

HYPERBARE GENEESKUNDE ACADEMISCH MEDISCH CENTRUM AMSTERDAM

WAT IS HYPERBARE GENEESKUNDE?

Hyperbare geneeskunde betreft het behandelen van patiënten met 100% zuurstof bij een druk die hoger is dan de normale 1 atmosfeer waarin we leven. Verder worden in de hyperbare geneeskunde de invloeden onderzocht van drukken op het menselijk lichaam. Als zodanig heeft de hyperbare geneeskunde nauwe betrekkingen met de duikgeneeskunde.

UITVOERING.

Hyperbare zuurstof therapie (HBO) wordt uitgevoerd door de patiënt geheel onder overdruk te brengen en hem/haar daarbij 100% zuurstof te laten inademen. Dit kan gebeuren in een meer persoonskamer die met lucht op druk wordt gebracht en waarin de patiënt de zuivere zuurstof krijgt toegediend m.b.v. een mond/neus masker, een hoofd halstent of een endtracheale tube (= beademing).

Een voordeel van de meer persoonskamer is dat er meerdere personen tegelijk behandeld kunnen worden; medisch handelen zo nodig in de kamer kan plaatsvinden en er minder klachten m.b.t. claustrofobie optreden. Ook onderzoek is zo goed mogelijk. Een andere mogelijkheid is de patiënt te behandelen in een persoonskamer die op druk wordt gebracht met 100% zuurstof en waarbij het gebruik van een masker e.d. overbodig is. Deze vorm van behandelen vereist speciale kleding voor de patiënt en aanwijzingen voor het niet gebruiken van make-up, nagellak e.d. (i.v.m. het ontwikkelen van vonken door statische materialen). Een nadeel zou kunnen zijn dat medisch handelen door het ruimtegebrek bemoeilijkt wordt en- dat er eerder claustrofobie kan: optreden.

Uiteraard gelden voor beide situaties de gebruikelijke veiligheidsvoorschriften zoals het verbod op lucifers, aanstekers en ander brandgevaarlijk materiaal.

De wet van Henry zegt dat de oplosbaarheid van een gas in een vloeistof recht evenredig is met de druk waarbij dat gas zich boven die vloeistof bevindt.

WERKING.

Wanneer we dus 100% zuurstof inademen in plaats van de gebruikelijke 20% en dat bij een druk van 3 atmosfeer in plaats van de gebruikelijke 1 atmosfeer zal er theoretisch 15 x zoveel zuurstof in het bloedplasma oplossen als normaal. Deze extra opgeloste zuurstof bevindt zich in het plasma en niet in de erythrocyten (= rode bloedcellen), gebonden aan de rode bloedkleurstof hemoglobine. Hemoglobine is reeds onder normale omstandigheden voor 98% verzadigd met zuurstof.

Een tweede natuurkundige wet die van toepassing is, is die van Boyle Gay-Lussac:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$
$$T_1 = T_2$$

Dit wil zeggen dat bij een gelijkblijvende absolute temperatuur een met gas gevulde ruimte zich qua volume omgekeerd evenredig gedraagt met de omgevingsdruk. Het volume van een luchtbel zal dus halveren indien de omgevingsdruk verdubbelt. Het is echter niet zo dat de diameter ook omgekeerd evenredig met de druk afneemt. Dit moge blijken uit onderstaande tabel:

Relatie tussen druk en bel grootte			
Diepte in meters	Druk in bar	Volume	Relatieve diameter in %
0	1	1.00	100%
10	2	0.50	79%
18	2	0.35	71%
50	6.0	0.17	55%

GESCHIEDENIS.

In het verre verleden werd al geëxperimenteerd met gecompriëerde lucht. In 1664 was de Engelse arts Henshaw het eerste die gebruik maakte van samengeperste lucht in een speciaal daarvoor ontworpen kamer, echter zonder veel resultaat. In 1840 werd in Montpellier een "pneumatisch centrum" geopend waarin een groot aantal afwijkingen werd behandeld, voornamelijk longafwijkingen. Al snel werden in heel Europa dergelijke centra gebouwd. In Kansas City en Cleveland (USA) werden immens grote kamers gebouwd met meerdere verdiepingen. Al deze kamers eindigden echter op de schroot hoop.

