

Laatste bevindingen betreffende DCO en duikfysiologie (deel 1)

Bellen die duikers de “bends” geven of de zogenoemde decompressieziekte (DCZ) veroorzaken zijn bekend bij iedere duiker ter wereld. Het gas in kwestie is meestal stikstof, een inert gas dat deze bellen vormt. DCZ is een bekend duik gerelateerd gezondheidsrisico dat in de lichte vorm huiduitslag of gewrichtspijn kan geven, maar dat, als het ernstig is, ook levenslange, permanente verlammingen kan geven of tot de dood kan leiden. Wanneer een inert gas dat de lichaamsweefsels heeft verzadigd tijdens blootstelling aan een verhoogde omgevingsdruk te snel in druk verlaagd wordt, kan het circulerende of weefsel gasbellen vormen die bloedvaten in het menselijk lichaam kunnen blokkeren en vooral dan de kleine haarvaatjes. Als dat gebeurt in de hersenen, het ruggenmerg of het hart kunnen de gevolgen ernstig en zelfs catastrofaal zijn. Een beter begrip en voorkomen ervan spelen een cruciale rol in het vermijden van dit soort risico en het verminderen van mogelijke gevolgen.

In 2009 is er een groep toegewijde onderzoekers begonnen met een project, PHYPODE (PHYsioPathology Of Decompression), genaamd, dat gefinancierd werd door de Europese Unie op initiatief van het Marie Curie Initial Training Networks en tot doel had DCO diepgaander te onderzoeken dan de pure, fysieke processen ervan.

Nu, 4 jaar later, is het project afgerond. Om de onderzoeksresultaten ervan te presenteren werd de “The Science of Diving” conferentie door DAN (Divers Alert Network Europe) georganiseerd in ISEK, in Brussel, België op 20 december 2014.

De aannames van de onderzoekers

Daar sommige gevallen van DCZ schijnbaar onverdiend zijn en niet alleen maar door weefseloververzadiging verklaard kunnen worden, wordt aangenomen dat de huidige decompressiemodellen, die gebruikt worden in moderne duikcomputers, niet veilig genoeg zijn en herzien moeten worden. Bovendien wordt aangenomen dat DCZ niet een zuiver fysiek iets is, maar ook een complex, patho-fysiologisch proces beïnvloedt door en/of getriggerd door verschillende factoren die van mens tot mens kunnen variëren. Dit leidt tot de aanname dat er een individueel risico is op DCZ is voor iedere duiker. Het ontwikkelen van een meer geavanceerde, real-time duiktechnologie zal daarom het doel van toekomstig onderzoek op dit gebied zijn. Het resultaat ervan zou idealiter het scheppen van een “superduikcomputer” zijn, met een nieuw algoritme en die in staat is om real-time de duikers medische gegevens in de gaten te houden (voor, tijdens en na de duik), waardoor de toekomstige duiker een soort bionische duiker wordt.

De presentaties van de onderzoekers

Er was een veelzijdige benadering nodig om de vele fysiologische factoren en mechanismen beter te begrijpen. Elk onderzoek op dit gebied dat helpt de kennis van de exacte mechanismen en processen leidend tot DCZ te vergroten is een waardevolle stap in het bevorderen van duikveiligheid, wat altijd deel heeft uitgemaakt van DAN's missie. Daarom ook heeft DAN in 1994 de DSL (Diving Safety Laboratory) opgezet, met als doel het verzamelen van zo veel mogelijk gegevens over echte duiken, inclusief duikongevallen. Onder begeleiding van Prof. A. Marroni, President van DAN Europe en een van de vooraanstaande wetenschappers betrokken bij PHYPODE, zijn die gegevens door middel van een epidemiologische benadering geanalyseerd om de risicofactoren en de kentekenen ervan te identificeren.

Tegen 2014 had de DSL database 39.944 duiken verzameld, gemaakt door 2.615 duikers (2.176 mannen en 439 vrouwen, gemiddelde leeftijdsgroep 33-51 jaar).

De Doppler ultrasoundtechniek werd gebruikt om de vorming van circulerende bellen te detecteren. Wetenschappers konden daarmee aantonen dat er 30 tot 75 minuten na het boven komen bellen worden gedetecteerd, maar dat die na 1,5 uur weer verdwijnen. Men vond dat de belvorming met het stijgen der jaren toenam, maar dat het geslacht er geen invloed op had.

