

Terug naar de basis

Decompressieongeval is een fascinerende kwaal die in de schaduw van de geest van duikers loert en ons eraan herinnert dat we kwetsbaar zijn en dat onze ontdekkingsdrang getemperd wordt door mogelijke consequenties. Of we nu vanuit de diepte opstijgen of naar grote hoogtes reizen, naarmate we verder naar buiten en omhoog gaan vanuit het centrum van de aarde neemt de omgevingsdruk af. Onder de juiste omstandigheden kan dit een complex samenspel in gang zetten tussen fysica en fysiologie dat tot verwondingen leidt.

Duikers hebben te maken met twee types decompressiegerelateerde verwondingen: decompressieziekte (DCS) en arteriële gasembolie (AGE). Samen worden deze kwalen vaak onder de noemer van decompressieongeval (DCO) gebracht. Hun gemeenschappelijke origine is het decompressieproces, maar de onderliggende oorzaken zijn geheel verschillend.

AGE

AGE is de invaliderende verwonding bij 29 procent van de duiksterfgevallen en heeft waarschijnlijk te maken met een ontoereikende gasvoorraad die de trigger is in ongeveer 41 procent van de duikongevallen.¹ Emboli zijn werkelijke of potentiële blokkades van bloedvaten door vreemd materiaal. Ze kunnen bestaan uit gas, bloedpropjes, vet, tumoren, vruchtwater of bacteriële groei. In het geval van AGE bij duikers bestaan de emboli uit gas in de slagaderlijke bloedstroom als gevolg van longoverrekking of pulmonaal barotrauma (een fysieke verwonding van longweefsel als gevolg van drukveranderingen). Door deze verwondingen ontsnapt er gas vanuit de kleine longblaasjes (alveoli) en komt in de slagaderlijke bloedstroom.

De Wet van Boyle – die zegt dat het volume van een hoeveelheid gas toeneemt als de omgevingsdruk afneemt – verklaart longoverrekking tijdens de opstijging. Het omgekeerde van deze wet is ook waar: het volume van een hoeveelheid gas neemt af als tijdens de afdaling de omgevingsdruk toeneemt. Duikers krijgen in ondiep water te maken met het grootste risico op een pulmonaal barotrauma. Het grootste drukverschil waar duikers in de waterkolom mee te maken krijgen (relatief ten opzichte van de omgevingsdruk aan het oppervlak) doet zich voor in de eerste 3 tot 4 m.

Uitzetting van gas voorbij het punt dat de alveoli kunnen hebben, heeft schade van het longweefsel tot gevolg en maakt dat gas, opgesloten in de longen, naar de longaders, die zuurstofrijk bloed naar het hart transporteren, ontsnapt. Als dit gebeurt, kan er ontsnapt gas in het hart terechtkomen en naar de hersenen gaan waar zich een acuut neurologisch probleem kan voordoen. De snelheid waarmee dit plaatsvindt, verklaart het snelle optreden van symptomen na een duik – AGE dient zich binnen enkele minuten aan.

Pulmonaal barotrauma kan zich ook voordoen als vrije lucht in het mediastinum (een gebied in de borstkas tussen de longen), wat pneumomediastinum wordt genoemd of het kan zich manifesteren als een pneumothorax (lucht in de borstkas buiten de longen). De grootste bedreiging voor duikers is een AGE die in de hersenen terechtkomt, een conditie die bekend staat als cerebrale arteriële gasembolie (CAGE).

Symptomen van CAGE manifesteren zich aan of in de buurt van het oppervlak direct na een duik en ongeveer 50 procent van duikers die lijden aan CAGE raken plotseling bewusteloos. Anderen kunnen last hebben van een acuut veranderde mentale status of verlies aan coördinatie of kracht, wat tekenen en symptomen van een beroerte zijn en het gevolg zijn van een beperkte bloedtoevoer naar delen van de hersenen. Degenen die die eerste verwonding overleven kunnen binnen minuten spontaan herstellen,

waarbij ze verschillende maten van neurologische verwondingen kunnen hebben en zelfs helemaal naar normaal functioneren kunnen herstellen.