Zuurstof werd in 1775 door Priestly ontdekt. Het eerste artikel over het gebruik van zuurstof onder druk verscheen in 1879 (Fontaine). In 1937 werd er voor het eerst een duiker met decompressieziekte met hyperbare zuurstof therapie (HBO) behandeld. In 1956 werd door Prof. Boerema van het Wilhelmina Gasthuis te Amsterdam de HBO therapie nieuw leven ingeblazen. Open hartchirurgie zoals we die tegenwoordig kennen bestond toen nog niet. Er werd geopereerd onder hypothermie, d.w.z. het lichaam werd onderkoeld tot 28°C, waardoor de stofwisseling in en daarmee de zuurstofbehoefte van het lichaam werd verlaagd. Zodoende was het mogelijk het hart gedurende 7 á 8 minuten stil te leggen. Deze periode was echter niet lang genoeg om grotere ingrepen aan en in het hart uit te voeren.

Boerema kwam toen op het idee om de patiënt onder druk met 100% zuurstof te beademen zodat "het hele lichaam doordrenkt werd met zuurstof", waardoor iedere lichaamscel zijn eigen voorraad zuurstof had om tijdens de periode van hartstilstand te gebruiken. Tijdens dierexperimenten in de kamer van de Koninklijke Marine bleek het mogelijk het hart gedurende 14 á 15 minuten stil te leggen. Hierdoor kwamen ook grotere ingrepen aan het hart binnen handbereik. Na een schenking van Van Leer's vatenfabriek en een bijdrage van de gemeente Amsterdam werd in 1959 door Werkspoor "de tank van Boerema gebouwd". Op 28 december 1960 vond de eerste open hart operatie in de kamer van het WG plaats. Overigens was dit dezelfde kamer zoals die nu in het AMC staat. Bij de verhuizing van het WG naar het AMC werd de kamer mee verhuisd. Al in het eerste jaar werd deze vorm van opereren ingehaald door de techniek en wel door de ontwikkeling van de hart-longmachine. De op dat moment enige indicatie voor het gebruik van HBO therapie werd hierdoor flink teruggeschroefd. De kamer werd vervolgens alleen nog gebruikt voor hartoperaties bij kinderen, omdat de hart-longmachine nog niet zo verfijnd was dat hij ook voor kinderen gebruikt kon worden. In 1972 werd de laatste open hartoperatie in de tank verricht. Om de kamer niet het grootste deel van het jaar ongebruikt te laten staan werd naarstig gezocht naar andere indicaties. Deze werd in 1963 door Prof. Brummelkamp gevonden in de bestrijding van anaerobe infecties. Dit zijn infecties die veroorzaakt worden door bacteriën die kunnen leven zonder of met heel weinig zuurstof. Deze bacteriën veroorzaken o.a. het gasgangreen, ook wel "koudvuur" of "loopgravenkoorts" genoemd. In de loop der jaren kwamen steeds meer aandoeningen voor behandeling met hyperbare zuurstof in aanmerking. De moderne Hyperbare geneeskunde is dus begonnen en ontwikkeld in ons centrum. Inmiddels beschikken wij over 48 jaar ervaring.

INDICATIES

HBO therapie wordt gebruikt bij aandoeningen die op de één of andere manier veroorzaakt worden door een tijdelijk gebrek aan zuurstof. Het doel van de therapie is dan ook altijd gericht op het opheffen van zuurstofgebrek. Een tweede effect van hyperbare zuurstof is dat er vasoconstrictie (samentrekken van de bloedvaten) optreedt waardoor minder oedeemvorming optreedt. Een derde effect is uiteraard de verkleining van lucht- en gasbellen. De indicaties zoals die wereldwijd geaccepteerd zijn, zijn opgesteld door de Undersea & Hyperbaric Medical Society (UHMS) en betreffen:

1. Gas- of luchtembolie. Het betreft hier embolien die kunnen ontstaan o.a. na hartoperaties of nierdialyse. Deze luchtbelletjes verstopen de kleine bloedvaten en de gebieden die door dit bloedvat van zuurstof worden voorzien zullen afsterven door zuurstofgebrek. De behandeling zal gericht zijn op het verkleinen van de luchtbelletjes en de gebieden die door de luchtbelletjes zijn afgesloten te voorzien van zuurstof.
2. Koolmonoxide-intoxicatie (vergiftiging) en rookinhalatie. Doordat koolmonoxide zich bindt aan hemoglobine in de rode bloedcellen is er geen ruimte meer voor zuurstof. Hierdoor raken de weefsels verstoken van zuurstof. HBO therapie heeft een dubbel doel, namelijk:
 - In het plasma wordt voldoende zuurstof opgelost om het lichaam in zijn zuurstofbehoefte te voorzien.
 - Het koolmonoxide wordt sneller verwijderd.

