

# Keuhkojen alipainevamma: yskit keuhkosi pihalle... tai sitten et!

## Johdanto:

Keuhkojen alipainevamma liittyy käytännössä ainoastaan vapaasukellukseen. Laitesukeltajille se ei yleensä ole kovinkaan tuttu asia, eivätkä useimmat lääkäritkään ole valitettavasti koskaan kuulleet siitä, saati sitten opetelleet hoitamaan sitä. On olemassa monia kaupunkilegendoja tästä melko huonosti määritellystä ja laajalti väärinymmärretystä ilmiöstä. Nyt on kuitenkin hyvä "sukeltaa" vähän pintaa syvemmälle tähän aiheeseen. Toivottavasti emme ei saa aivoihimme alipainevammaa!

## Määritelmä:

Keuhkojen alipainevamma tunnetaan myös rintakehän alipainevammana eli muodollisemmin *keuhkojen painevammana laskeuduttaessa (pulmonary barotrauma of descent)* Edempänä tässä artikkelissa käytetään lyhennettä PBT viitattaessa tähän tilaan.

PBT voidaan määritellä seuraavasti: *Keuhkoihin kohdistunut vamma tai vaurio, joka syntyy ympäristön paineen kasvusta keuhkojen suljetuissa kaasunteloissa sukeltaessa hengitystä pidättäen.*

Tämä kuvaus ja määritelmä viittaa siihen, mitä keuhkoille tapahtuu johtuen lisääntyneestä ulkoisesta paineesta laskeutumisen aikana. Jotkut asiantuntijat sisällyttävät henkitorven alipainevamman osaksi PBT:n laajempaa käsitettä.

Käytämme nyt siis tätä vähän puutteellista määritelmää tarkastellessamme sitä, mitä nämä paineen kasvun vaikutukset oikeastaan ovat. Kuinka ympäristön kohonnut paine vaikuttaa keuhkojen suljetuissa kaasunteloissa?

## Fysiikka ja fysiologia:

Meidän on hyvä palauttaa mieleen joitakin perusasioita fysiikasta ja fysiologiasta, jotta ymmärrämme paremmin PBT:tä.

Ensinnäkin Boylen laki: "Kaasun tilavuus on kääntäen verrannollinen sen paineeseen, kun lämpötila pysyy vakiona".

Tämän kaasulain perusteella voidaan ymmärtää, että kaasun tilavuus suljetussa järjestelmässä tai tilassa pienenee silloin kun ympäristön paine kasvaa ja päinvastoin. Vapaasukelluksessa keuhkot edustavat suljettua, kaasua sisältävää tilaa, jossa ympäristön paine on kasvanut johtuen veden hydrostaattisesta paineesta laskeutumisen aikana. Jokaista 10 metriä merivettä kohden paine lisääntyy aina 1 ilmakehän verran (ATA, absoluuttinen ilmakehä). Ota huomioon, että tämä käänteinen tilavuuden väheneminen noudattaa eksponentiaalista käyrää paineen kasvaessa. Tämä on nähtävissä alla olevasta kuvasta numero 1.

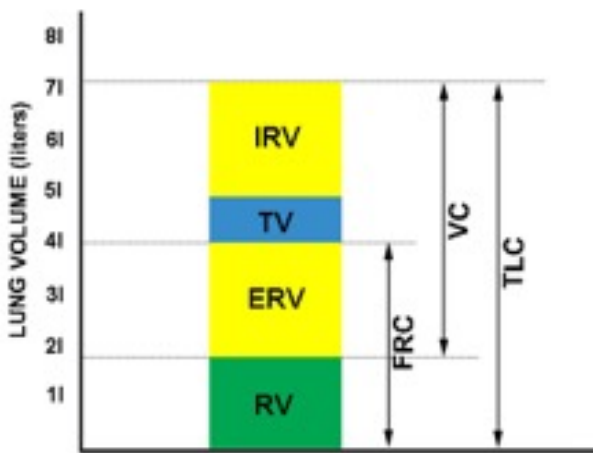
Depth	ATM/BAR (Atmospheres of Pressure)	Lung Volume	Volume Ratio
0 m	1	8 l	1