Ongeacht of iemand helemaal normaal lijkt moeten alle slachtoffers van pulmonale barotrauma, AGE of CAGE, direct gezien worden in een spoedeisende hulpafdeling van een ziekenhuis. Het is bekend dat terugkeer van neurologische symptomen kan optreden bij patiënten die op het oog volledig hersteld leken. De consensus onder hyperbare artsen is dat iedereen die na een duik tekenen vertoont van een neurologische verwonding gezien moet worden. Mensen waarbij de diagnose is gesteld van AGE moeten hyperbare zuurstoftherapie krijgen (kamerbehandeling).

CT scans van het hoofd maken vaak deel uit van de eerste evaluatie van deze patiënten als ze in de spoedeisende hulp komen. Het is belangrijk om de aanwezigheid van hersenletsel of een beroerte vast te stellen alvorens hyperbare kamerbehandeling in te stellen - niet omdat hyperbare behandeling de kwaal zal verergeren, maar omdat een bloeding in de hersenen direct operatief ingrijpen vereist. Het uitsluiten van hersenbloedingen en bloedpropjes, die ook acute neurologische problemen kunnen veroorzaken, is een belangrijke stap; de afwezigheid van deze factoren ondersteunt de diagnose van duikgerelateerde AGE en het gebruik van hyperbare zuurstoftherapie.

DCZ: Belproblemen

DCZ heeft te maken met de opname van inert gas (stikstof of helium) in weefsel samen met een opstijging naar verminderde omgevingsdruk, waar het uitwassen van het gas belvorming tot gevolg kan hebben. Dit bevordert ontstekingen en weefseltrauma.

Onlosmakelijk verbonden met het begrijpen van deze kwaal zijn de gaswetten van Boyle, Henry en Dalton. De Wet van Boyle verklaart waarom we als we afdalen een steeds groter aantal gasmoleculen bij iedere ademhaling moeten inademen zodat ons lichaam de druk in de borstkas gelijk kan houden aan die van de omgeving. Het toegenomen aantal gasmoleculen in onze longen vergeleken met dat in ons bloed en weefsels creëert een diffusiegradiënt welke, volgens de Wet van Henry, gasmoleculen in oplossing doet gaan. Welke en hoe veel van deze moleculen we opnemen wordt verklaard door de Wet van Dalton en heeft ook te maken met verschillen in de bloedtoevoer naar verschillende delen van ons lichaam.

Hoe langer en dieper we duiken hoe meer gas we absorberen. Als er tijdens de opstijging voldoende hoeveelheden inert gas uit oplossing gaan en er bellen vormen, kunnen er ontstekings- en vasculaire reacties optreden die in potentie kunnen leiden tot een breed scala aan klinische manifestaties. Anders dan bij AGE bevinden DCZ bellen zich vooral in de aderlijke bloedstroom en in de weefsels en het kan uren duren voordat zich symptomen voordoen.

DCZ is gerelateerd aan een inert gas (decompressiestress) en de aanwezigheid van bellen in de bloedbaan. Hoewel hoge belscores (zoals vastgesteld door ultrasound) niet diagnostisch zijn voor DCZ, wijzen ze op een grote decompressiestress en hebben in hogere mate te maken met de start van DCZ symptomen dan lagere scores. De begintijd van symptomen correleert grofweg met de belasting door inert gas: een grotere belasting is gerelateerd aan een snellere start en een snellere progressie van de symptomen. Een fascinerend aspect van DCZ is dat de start van symptomen vaak optreedt lang nadat bellen gevonden worden. Hoewel het vaststellen van bellen dus een indicatie is van decompressiestress is het geen diagnostisch criterium.