3. Gasgangreen. Dit is een infectie die wordt veroorzaakt door een anaerobe bacterie (Clostridium) die dus goed gedijt in zuurstof arme gebieden. De infectie kenmerkt zich door hevige pijn in het wondgebied, oedeem, massale afsterving van allereerst spierweefsel en later ook ander weefsel en gasvorming. Deze gasvorming laat zich op een röntgenfoto zien als veervorming tussen de spiervezels. De infectie verspreidt zich zeer snel. Indien niet wordt ingegrepen zal de patiënt binnen 24 uur komen te overlijden. HBO is bij deze infectie de eerst aangewezen behandeling, gevolgd door antibiotica en chirurgie. De patiënt krijgt in het AMC eerst 4 HBO sessies om de 8 uur en vervolgens 3 sessies om de 12 uur. De behandeling is gericht op overleving en vermindering van weefsel verlies.
4. Kneuzingletsel, compartiment syndromen en ander traumatische ischaemie.
5. Decompressieziekte. De behandeling bestaat uit het zo snel mogelijk recomprimeren en toedienen van zuurstof. Later in dit artikel zal uitgebreid op dit onderwerp worden ingegaan.
6. Stimulering van de wondgenezing bij diabetes probleem wonden. Dit zijn m.n. wonden die worden veroorzaakt door vaatvernauwing of suikerziekte (diabetes mellitus). Deze patiënten krijgen vaak wondjes aan de voeten en/of benen doordat de doorbloeding en daarmee de zuurstofvoorziening in die gebieden verminderd is. Door de HBO behandeling krijgt zo'n gebied tijdens de behandeling zeer veel zuurstof aangeboden. Doordat buiten de HBO behandeling om er zeer weinig zuurstof in het gebied is en tijdens de behandeling juist zeer veel zuurstof, wordt zo'n gebied gestimuleerd tot het aanmaken van nieuwe bloedvaatjes.
7. Necrotiserende infecties van weke delen d.w.z. huid, spieren, bindweefsel e.d. (necrotiserend = afstervend). Deze infecties lijken een beetje op gasgangreen, maar worden veroorzaakt door een ander type bacterie en hebben een ander verloop. Is bij gasgangreen HBO de aangewezen therapie, bij deze infecties heeft HBO therapie een toegevoegde waarde naast chirurgie en antibiotica.
8. Chronische osteomyelitis (= beenmergontsteking). Het betreft hier m.n. botinfecties die resistent zijn voor alle gangbare therapieën.
9. Bestralingswonden. Deze wonden kunnen op vele plaatsen voorkomen en zich op velerlei manieren uiten, afhankelijk van het gebied in het lichaam waar de patiënt bestraald is. Enkele voorbeelden zijn: chronische blaasontsteking, chronische darmontsteking, afsterving van het bot (voornamelijk in de kaak) en wonden van de huid. Deze schade ontstaat doordat bij bestraling behalve de tumorcellen ook bloedvaten worden bestraald. Deze bestraalde bloedvaten gaan dicht zitten, waardoor gezonde cellen schade oplopen en de zuurstofvoorziening van deze cellen in de problemen raakt. De cellen zullen afsterven. Het tijdsbestek waarin deze problemen zich voordoen kan variëren van enkele weken tot soms wel 25 jaar na de bestraling.
10. Gecompromitteerde weefseltransplantaties. Na weefseltransplantatie (huid- of spierweefsel) kan het voorkomen dat de zuurstofvoorziening van het transplantaat niet optimaal is. Door HBO therapie te geven kan het transplantaat door een moeilijke periode worden geholpen, waardoor de transplantatie alsnog aanslaat.
11. Reïmplantatie extremititeiten met gecompromitteerde circulatie.

