

Zuurstof eerste hulp Update

De grondbeginselen van duik gas fysica

In een voorgaand artikel hebben we de grondbeginselen van duik gasfysica behandeld. Samengevat hebben we geconcludeerd dat hoe meer zuurstof je inademt, hoe meer stikstof (beschouwd als de belangrijkste speler bij de ontwikkeling van decompressieziekte of DCZ) er uit de weefsels wordt gewassen.

Vergeet niet dat de long vooral een groot oppervlaktegebied is: als hij uitgespreid wordt heeft hij ongeveer de afmeting van een tennisbaan. Slechts een enkel dun laagje cellen scheidt het bloed van de lucht die we ademen, waardoor de zo uiterst belangrijke gasuitwisseling mogelijk is.

Als je veilig decomprimeert, gaat er stikstof van de lichaamsweefsels via de bloedbaan terug naar het hart en de longen in; het passeert de dunne longcellen in de longblaasjes en wordt zonder dat we ons daar bewust van zijn uitgeademd. Sommige stikstofmoleculen smelten samen en worden bellen in het lichaam als er voldoende moleculen aanwezig zijn. Deze bellen worden vaak in de bloedbaan aangetoond (met gebruik van ultrageluid). Wij zien bij Duke regelmatig bellen tijdens onze researchstudies; ze zijn aanwezig zelfs na sommige vrij ondiepe duiken.

Dr. R.D. Eckenhoff en collega's aan de Universiteit van Pennsylvania rapporteerden in 1990 dat je kon verwachten veneuze bellen te detecteren bij 56 procent van duikers die 48 uur op de geringe diepte van 5 meter hadden doorgebracht (1). Maar dit saturatieprofiel (48 uur op 5 meter) is veel langer dan wat de gemiddelde sportduiker zou meemaken. Bovendien zouden korte, ondiepe duiken veel minder waarschijnlijk leiden tot meetbare bellen dan een blootstelling van 48 uur.

Dit was echter een belangrijke ontdekking omdat eerder slechts weinig duik medische specialisten geloofden dat bellen zo vaak voorkwamen. Met een enkele uitzondering worden al deze bellen eenvoudigweg uitgefilterd door de longen voordat ze de kans krijgen over te gaan naar de arteriële circulatie waar ze schade zouden kunnen aanrichten door het blokkeren van de bloedstroom.

Stikstofbellen kunnen geminimaliseerd worden door decompressie met 100 procent zuurstof; dit verkleint de kans dat solitaire stikstofbellen in aanzienlijke hoeveelheden gevormd worden. Als bellen van zuivere zuurstof hun weg naar de arteriële circulatie zouden vinden, worden die als minder bezwaarlijk beschouwd dan stikstofbellen. Dit is omdat zuurstof een metabolisch gas is, d.w.z. een brandstof, en zal dus verbruikt worden, anders dan de inerte stikstofbellen. Een redelijk klein zuurstofbelletjes zal, zelfs als het naar de hersenen gaat, uiteindelijk verbruikt worden.

Dit is een van de weinige keren dat we de onverzadigbare honger naar zuurstof van de hersenen op prijs kunnen stellen. (Ze consumeren meer zuurstof per eenheid gewicht dan ieder ander orgaan en de long consumeert heel weinig). Een veiligheidsaantekening: terwijl je onderwater bent, moet je om de kans op een centraal zenuwstelsel zuurstofvergiftiging (meestal als stuip gezien) zo klein mogelijk te houden, nooit zuurstof ademen dieper dan ongeveer 6 mzw. Daar de kans op zuurstofvergiftiging kleiner is als de duiker in ruste is in een droge kamer wordt zuurstof daar gebruikt tot wel 18 mzw diep.

De bevindingen

In een andere versnelling zou ik graag onze initiële bevindingen willen samenvatten met er tussendoor wat commentaar en uitleg.

We hebben gekeken naar 2.231 gevallen van DCZ in de DAN duikverwondingen database (van 1998-2003) en hebben gevonden dat de mediaan tijd van het boven komen tot het begin van DCZ symptomen 2,2 uur was voor alle types DCZ samen. "Mediaan" verwijst naar het middelste getal tussen de hoogste en laagste getallen. Men gelooft in het algemeen dat bijna alle (95 procent) van DCZ symptomen optreden binnen de eerste zes uur na het boven komen, zodat 2,2 uur niet onredelijk is.