Men presenteerde ook nieuwe, interessante bevindingen betreffende **vliegen na duiken**. In-flight echocardiografie, uitgevoerd bij duikers die terugkwamen van een duiktrip van een week toonde aan dat duikers die gewoonlijk high-grade bellen produceren na hun laatste duik, wellicht beter langer (36-48 uur in plaats van slechts 24 uur) na hun laatste duik zouden kunnen wachten alvorens aan boord van een commercieel vliegtuig te stappen.

Wat betreft andere duik-gerelateerde risico's, is er goed nieuws voor **diabetische duikers**. Het is zo dat de ontwikkeling van nieuwe technologieën het onlangs mogelijke heeft gemaakt om de bloedsuiker (BS) tijdens het verblijf onderwater voortdurend in de gaten te houden. Het testen werd gedaan door middel van waterproof monitoren met sensoren die onder het wetsuit geplaatst werden.

Onderzoek naar **door adem inhouden geïnduceerd pulmonaal oedeem** heeft ook inzichten opgeleverd betreffende de genetische predispositie die bijdraagt aan DCZ bij duikers. Volgens verschillende recente studies produceren bepaalde genotypen een enzym, e-NOS genaamd, dat glutaminezuur in plaats van asparaginezuur bevat, wat leidt tot een grotere productie van stikstofoxide (NO) en dat kan dan weer een beschermend effect tegen DCZ opleveren.

We weten veel over **bellen** in het algemeen, maar het exacte vormingsmechanisme is tot zeer recent een duistere zaak gebleven. C. Balestra, voltijd hoogleraar en hoofd van het Integratieve Fysiologie Lab aan de Haute-Ecole Paul Henri Spaak in Brussel, België, heeft onderzoek gedaan naar belvorming bij hyperbare decompressie, d.w.z. de vorming van stikstofgasbellen in het bloedvatensysteem van duikers na duiken en de daaraan gerelateerde interactieve processen van fysica en fysiologie.

Om bellengroei en -dichtheid zichtbaar te maken en het exacte vormingsmechanisme te exploreren gebruikte Balestra een experimentele set-up voor optische recording. Daarna keek hij naar twee verschillende types weefseloppervlak, hydrofiel versus hydrofoob, d.w.z. spier- versus vetweefsel en vond significant meer bellen op vetweefsel (*hydrofoob) dan op spierweefsel (hydrofiel). Men geloofde dat dit te maken had met de zogenaamde hydrofobe kernplekken waarop bellen zich kunnen vormen. Leeftijd lijkt van invloed te zijn op de toename van het aantal van deze hydrofobe plekken in het menselijk vatensysteem, wat een verklaring zou kunnen zijn voor het aan leeftijd gerelateerde grotere risico van DCZ., maar ook aan het grotere risico op ziektes als Alzheimer, coeliakie, allergieën, diabetes en kanker. Hydrofobe plekken op de voering van bloedvaten waar de gasfase kan ontstaan, zijn daarom van vergaand, interdisciplinair belang en de bevindingen van dit onderzoek zouden ook niet duikers ten goede kunnen komen.

Peter Germonpré medisch directeur, Centrum voor Hyperbare Zuurstoftherapie in het militaire ziekenhuis in Brussel, België), benadrukt het belang van de zogenaamde **preconditioning**, handelingen die iedere duiker kan uitvoeren om het risico van DCZ te verkleinen. Over het algemeen gaat men ervan uit dat er twee mogelijk belreducerende mechanismes bestaan: een biochemische, d.w.z. van invloed op de oxidatieve, ontstekingsreactie opgeroepen door de aanwezigheid van decompressiebellen in het lichaam, en een mechanische, d.w.z. het verlagen van het aantal bel"zaden" in de bloedvaten. Om bellen te verminderen zijn de aanbevolen handelingen voor het duiken: lichaamsbeweging, warmte, hydratatie,

zuurstof inademen, vibratie en het eten van antioxidant voedsel. Veneuze of vasculaire gas embolie (**VGE**) wordt al sinds geruime tijd gezien als een oorzaak en een marker voor DCZ. Hoe meer bellen in het bloed hoe meer kans er is op het ontstaan van decompressiesymptomen. Zoals we al eerder leerden vormen zich bellen op hydrofobe kernplekken op het oppervlak van bloedvaten. Dus kan het goed in orde houden van het eigen bloedvatensysteem en zelf in goede conditie blijven het risico van DCZ verkleinen.