Buiten deze lijst zijn er in het AMC nog een aantal, niet door de UHMS erkende, indicaties:

1. Sudden deafness. Zoals de naam al suggereert betreft het hier een plotselinge doofheid, meestal aan één zijde. Over de oorzaak van deze doofheid lopen de meningen nogal uiteen. Een theorie is dat het wordt veroorzaakt door een virus, een andere theorie zegt dat het een allergische reactie is. De meest voorkomende verklaring zegt dat het een doorbloedingprobleem van het binnenoor is. De HBO resultaten zijn te zeer wisselend. Deze indicatie is daarom vervallen.
2. Tinnitus = oorsuizen. De oorzaak van Tinnitus staat nog niet vast, maar zeker is wel dat lawaai invloed heeft op het ontstaan van de klachten. Tinnitus uit zich in constant aanwezig geluid (pieptonen, brommen, suizen e.d.). De behandeling kan bestaan uit 10 dagen achter elkaar 1 HBO sessie per dag. De gedachte achter de behandeling is om de doorbloeding van het "slakkenhuis" te verhogen waardoor reactivering van de haarcellen moet plaats vinden. De HBO resultaten zijn te zeer wisselend. Deze indicatie is daarom vervallen.
3. HBO therapie in combinatie met radioactief jodium bij kinderen met een recidief neuroblastoom stadium IV. Een neuroblastoom is een bepaalde vorm van kanker die zich alleen bij kinderen voordoet. Stadium IV wil zeggen dat er geen andere behandelingsmogelijkheden meer zijn. De kinderen krijgen radioactief jodium ingespoten dat gekoppeld is aan de stof MIBG. Dit MIBG zorgt ervoor dat het radioactieve jodium in de tumor komt. Door vervolgens HBO therapie te geven wordt de tumor nog gevoeliger voor het radioactieve jodium. Tot op heden zijn de resultaten bemoedigend; er is een 28 maanden overleving van 42% (= 42% van de behandelde kinderen leeft nog na 28 maanden). Deze indicatie wordt niet erkend door het CVZ en daarom niet meer gedaan.
4. Therapie refractaire mediastinitus. (in onderzoeksverband).
5. Pre en postoperatieve HBO behandeling bij patiënten die vroeger in het te opereren gebied bestraald zijn.

DUIKERZIEKTEN

Duikerziekten kunnen worden onderverdeeld in duikerziekten t.g.v. afdalen, duikerziekten t.g.v. opstijgen en duikerziekten t.g.v. cumulatie (opstapeling) van gassen in weefsels (=decompressieziekte). In het kort zullen hieronder de diverse aandoeningen worden beschreven.

1. Barotrauma bij afdalen (onderdruk barotrauma)

Deze aandoening is beter bekend onder de naam squeeze wat samenpersen betekent. Squeeze ontstaat doordat er in een lucht houdende holte een relatieve onderdruk ontstaat. Type squeeze:

- Buitenoer: deze ontstaat doordat de uitwendige gehoorgang geblokkeerd is door bijvoorbeeld oorsmeer of oordopjes. De druk in het middenoor is relatief hoger en het trommelvlies wordt daardoor naar buiten gedrukt. Dit kan tot trommelvliesperforatie leiden.
- Middenoor: deze ontstaat doordat de druk in het middenoor lager is dan de omgevingsdruk, waardoor het trommelvlies naar binnen wordt gedrukt. Kenmerkend is dat de oren niet geklaard kunnen worden tijdens het afdalen. Oorzaken: verkoudheid, allergie, te laat klaren.
- Binnenoor: het binnenoor is een met vocht gevulde ruimte en ongevoelig voor uitwendige druk. Door te krachtig klaren kan h& ovale en ronde venster scheuren, waardoor de gehoorbeentjes beschadigd raken. De symptomen treden niet altijd gelijk al tijdens het duiken op en kunnen bestaan uit oorsuizen, draaiduizeligheid, desoriëntatie en coördinatieproblemen. Men dient zo snel mogelijk contact op te nemen met een KNO- of duikersarts. Bed rust is de aangewezen therapie.
- Sinus (bijholten): Men heeft 2 voorhoofdholten en 2 neusbijholten. Door zwelling van de slijmvliezen (bij verkoudheid), bovenste luchtweginfecties en poliepen kan de toegang tot de holten worden afgesloten. Hierdoor ontstaat er in de holten een onderdruk. De duiker ervaart een toenemende scherpe pijn in het hoofd, die vermindert bij opstijgen. De behandeling bestaat uit neusdruppels. Dit type squeeze komt veel minder vaak voor dan de middenoor squeeze.
- Long: komt niet vaak voor, maar ontstaat als de druk in de longen lager is dan de omgevingsdruk. Dit kan gebeuren bij "breath-hold dive", adem inhouden bij gebruik van een perslucht duiktoestel, drukverlies bij de luchttoevoer van de oppervlakte of vallen onder water, waarbij gastoevoer de snelheid van afdalen niet kan bijhouden. Kenmerken: toenemende pijn in de borst en benauwdheid, gevolgd door een heftige plotselinge pijn en/of bewusteloosheid. De duiker geeft bloederig speeksel op en heeft een bemoeilijkte ademhaling en er is een blauwe verkleuring van de huid, lippen en tong.

