lystgass - så narkotisk at den er effektiv selv ved overflatetrykk
- Narkotisk potensiale:  
Xe>Kr>Ar>N<sub>2</sub>>H<sub>2</sub>>Ne>He

Helse for stridsvorne 28.05.14 16

**FORSVARET**  
Forsvarets sanitet

## NITROGENNARKOSE

### ”dybderus”

- Årsak: økt pN<sub>2</sub>
- Rask utvikling
- Økende dybde gir økende symptom
- Ingen forverring over tid
- Alkohollignende rus



Helse for stridsvorne 28.05.14 17


**FORSVARET**  
Forsvarets sanitet

## Dybderus

### Store individuelle variasjoner


- Luft som pustegass
  - Første innslag ved ca 30m
    - Lett eufori, nye oppgaver kan virke vanskelige
  - Tydelig ved ca 30-50 meter
    - Red. resoneringsevne, hukommelse, reaksjonsevne
    - Økt selvtillit, latter (kontrollerbar)

Helse for stridsvorne 28.05.14 18


 **Dybderus**  
Store individuelle variasjoner

- Luft som pustegass
  - Første innslag ved ca 30m
    - Lett eufori, nye oppgaver kan virke vanskelige
  - Tydelig ved ca 30-50 meter
    - Red. resoneringsevne, hukommelse, reaksjonsevne
    - Økt selvtilit, latter (kontrollerbar)


Helset for stridsvorne 28.05.14 19

 **Dyp dybderus**

- 50-70 meter
  - Ukontrollert latter/ hysteri, snakkesalig
- 70-90 meter:
  - svært svekket dømmekraft og yteevne. Livsfarlig!
- 130-150 meter:
  - "hallusinatorisk rus" (LSD); bisarre vrangforestillinger, hallusinasjoner




Helset for stridsvorne 28.05.14 20

 **Dybderus**

- Forhold som påvirker dybderusen
  - Individuelle forskjeller
  - CO2 (øker narkosen), eks. hardt arbeid, tungpustet ventil
  - Angst, promille/ bakrus (forsterker narkosen)
- Tilpassning
  - "tilvenningsdykk" øker personlig toleranse/ egen oppfatning av narkosegrad, men påvirker neppe objektiv yteevne
- **Behandling: ikke nødvendig. Effekten forsvinner når dykkeren svømmer opp → reduksjon av partialtrykket**

Helset for stridsvorne 28.05.14 21

 **Helium**

- Beskjeden narkotisk effekt sammenlignet med de andre gassene – anvendelig ved dypdykking
- Lav molekylvekt, tetthet – 6 ganger lettere enn N2 - mindre viskositet/pustemotstand
- Ulemper:
  - leder varme seks ganger lettere enn luft
  - stemmefordreining
  - dyr

Helset for stridsvorne 28.05.14 22