10 m	2	4 l	1/2
20 m	3	2.66 l	1/3
30 m	4	2 l	1/4

Kuva 1

Seuraavaksi tarvitaan perustietoa keuhkojen tilavuudesta. Keuhkojen kokonaiskapasiteetti (the total lung capacity, TLC) on karkeasti arvioiden 7 litraa, kun kyseessä on 70 kg painava ja 170 cm pitkä mieshenkilö. Kun keuhkot tyhjennetään kokonaan, pienintä tilavuutta kutsutaan tällöin jäännöstilavuudeksi (residual volume, RV). Muilla tilavuuksilla ei ole suurta merkitystä tässä tilanteessa, ja ne on lisätty lähinnä viitteiksi.

Alla oleva kuva numero 2 näyttää vapaasukeltajan keuhkotilavuuden ja vapaasukeltamiseen liittyvät osatekijät.



Kuva 2

**TLC = Total Lung Capacity (Keuhkojen kokonaiskapasiteetti)**

**VC = Vital Capacity (Vitaalikapasiteetti)**

**FRC = Functional Reserve Capacity (Toiminnallinen jäännöskapasiteetti)**

**RV = Reserve Volume (Jäännöstilavuus)**

**ERV = Expiratory Reserve Volume (Uloshengityksen jäännöstilavuus)**

**IRV = Inspiratory Reserve Volume (Sisäänhengityksen jäännöstilavuus)**

**TV = Tidal Volume (Kertahengitystilavuus)**

Alkujaan oletus oli se, että jäännöstilavuus edusti sitä minimitilavuutta, jossa keuhkot säilyivät vielä vahingoittumattomina. Sen alle mentäessä niissä alkoi mekaaninen vaurioituminen. Toisin sanoen voitaisiin katsoa, että sukeltaminen hengitystä pidättäen olisi turvallista sellaiseen syvyyteen asti, jossa

keuhkoihin kohdistuva painevaikutus pienentää tilavuutta vain sen verran ettei mennä alle jäännöstilavuuden. RV on tavallisesti 20 - 25 % keuhkojen kokonaistilavuudesta, kun on hengitetty keuhkot täyteen. Boylen lain mukaan jäännöstilavuus siis saavutettaisiin, kun syvyys on 35 - 45 m (paine on silloin 4,5 - 5,5 ATA). Tämä voitaisiin siis määritellä syvyysrajaksi sukeltaessa hengitystä pidättäen. Näin asia ei kuitenkaan käytännössä ole, sillä vapaasukelluksen syvyysennätykset ovat tällä hetkellä yli 200 m. Tämä on johtanut löytämään muita fysiologisia mekanismeja, joilla on merkitystä tässä tilanteessa. Rintaontelossa itsessään tapahtuu osittainen kasaanpainuminen. Tämän lisäksi tärkein kompensoiva lisämekanismi on veren keskittyminen rintaan ympäröivistä kudoksista, jolloin tämän alueen verisuoniin kertyy verta jopa 1,5 litraa.

Veren keskittyminen rintaan tasoittaa olennaisesti paine-eroa, kun jäännöstilavuus on saavutettu ja laskee sen lisäksi todellista jäännöstilavuutta. Näin voidaan sukeltaa syvemmälle turvallisesti. Tämä mekanismi lisää painetta keuhkojen verisuonistossa ja sen myötä myös keuhkojen kapillaarisuonissa, jolloin seurauksena voi olla repeämiä ja verenvuotoa.