De eerste hulp bestaat uit transport naar het ziekenhuis in halfzittende houding en het toedienen van zuurstof.

- **Tand:** Oorzaak is een luchthoudende holte bij de wortels bij slechte tanden of een luchthoudende holte onder een vulling. Bij afdalen ontstaat er in de **luchtholten een onderdruk die kiespijn en eventueel een** bloeding veroorzaakt. De therapie bestaat uiteraard uit een bezoek aan de tandarts. Deze squeeze komt zelden voor bij beroepsduikers daar deze onder strenge controle staan van de tandarts.
- **Masker/gelaat:** Als de duiker tijdens het afdalen niet voldoende lucht in het masker blaast, zal er een onderdruk in het masker ontstaan. Hierdoor wordt bloed naar het gezicht en de ogen gezogen. De duiker voelt een zuiging op het gezicht, krijgt een rood gezicht, rood oogwit en eventueel bloeduitstortingen. Koude kompressen brengen verlichting. Door het gebruik van maskers die zowel het gezicht als de neus bedekken, komt deze squeeze tegenwoordig minder vaak voor. Door via de neus lucht in het masker te blazen kan de masker-squeeze voorkomen worden.
- **Pak:** Als er tijdens het afdalen geen lucht naar het pak wordt toegevoerd ontstaat er in de plooiën een onderdruk. Hierdoor ontstaan striemen en bloeduitstortingen, waarvoor koude kompressen goed helpen. Komt het meest voor bij gebruik van droge pakken.
- **Lichaam of helm:** *Bij* het gebruik van een vaste helm, zoals bij het standaardduiken, moet er lucht worden toegevoerd om de verhoogde omgevingsdruk te compenseren. Indien dit niet gebeurt, ontstaat er in pak/helm een onderdruk. De duiker wordt kortademig en heeft het gevoel dat zijn hoofd opzwelt en zijn ogen uitpuilen. Daarna treden er bloedingen op in gezicht, ogen, nek, schouders, longen, maag-darmkanaal, neus, oren en sinussen. Zelfs bloedingen in de hersenen en het hart zijn niet onbekend. De duiker moet zo snel mogelijk naar het ziekenhuis worden vervoerd, eventueel moet 100% zuurstof worden toegediend.

2. Barotrauma bij opstijgen (overdruk barotrauma)

De druk van de omgeving wordt lager bij opstijging. Als een luchthoudende holte voor of tijdens het opkomen afgesloten wordt van de omgeving, zal er een relatieve overdruk ontstaan, waardoor de druk in de holte groter wordt waarbij het volume ongeveer gelijk blijft. Zachte weefsels zullen eerst nog een beetje meerekken, maar als de druk in de holte te groot wordt zal het weefsel scheuren. Het burst-lung syndroom is de meest frequente doodsoorzaak bij duikongevallen. De overige overdruk barotrauma's komen relatief minder vaak voor dan de onderdruk barotrauma's.