Als er verdenking op DCZ symptomen was, vonden we dat 47 procent van de gewonde duikers FAO₂ hadden gekregen. Ik denk dat de duikgemeenschap nog steeds veel kan verbeteren hier en ik geloof dat het aantal nu hoger ligt, gezien de betere duikopleidingen.

Het type DCZ waarbij de neiging bestond die te behandelen FAO₂ was ook interessant. De duikers met de vrij dramatische symptomen, zoals degenen die cardiopulmonale klachten vertoonden (d.w.z. "chokes") of ernstige neurologische klachten (d.w.z. verlamming) hadden de meeste kans op het ontvangen van FAO₂.

Een interessante bevinding werd gedaan bij de duikers die "skinbends" (huid DCZ) hadden, op zichzelf geen levensbedreigende vorm van DCZ: deze duikers kregen FAO₂ sneller dan alle andere types. Hun mediaantijd tot FAO₂ was 18 minuten. Deze snelle verlening van FAO₂ is misschien omdat huidproblemen goed zichtbaar zijn voor iedereen die in de buurt is en vaak bestaan uit dramatisch uitzijnde uitslag. Het verbaasde ons om te leren dat de mediaanwachtijd voor duikers met ernstige, neurologische problemen, zoals zwakte van de benen, verlamming of verminderd bewustzijn 54 minuten bedroeg van de start van de symptomen tot aan de FAO₂.

Dit punt is waard om herhaald te worden: gewonde duikers met ernstige, neurologische problemen hadden de neiging zo'n 54 minuten te wachten voordat er FAO₂ verleend wordt. De meeste duik medische specialisten zijn het erover eens dat een verlamde duiker veel sneller dan 54 minuten na het begin van symptomen zou moeten beginnen met het krijgen van zuurstof. Als je simpel pijn in een gewricht had, was de wachttijd iets meer dan drie uur na het begin van de symptomen. Gevoelloosheid en tintelingen? Bijna zes uur. Als je deco hebt opgelopen hopen we maar dat je sneller begint met het ademen van 100 procent zuurstof.

Uit de 2.231 casussen kregen we heel weinig informatie over de uitkomst van degenen die FAO₂ hadden ontvangen voordat ze de hyperbare kamer in gingen. In feite hadden we maar 330 casussen waarin we wisten hoe de duiker zich voelde nadat hij FAO₂ had gekregen maar voor de hyperbare behandeling. Van deze 330 duikers gaf 65 procent (205 duikers) ofwel een volledig verdwijnen van de symptomen ofwel een verbetering aan na alleen maar FAO₂.

Dit is een inspirerende bevinding, maar niet sterk genoeg om de noodzaak voor verdere hyperbare behandeling (wat nog steeds de definitieve therapie is) uit te sluiten. Als je de hyperbare behandeling toevoegt na de FAO₂ springt de groep met volledig herstel naar 67 procent, vergeleken met degenen die geen FAO₂ hadden gekregen (58 procent met volledig herstel).

Met andere woorden, als je FAO₂ voor de hyperbare behandeling krijgt is de kans op volledig herstel na je eerste hyperbare behandeling, groter. Deze bevinding was statistisch significant.

En hoe zit het met de mogelijkheid dat FAO₂ het totale aantal hyperbare behandelingen die nodig zijn om een gewonde duiker volledig te behandelen, vermindert? Wel we hebben gevonden dat degenen die FAO₂ hadden gekregen binnen vier uur nadat de DCZ symptomen waren begonnen, minder kans hadden om meer dan een hyperbare behandeling nodig te hebben.

In andere woorden, als je FAO₂ snel krijgt, zijn de kansen groter dat je slechts één hyperbare behandeling

nodig hebt. Op zijn minst zou zuurstof aanwezig moeten zijn op alle duikboten. Er zou voldoende zuurstof aan boord moeten zijn om een of twee duikers te behandelen gedurende de hele tijd die nodig is om naar het ziekenhuis te gaan.