Käytännössä nämä mekanismit mahdollistavat sen, että keuhkot kestävät painetta jopa niin pitkälle, että vain 5 % keuhkojen kokonaiskapasiteetista on käytössä. Tämä koskee nimenomaan harjoitelleita vapaasukeltajia. Kysymys kuuluu siis, voidaanko tähän asettaa vapaasukelluksen absoluuttiset rajat? Niin tai näin, usein nämä huippu-urheilijat yskivät verta suorituksensa jälkeen, eikä voida todella kuvitella, että tällaiset sukellukset sopisivat jokaiselle harrastelijalle!

### **Oireet ja tuntomerkit:**

Saattaa vaikuttaa siltä, että PBT on yhteydessä hyvin syviin sukelluksiin. Useista raporteista on kuitenkin nähtävissä, että PBT:tä esiintyy myös silloin kun sukeltaan matalalla, niinkin matalalla kuin 4 metrissä. Usein on kyseessä toistuvat sukellukset, jolloin pinnallaoloaika on lyhyt. Näissä tilanteissa vaurioiden syynä ei ehkä ole vain paine. Tunnettu tosiasia on, että neste voi kertyä keuhkoihin yksinkertaisesti siksi, että oleskellaan vedessä vartalon ollessa veden alla ja pään pinnalla tai uitaessa pinnalla. Kaikilla yksilöllisillä anatomisilla, fysiologisilla, patologisilla ja jopa päivittäin vaihtuvilla tekijöillä on oma merkityksensä PBT:n kehittymisessä.

Kaikki sattuneet PBT-tapaukset eivät tule ilmi. Joskus oireet ovat myös ohimeneviä. Toisinaan oireita saatetaan pitää yleisinä rinnan alueen vaivoina, kuten flunssana tai keuhkokuumeena. Alla on lueteltuna PBT:n oireita (subjektiivisia vaivoja) ja erilaisia tuntomerkkejä (objektiivisia löydöksiä). Nämä oireet ja tuntomerkit voidaan yhdistää PBT:hen silloin kun sen oireet ilmenevät selkeästi ja ne myös tunnistetaan.

Oireet: rintakipu, hengityksen tiheys, tunne nesteestä keuhkoissa, yskiminen, väsymys, puristuksen tai ahdistuksen tunne keuhkoissa laskeutumisen aikana, huimaus, pahoinvointi, heikkous, puutuneisuus, pyörtyminen.

Tuntomerkit: hyperventilaatio, kirkkaanpunaisen veren yskiminen, verivaahdon yskiminen, oksentaminen, hengitysvaikeudet, sekavuus, tajunnan menetys, neurologiset löydökset, sydämen toiminnan ja hengityksen pysähtyminen, kuolema.

Yllä olevasta pitkästä oirelistasta voidaan nähdä, että PBT saattaa ilmetä joko vain lievänä ärsytyksenä tai johtaa jopa kuolemaan. Myös kestoaltaan se voi olla joko hyvin lyhytaikainen tai sitten kestää useita kuukausia. Oireiden puhkeaminen uudelleen on yleistä, jolloin pysyvien vaurioiden todennäköisyys kasvaa.

### **Taudin välttäminen ja oireiden lieventäminen:**

Seuraavat ohjeet ovat hyödyllisiä noudatettaviksi riippumatta siitä, oletko kilpaileva vapaasukeltaja vai vietätkö vain yksinkertaisesti paljon aikaa vedessä. Ne voivat auttaa välttämään PBT:tä tai ainakin minimoimaan oireita.