Type overdruk barotrauma:

- **Burst-lung syndroom (long overdruk barotrauma):** Dit ontstaat als er bij het opkomen niet voldoende wordt uitgeademd. Het is bekend dat angst en paniek vaak ten grondslag liggen aan een ongecontroleerde opstijging, waardoor er niet voldoende wordt uitgeademd. Verder kunnen ook defecten aan de ademautomaat, een noodopstijging of ziekten aan de longen en/of luchtwegen aanleiding geven tot een burst-lung syndroom. Dit syndroom kan zich uiten in diverse ziektebeelden al dan niet gecombineerd.
- **Longweefsel beschadiging.** Kenmerken: kortademig, pijn in de borst, hoesten, hoog tonige schreeuw bij het aan de oppervlakte komen (door plotseling vrijkomen van lucht uit de longen), ophoesten van bloederig slijm, blauwe gelaatskleur, shock, bewusteloosheid, plotselinge dood. Eerste hulp bestaat uit 100% zuurstof toedienen, liefst in halfzittende houding. Bij bewusteloosheid in stabiele zijligging leggen en bij hartstilstand reanimeren. Uiteraard transport naar ziekenhuis.
- **Mediastinaal emfyseem en halsemfyseem.** Mediastinum = de ruimte in de borstholte die gelegen is tussen de beide longen, emfyseem = luchtbelletjes onder de huid en in de weefsels. De lucht die uit de long is ontsnapt bij het scheuren van de long verspreidt zich in de weefsels in de borstholte en daar rondom heen. Door deze ontsnapte lucht wordt druk uitgeoefend op het hart en de longen, waardoor het hart moeilijker kan pompen en de longen moeilijk kunnen uitzetten. De lucht trekt vervolgens op naar de hals waardoor de bloedtoevoer naar de hersenen gevaar loopt. Kenmerken: pijn in de borst, kortademig, beklemd gevoel in de keel, moeilijk slikken, stemverandering, opgezette hals, shock, bewusteloosheid. Recompressie is niet altijd noodzakelijk, wel altijd 100% zuurstof toedienen. Bij bewusteloosheid in stabiele zijligging leggen, bij hartstilstand reanimeren! Altijd onmiddellijk contact opnemen met een ter zake deskundige arts en transport naar ziekenhuis.
- **Pneumothorax:** Als niet alleen het longblaasje scheurt, maar ook het longvlies stroomt de lucht de borstholte in, waardoor de long samenklapt (klaplong). De verschijnselen treden onmiddellijk op en

zijn: plotselinge pijn aan de aangedane zijde van de borstkas die erger wordt bij inademen, kortademigheid, blauw verkleurde huid of tong, versnelde ademhaling, eventueel shock, borstkas beweegt niet of nauwelijks aan de aangedane zijde. Recompressie mag in geen geval plaatsvinden. Verder wel altijd 100% zuurstof toedienen. Bij bewusteloosheid in stabiele zijligging leggen, bij hartstilstand reanimeren!. Altijd onmiddellijk contact opnemen met een ter zake deskundige arts.