Krijg het meeste uit je zuurstof

Een hoogefficiënt, lage snelheid rebreather zoals de Remote Emergency Medical Oxygen set (REMO₂[™]) - (zie Fig. 1) of soortgelijke apparaten zijn het overwegen zeker waard, vooral als je in meer afgelegen locaties duikt, d.w.z. ver van medische voorzieningen. De REMO₂[™] kan heel efficiënt meer dan 90 procent in geademde zuurstof leveren met een gering gemiddelde van 1l/ min zuurstofflow.

Hij kan dit doen door de ongebruikte zuurstof in je uitademinglucht te recyclen. De REMO₂ gebruikt een oronasaal beademingsmasker dat een effectieve afsluiting op het gezicht geeft. Er bestaan weinig sets die zo efficiënt zijn. In het geval van een stabiele, gewonde duiker die niet per helikopter geëvacueerd hoeft te worden, geeft dit veel meer tijd voor de boot om terug naar de wal te keren, voordat de zuurstofvoorraad uitgeput raakt.

Ter vergelijking, de plastic zuurstofmaskers (zonder reservoirkakje) die we in ziekenhuizen zien vereisen 13-15 liter per minuut (l/min) om tot 50 procent ingeademde zuurstof te komen. Een neuscanule is veel minder effectief en maakt de ingeademde zuurstof slechts een paar procent hoger dan lucht. We hebben gevonden dat een alarmerende 7 procent van gewonde duikers waaraan FAO₂ wordt verleend nog steeds een neuscanule gebruikt. De meeste providers gebruiken het algemeen verkrijgbare en redelijk efficiënte non-rebreathermasker (37 procent). Deze vind je in de spoedeisende hulpafdelingen en het zijn redelijk efficiënte, flexibele maskers waaraan aan de onderkant een reservoirkakje zit.

Hoeveel zuurstof moet je dus op je duiktrip meenemen? Hier is een klein schema (tabel 1) dat inefficiënte manieren van het toedienen van FAO₂ (15l/min) vergelijkt met de efficiënte REMO₂ set (1,3 l/min)*. Het verschil is opmerkelijk. Ik heb via een eenvoudige berekening er een verklaring aan toegevoegd die je kunt aanpassen als je verschillende maten flessen gebruikt. Denk er altijd aan rekening te houden met vertragingen en neem wat meer mee dan dat je denkt nodig te hebben voor de boottocht terug.

Ter conclusie

We moeten nog steeds meer te weten komen over die duikers die alleen FAO₂ toepassen zonder hyperbare behandeling, naast degenen die alleen FAO₂ toepassen zonder formeel medisch advies te vragen.

Tabel 1: Verschillende methodes van zuurstoftoediening

Gewenste O ₂ duur (uren)	Hoge zuurstofflow Oxygen (15l/min) d.w.z. inefficiënt O ₂ gebruik. Aantal liters gebruikte O ₂	Aantal benodigde Jumbo-D flessen	Lage flow (1,3 l/min) d.w.z. efficiënt O ₂ gebruik. Aantal liters gebruikte O ₂ *	Aantal benodigde Jumbo-D flessen
1	0,9	1 ½	78	< ¼
2	1,8	2 ¾	156	¼
3	2,7	4 ¼	234	< ½
4	3,6	5 ¾	312	½

5	4,5	7	390	$< \frac{3}{4}$
6	5,4	$8 \frac{1}{2}$	468	$\frac{3}{4}$
7	6,3	$9 \frac{3}{4}$	546	< 1
8	7,2	$11 \frac{1}{4}$	624	1
9	8,1	$12 \frac{3}{4}$	702	$< 1 \frac{1}{4}$
10	9,0	14	780	$1 \frac{1}{4}$

Deze informatie is gebaseerd op het REMO₂ systeem, echter is dit systeem niet langer in gebruik. Zuurstofrebreathers vergelijkbaar met de verouderde REMO₂, zoals het Wenoll system, worden op dit ogenblik gebruikt in Europa en leveren vergelijkbare resultaten.

Over de auteur

John Paul Longphre, M.D., is een voormalig klinisch en research fellow aan Duke University's Center for Hyperbaric Medicine and Environmental Physiology en is momenteel verbonden aan de afdeling Occupational and Environmental Medicine, Duke University Medical Center, Durham, N.C.