- Ylläpidä kuntoasi, erityisesti hengityselimistöän kuntoa (aerobinen harjoittelu).
- Kehitä hiilidioksidin sietokykyäsi vähentääksesi pallean supistumista, mikä johtaa tahdosta riippumattomiin henkäisyihin kurkunpään suljettua äänirakoa tai suuta vasten vapaasukeltajilla. Niitä syntyy silloin kun kohonnut hiilidioksidipitoisuus saa aikaan hengitysrefleksin laukeamisen.
- Tee lämmittelysukelluksia vähentääksesi supistumisia syvällä.
- Syvällä ollessasi vältä käsivarsien tai niskan ojentamisia. Liian kiivaat tai äärimmäiset liikkeet eivät ole suotavia tai toivottavia.
- Paranna ja harjoita rintakehän joustavuutta.
- Sukella syvyyksissä, joissa tunnet olosi mukavaksi ja vältä paniikkia.
- Käänny pintaa kohti ennen kuin alat tuntea palleanykinöitä.
- Lisää sukellettavaa syvyyttä vähitellen.
- Vältä syviä sukelluksia heti pitkien matkojen jälkeen, erityisesti ylitettyäsi aikavyöhykkeitä tai kärsiessäsi aikaerorasituksesta. Pyri toipumaan ensin täysin.
- Opettele rentoutumaan sukelluksen aikana, erityisesti ollessasi syvällä, ja keskity vapauttamaan jännitykset varsinkin rintakehän alueelta.
- Opettele Frenzel/täysi suu -tekniikka paineentasausta varten, koska se on hellävaraisempi ja kuluttaa vähemmän ilmaa.
- Lepää yksi päivä syvälle sukeltamisen jälkeen, jos sinulla on aikaisemmin ollut PBT, koska PBT:n riski kohoaa seuraavana päivänä, myös matalissa vesissä.
- Jos sukelluksen aikana alkaa tuntua samanlaisia oireita kuin mitä sinulla on ollut aiemmin PBT:n yhteydessä, keskeytä sukellus.
- Tee syväsuukellusta tukevia harjoitteita säännöllisesti myös sukelluskauden ulkopuolella.
- Aloita uloshengitys juuri ennen pintaan tuloa. Tätä on suositeltavaa harjoitella jo etukäteen.

### **PBT:n hoito:**

PBT:n hoito noudattaa ensiavun perusperiaatteita. Hoito on joko ylläpitävää tai tilaa parantavaa riippuen ongelman alkuperäisestä kliinisestä kuvasta ja tilanteen etenemisestä.

Seuraavat toimenpiteet ovat suositeltavia:

- Lopeta sukellus ja varmista loukkaantuneen sukeltajan turvallisuus.
- Lopeta kaikki fyysisesti aktiivinen toiminta. Anna sukellusparin auttaa kellunnassa ja loukkaantuneen sukeltajan hinauksessa paikkaan, josta voidaan nousta vedestä.
- Järjestä loukkaantuneen sukeltajan olo mukavaksi, jotta hän kykenee lepäämään.
- Jos saatavilla on 100 % lääkkeellistä happea, anna loukkaantuneen hengittää sitä.
- Jos potilaan hengitystiet ovat avoimet ja potilas on täysin tajuissaan, anna hänelle juotavaa. Vältä kuitenkin alkoholia.
- Pyri järjestämään asiantuntevaa ensiapua mahdollisimman nopeasti. DANin kuumalinja on hyvä vaihtoehto ensikontaktiksi, sillä he voivat auttaa lääketieteellisen hoidon järjestämisessä ja puhuvat "sukeltajien kieltä".
- Hakeudu lääkäriin mahdollisimman pian, mieluiten sukelluslääkärin hoidettavaksi.
- Lepää ainakin kaksi viikkoa ennen kuin jatkat sukeltamista ja mieluiten vasta sen jälkeen kun sukelluslääkäri on antanut sinulle sukellusluvan.

- Etukäteissuunnittelu on aina parempi vaihtoehto kuin yritykset korjata vahinkoja jälkikäteen.

**Kooste:**

PBT on mielenkiintoinen ja paljon keskustelua herättävä ongelma vapaasukeltajien keskuudessa. Aiheesta on vielä paljon opittavaa. Tämä tauti voidaan välttää monin eri tavoin tai ainakin sitä voidaan lievittää. Ehkäpä on olemassa todella absoluuttinen syvyysraja vapaasukelluksessa? Kuka tietää? Tämän päivän rajapyykit ovat huomisen ennätyksiä. Niitä odotellessamme, sukelletaan turvallisesti ja nautitaan siitä.