- **Luchtembolie:** Dit is de gevaarlijkste vorm van het burst-lung syndroom. Door de overdruk in de longen kunnen de longbloedvaatjes uitrekken en scheuren, waardoor er luchtbelletjes in deze bloedvaatjes kunnen komen. Deze luchtbelletjes kunnen in de bloedsomloop worden meegevoerd en vervolgens de bloedvaten op een andere plek in het lichaam afsluiten, waardoor deze plek verstoken raakt van bloed- en dus zuurstoftoevoer. Als dit in de hersenen of het hart gebeurt, kan een beroerte of hartinfarct het gevolg zijn. Kenmerken (afhankelijk van welke bloedvaten zijn afgesloten): pijn in de borst, kortademig, duizelig, oorsuizen, gevoelsstoomis, stoornissen bij het zien, verlamming, spraakstoornissen, schreeuw bij het opkomen, verwardheid, spiertrekkingen, bewusteloosheid, ademen/of hartstilstand. De symptomen treden binnen 10 minuten na het opkomen op. Recompressie dient zo snel mogelijk aan te vangen, liefst binnen 5 minuten. In afwachting hiervan 100% zuurstof toedienen in stabiele zijligging op de linker zijde of horizontaal met de voeten hoger dan het hoofd.
- **Middenoor barotrauma:** Dit is het tegenovergestelde van squeeze. Oorzaken: lichte verkoudheid voorafgaand aan het duiken of langdurig gebruik van neusdruppels (dit heeft een tegenovergesteld effect, namelijk het zwellen van de slijmvliezen). Gevolg is dat de buis van Eustachius verstopt raakt, waardoor bij het opkomen een relatieve overdruk in het middenoor ontstaat. Het trommelvlies wordt vervolgens naar buiten gedrukt. Kenmerken: gevoel van druk in het oor, oorpijn (afnemend bij iets afdalen), duizeligheid, oorsuizen, slechthorendheid. De behandeling is hetzelfde als bij de middenoor squeeze. Sinus barotrauma t.g.v. opkomen: Oorzaken: verkoudheid, allergie, abnormale stand neustussenschot of te snel opkomen. Gevolg is een overdruk in de sinussen. Kenmerken: scherpe pijn in het voorhoofd, boven de ogen of in de bovenkaak, pijn neemt af bij afdalen, soms neusbloeding. Behandeling: langzamer opkomen en verder hetzelfde als bij sinus squeeze.
- **Tand barotrauma t.g.v. opkomen:** Oorzaken: bloeding in luchthoudende holte onder oude lekkende vulling, ontstaan tijdens afdalen t.g.v. tand squeeze. Door de bloeding kan de lucht onder de vulling niet weg waardoor deze uitzet. De kies kan zelfs exploderen. Kenmerk: kiespijn. Behandeling: naar de tandarts.
- **Maagdarm barotrauma t.g.v. opkomen (duikerkoliek):** Oorzaken: drinken van koolzuurhoudende dranken, voedingsmiddelen die in de darm gas produceren, slikken van grote hoeveelheden lucht tijdens het duiken. Kenmerken: vol gevoel in de bulk, gevoel te moeten boeren, winderigheid, soms heftige diarree, pijnlijke tot koliekachtige buikkrampen, soms flauwvallen. Het verminderen van de stijgsnelheid of het staken van het opkomen, kunnen de klachten doen verminderen. Behandeling: losmaken van strakke gordels kan verlichting geven. In ernstige gevallen recompressie.

3. Decompressieziekte

Onder decompressieziekte verstaan we een complex van symptomen die ontstaan door plotselinge overgang van een hogere naar een lagere atmosferische druk. De ziekte wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van gasbellen in de bloedsomloop en in de weefsels. Decompressieziekte is de meest bekende duikersziekte. De laatste jaren is in de beroepsduikerij een afname van het aantal decompressieziektes te zien, terwijl in de sportduikerij juist een toename te zien is. Dit valt enerzijds te verklaren door de steeds veiliger wordende tabellen die m.n. in de beroepsduikerij worden gebruikt en anderzijds door de toename van het aantal sportduikers. De duikcomputers die m. n. in de sportduikerij worden gebruikt zijn niet altijd even betrouwbaar.

Waarom krijgt de één nou wel een deco en de ander niet? De factoren die hierbij een rol spelen, zijn: adipositas (= vetzucht), leeftijd, slechte conditie, dehydratie (=uitdroging), herhalingsduiken (Jo jo-duiken), frequent duiken binnen korte tijd, overmatig alcoholgebruik, bepaalde hartafwijkingen en klimatologische omstandigheden. Vliegen binnen 24 uur na de laatste duik kan alsnog een decompressieziekte teweeg brengen.

Toch is het zich niet aan de tabellen houden en/of afwijkende of kapotte duikcomputers de meest voorkomende oorzaak van decompressieziekte. De lange termijneffecten van decompressieziekte worden in de loop der jaren steeds duidelijker. De bekendste is nog steeds de aseptische botnecrose (afsterving van het bot) van de femurkop (= dijbeen). De laatste jaren is echter ook bekend geworden dat er beschadigingen kunnen optreden in het ruggenmerg en de ogen, zelfs als de duiker geen decompressieziekte heeft doorgemaakt. De vraag blijft of er echt geen deco is geweest of dat de duiker deze niet heeft herkend. De behandeling van decompressieziekte bestaat nog steeds uit het zo snel mogelijk recomprimeren met 100% zuurstof. De tabellen die hierbij gebruikt worden veranderen nog wel steeds. Tabel 6 van de Amerikaanse Marine wordt tegenwoordig het meest gebruikt.

Type I decompressieziekte:

Dit is de meest voorkomende decompressieziekte, kan zelfs voorkomen als men zich aan de decompressie regels houdt.