In principe zal **lichaamsbeweging** de ventilatie verbeteren en bellen laten verdwijnen. Warmtestress produceert warmtebeschermingseiwitten die belvorming kunnen voorkomen, voldoende **hydratatie** heeft een bekend preventief effect, maar hydratatie moet lang voor de duik gedaan worden zodat het water de lichaamsweefsels kan bereiken. Vlak voor de duik een heleboel water drinken helpt niet; het zal eerder het vochtvolume in de vaten vergroten wat leidt tot een plotseling verlies aan vochtvolume tijdens de duik en dus het risico op DCZ vergroot. Total-body, preduik mechanische **vibratie** vermindert het risico van DCZ, waarschijnlijk door het afschudden van reeds bestaande microbellen. Dit is waarom sommige duikbedrijven er vaak voor kiezen om per snelle boot naar de duikstekken te varen. Niettemin heeft het lymfestelsel ook een belangrijke rol in het elimineren van belvormende microkernen door middel van lymfedrainage en ook dit wordt versterkt door preduik vibratie. En last but not least: het ademen van 100% zuurstof voor een duik is een effectieve manier om stikstof uit het systeem te krijgen.

Zoals gezegd heeft lichte lichaamsbeweging voor het duiken een bekend beschermend effect, maar **zware inspanning** in combinatie met duiken wordt beschouwd als een groot risicofactor voor het ontstaan van DCZ vanwege de ontstekingsreactie die het heeft op de bloedvaten. Het effect van verschillende intensiteit van inspanning voor, na en tussen duiken is onderzocht door Z. Dujic van de faculteit voor geneeskunde van de universiteit van Split, Kroatië.

Lichaamsbeweging na het duiken kan arterialisatie oproepen - het opengaan van doorgangen, waardoor de passage van bellen van aderlijk naar slagaderlijk bloed mogelijk wordt gemaakt- een fenomeen dat ook shunting of shunts genoemd wordt en dat in verband wordt gebracht met een toegenomen relatief risico van DCZ. Arterialisatie is bij ieder mens verschillend. Bij sommigen kan de eenvoudige taak van zwemmen aan het oppervlak of het dragen van de uitrusting na een duik intensief genoeg zijn om de arterialisatiedrempel over te gaan.

Men heeft gevonden dat arterialisatie tijdens inspanning te voorkomen is door het inademen van 100% O₂. O₂ is een vasoconstrictor en kan shunts sluiten. Dit kan wellicht ook een verklaring zijn voor de positieve resultaten met betrekking tot O₂-ademen als eerste behandeling voor DCZ. Bij twee vergelijkende studies hadden preduik aerobic hardlopen en anaerobic fietsen een beschermend effect en verminderden micropartikeltjes (d.w.z. de zaden voor belvorming). Inspanning na het duiken echter toonde open shunts en daarom arterialisatie bij 50%. Conclusie: duikers die “high-grade bubblers” en “gemakkelijke shunters” zijn, lopen een heel groot risico op DCZ.

Nog meer interessante onderzoeksbevindingen, zoals de rol gespeeld door het vasculaire endotheel bij DCZ, zuurstoftoxiciteit en het concept van de “bionische duiker” worden in het tweede deel van het artikel gepresenteerd, dat gepubliceerd wordt in het volgende nummer van Alert Diver.

Belangrijke publicatie

“The Science of Diving, Things your instructor never told you”

Gepubliceerd door Lambert Academic Publishing, kan [hier](#) online aangeschaft worden of het kan via een boekhandel besteld worden met gebruik van ISBN nummer 978-3-659-66233-1. Het boek wordt verkocht

voor € 49,90 en de opbrengst van de verkoop wordt geschonken aan EUBS, voor de promotie van toekomstig duikgeneeskundig onderzoek.

Educatieve hulpbronnen: een DAN lidmaatschapsvoordeel

DAN leden ontvangen regelmatig informatie over en worden uitgenodigd voor interessante conferenties en bijeenkomsten gericht op duikveiligheid. Korting op de toegangsprijs of gratis deelname aan dergelijke evenementen is nog maar een van de verschillende [DAN lidmaatschapsvoordelen](#).

Om op de hoogte te blijven van evenementen zoals de PHYPODE conferentie [registreer je je op de DAN Europe website](#). Je ontvangt dan regelmatig onze nieuwsbrieven en waardevolle informatie over de mogelijkheden tot eerstehulp opleidingen, duikverzekeringen, online webinars en nog veel meer.