Huidig onderzoek naar DCZ richt zich op biologische markers die in het bloed gedetecteerd kunnen worden. Onderzoekers verkennen de mogelijke relatie tussen decompressiestress en de aanwezigheid van membraanmicrodeeltjes (membraangebonden blaasjes losgelaten door uiteenlopende celtypes) in het

bloed. Het niveau van microdeeltjes neem toe samen met een heleboel fysiologische afwijkingen en met de verscheurende stress veroorzaakt door bellen in het bloed. De werkhypothese is dat bepaalde microdeeltjes (mogelijk getriggered door inerte gasbellen) een start kunnen zijn, een marker van of bijdrage aan de ontstekingsreactie leidend tot DCZ. Dit onderzoek gaat verder dan alleen het bellenmodel. Hoewel bellen in het bloed zeker een sleutelrol spelen bij de ontwikkeling van DCZ, voorspelt hun aan- of afwezigheid niet betrouwbaar de start van DCZ symptomen. Het onderzoeken van dit proces op moleculair niveau kan ons nog een heleboel leren over DCZ, en inzichten verschaffen die, naar we hopen, de effectiviteit van zowel preventie als behandeling kunnen verbeteren.

Behandeling

Hyperbare zuurstof (HBO) is de uiteindelijke behandeling voor DCZ en AGE. Voorafgaand aan de uiteindelijke behandeling kan het ademen van 100 procent zuurstof het uitwassen van gas bevorderen, de ernst van de symptomen beduidend verminderen en de effectiviteit van de behandeling vergroten.

Het meest algemene en geaccepteerde eerste kamerbehandelingprotocol is de U.S. Navy Treatment Table 6. Afhankelijk van de status van de patiënt kunnen deze behandelingen worden verlengd of herhaald. DCO wordt met gelijke effectiviteit behandeld in zowel een- als meerpersoonskamers. Eenpersoonskamers behandelen een persoon per keer en patiënten worden daarbij niet vergezeld door medisch personeel. Meerpersoonskamers maken het mogelijke meerdere patiënten tegelijk te behandelen en medisch personeel kan met ze meegaan wat belangrijk is voor ernstig gewonden.

Evacuatie

Duikongevallen kunnen beangstigend zijn en zodra er een verdenking van DCO is, vergeten veel duikers om over alternatieve verklaringen voor de symptomen na te denken. Om er zeker van te zijn dat andere ernstige verwondingen, ziektes en kwalen in ogenschouw worden genomen raadt DAN aan dat gewonde duikers medisch advies inwinnen in het dichtstbijzijnde ziekenhuis of medische kliniek. Als de diagnose inderdaad DCO is kan het personeel, en indien nodig DAN, een tijdig vervoer naar een geschikte en beschikbare hyperbare kliniek regelen.

Duikongevallen roepen veel vragen op. Neem, nadat je contact hebt gehad met de lokale, medische hulpdienst, contact op met de DAN Emergency Hotline op +39 06 4211 5685, of adviseer de behandelende kliniek om dat te doen. DAN kan zowel relevante, medische informatie verstrekken als assisteren bij het plannen en coördineren van een evacuatie.

Gaswetten nodig voor het begrijpen van DCO

De Wet van Boyle: Bij een constante temperatuur is het volume van een gas omgekeerd evenredig aan de omgevingsdruk.

Om een neutraal longvolume te behouden als we tijdens het persluchtduiken afdalen, inhaleren we meer gasmoleculen per ademhaling.

De Wet van Dalton: De totale druk uitgeoefend door een gasmengsel is gelijk aan de som van de partiële drukken van ieder gas in het mengsel.

Naarmate we tijdens de afdaling meer gasmoleculen per ademteug inademen, wordt de potentiële impact van de verhoogde partiële drukken belangrijk. Stikstofnarcose is het gevolg van een verhoogde partiële stikstofdruk.

De Wet van Henry: Bij een constante temperatuur is de hoeveelheid van een bepaald gas dat in oplossing gaat in een vloeistof direct evenredig aan de partiële druk van dat gas boven de vloeistof. In

fysiologische termen is de gasdruk die in onze longen heerst gerelateerd aan de gasdruk in ons bloed.
Hoe groter de gasdruk in onze longen, hoe meer gas er in oplossing zal gaan in ons bloed en weefsels. Dit is de basis van decompressieziekte.