- Skin-bends (huid): Deze uit zich als kleine rode vlekken in de huid. Grote vlekken in m.n. de huid van de borst, rug, schouders en bovenbenen wijzen op gas belletjes in de aderen, waardoor het bloed niet meer terug kan stromen. In deze gevallen is recompressie niet noodzakelijk. Ontstaan er echter lichte vlekken met een enigszins blauwe verkleuring, die ook nog warmer aanvoelen dan is dit een teken van wat er zich in de rest van het lichaam afspeelt. Recompressie is noodzakelijk. Opgezwollen plekken zonder verkleuring wijzen op obstructie van de lymfevaten, wat ook een vorm van decompressieziekte is. Recompressie is eveneens nodig.
- Bends (spieren en skelet): Begint als een zeurend gevoel in gewrichten of spieren. Na enkele uren verandert dit gevoel in een diepe, scherpe pijn die steeds erger wordt. De schouders worden vaak het eerst getroffen, gevolgd door de ellebogen, polsen, enkels, knieën en heupen. Recompressie dient zo spoedig mogelijk te geschieden. Tijdens recompressie neemt de pijn al af. Gedurende enkele dagen kan er nog een lichtere pijn blijven bestaan, welke waarschijnlijk worden veroorzaakt door belletjes in de pezen en spieren. Nabehandeling met HBO therapie is dan ook noodzakelijk.

Type II- decompressieziekte.

Deze vorm treedt meestal op na diepere duiken of bij fouten in de decompressie. Tijdens of kort na een "foutieve" decompressie ontstaan gas belletjes in de bloedsomloop, die voor een belangrijk deel via de longen worden uitgescheiden. Grotere gas belletjes passeren echter de longen en komen via het hart weer in de bloedsomloop. Rondom deze belletjes vormen zich bloedstolseltjes. In combinatie sluiten zij kleine slagadertjes af, waardoor het weefsel dat door deze slagadertjes wordt verzorgd van zuurstof verstoken blijft. Het weefsel sterft hierdoor af. Tevens zorgen de gas belletjes ervoor dat de vaat wand geïrriteerd raakt en meer doorlaatbaar wordt. Hierdoor treedt vocht uit de weefsels (oedeem) wat weer een versterkend effect heeft op de slechte zuurstofvoorziening.

Verschijnselen van type II- decompressieziekte:

- Staggers (aandoeningen van het centrale zenuwstelsel):

Decompressieziekte *van de grote hersenen*: komt vooral voor na diepe duiken met snel ongecontroleerd opkomen. Kenmerken: halfzijdige verlamming of verlamming van arm of been, kramp aanval, niet kunnen praten, lezen of schrijven, gevoelsstoornissen en hevige hoofdpijn.

Decompressieziekte van de kleine hersenen: Kenmerken: coördinatiestoornissen, gevolgd door schokkende bewegingen en spiertrillingen, overdreven praten. *Ruggenmerg*: begint vaak met gordelpijn of pijn in het verloop van 66n ruggenmergszenuw. Dit kan leiden tot verlamming van het onderlichaam (dubbelzijdig) en incontinentie van de blaas. Komt vaak in combinatie met chokes (longaandoening, zie onder).

Binnenoor: Kenmerken: duizeligheid, misselijkheid, braken, gehoorverlies, en oorsuizingen. Komt vooral voor bij saturatie duiken en duiken met gasmengsels dieper dan 100 meter.

Maag-darmkanaal: Kenmerken: misselijkheid en braken. In ernstige gevallen kan de zuurstofvoorziening naar de darmen worden afgesloten, waardoor de darm afsterft en bloedingen ontstaan.

Hart en longen (chokes): Deze klachten treden op als meer dan 10% van de longbloedvaatjes verstopt raakt door gas belletjes. Kenmerken: pijn in de borst, hoesten (verergerend bij inademing), benauwdheid en een snelle oppervlakkige inademing. Door toenemend zuurstof gebrek wordt de duiker blauw, wat leidt tot shock en langzaam hart ritme. Hierop volgt de dood. Als de gas belletjes de kransslagaderen van het hart afsluiten ontstaan ritmestoornissen die vaak zeer moeilijk te behandelen zijn.