

# Laatste bevindingen betreffende DCO en Duikfysiologie (deel II)

In vervolg op het [eerste artikel](#) dat vorige maand gepubliceerd werd, gaan we verder met het presenteren van de onderzoekresultaten die voortkwamen uit "The Science of Diving", de laatste conferentie van het wetenschappelijk project PHYPODE genaamd.

Nog een andere aanname was dat het vasculaire **endotheel**, de binnenste laag van alle bloedvaten, een sleutelrol speelt bij DCZ.

F. Guerrero (Laboratoire Optimisation des Régulations Physiologiques - ORPhy-, Universiteit van Brest, Frankrijk) heeft de postduik veranderde endotheelfunctie onderzocht.

In het algemeen reguleert het vasculaire endotheel de vasculaire activiteit en de cardiovasculaire gezondheid door het afgeven van stoffen die een heleboel functies reguleren, zoals de bloedstroom, ontstekingen, trombose, oxidatieve stress enzovoort. Een toegenomen doorlaatbaarheid van het endotheel, contactverlies tussen de microvasculaire cellen en verzwakking van hun adhesie aan het basismembraan - komt vaak voor bij DCZ. Men heeft gevonden dat iedere duik de vaatverwijding van ieder bloedvat verlaagt zoals aangetoond door de flow mediated dilation (FMD) metingen. Zowel grotere bloedvaten als microvaatjes, d.w.z. het capillaire netwerk, de plek waar gasuitwisseling plaatsvindt, zijn na het duiken beschadigd en zijn zelfs nog meer veranderd na DCZ. Onderzoek bij apneuduikers (die geen bellenvormen) wees op hydrostatische druk en hyperoxie om dit verwoestende effect op het endotheel te hebben door de oxidatieve stress die dit oproept en het afsterven van endotheelcellen die dit triggert. Daar er echter ook ernstige gevallen van DCZ voorkomen zonder veranderingen, kan men concluderen dat het niet het endotheel zelf is dat een sleutelrol speelt, maar meer de circulerende factoren die eruit voortkomen. Een daarvan is stikstofmonoxide (NO) dat door het endotheel geproduceerd wordt. Door het blokkeren van NO bij dierproeven, hebben de onderzoekers geslachtsgerelateerde verschillen gevonden: het optreden van DCZ ging bij vrouwen omhoog, maar niet bij mannen. Dit is waar toekomstig onderzoek naar zal kijken de geslachtelijke verschillen van het DCZ mechanisme.

Zoals bekend is zuurstof een belangrijk gas bij het duiken en het ademen van zuivere zuurstof is een veel voorkomende en effectieve eerstehulp behandeling voor DCZ. Maar **zuurstof heeft ook negatieve effecten**. Onderzoek in het veld is uitgevoerd door J. Kot (Nationaal Centrum voor Hyperbare Geneeskunde, Medische Faculteit Universiteit van Gdansk, Polen). Oxidatieve stress wordt veroorzaakt door het verwoestende effect van vrije radicalen (O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, OH) die gevormd worden tijdens een onvolledige afbraak van zuurstof in de cel. Deze radicalen zijn agressieve en kortwerkende moleculen die DNA, eiwit- en lipidemoleculen verwoesten. Gelukkig heeft het menselijk lichaam een antioxidant verdedigingssysteem om het evenwicht te bewaren tussen antioxidanten en radicalen en de schade onder controle te houden. De hoogste partiële druk van zuurstof is in de longen die dienen als een eerstelijns verdedigingssysteem. Het verwoestende effect kan leiden tot fibrose van het longweefsel. Als dit gebeurt kunnen patiënten last krijgen van hypoxie, zelfs als ze zuivere zuurstof inademen. Het goede nieuws is dat deze soort oxidatieve stress meer voorkomt bij tec-duikers die zuurstofmengsels gebruiken dan bij de meerderheid van sportduikers die b.v. Nitrox gebruiken.

PHYPODE'S onderzoek suggereert dat er duidelijk een individuele gevoeligheid voor DCZ is, zoals aangetoond door bevindingen zoals "easy shunters", hoge-graads bellenmakers, duikers met uiteenlopende endotheelkwaliteit, genetische predispositie enzovoort. Preconditioning is, zoals hierboven beschreven een goede manier om het risico op DCZ te verminderen. Een andere mogelijkheid is het

ontwikkelen van nieuwe duiktechnologie en het implementeren van een herzien en complexer decompressiemodel dat persoonlijke medische en realtime duikinformatie integreert.

Het concept van de "**Bionische Duiker**" werd een paar jaar geleden geboren en is gebaseerd op een inzichten betreffende een nieuw decompressiealgoritme (fysiologische op parameters gebaseerde algoritme aanpassing) die een 24 uren medisch monitoring van fysiologische parameters omvat, zoals hartslag, body mass index (BMI) en andere persoonlijke informatie. Het doel is het ontwikkelen van een individueel aan te passen duikcomputer die decompressieschema's op maat maakt specifiek voor de fysiologie van de duiker, in realtime en die rekening houdt met hydratatie, vermoeidheid en uiteenlopende andere condities die aantonen hoe het menselijk lichaam reageert op duikstress.

Op dit moment test Mares een aangepaste Icon HD duikcomputer met een krachtige processor en kleurenscherm. Hij kan voor, tijdens en na de duik informatie opslaan, herkent tekenen van stikstofnarcose, voert decompressieberekeningen uit, enz. De laatste ontwikkelingen zijn gepresenteerd door G. Distefano (Product Manager bij MARES, Genoa, Italië).

Nu het meten van menselijke parameters een van de belangrijkste doelen van het duikonderzoek is geworden zijn de opties die een **rebreatherapparaat te** bieden heeft verklaard door N. Donda.

Een rebreather ademapparaat hergebruikt uitademingsgas dat gezuiverd wordt van kooldioxide (CO<sub>2</sub>) via een gesloten systeem bestaande uit verschillende elementen en brengt de hoeveelheid zuurstof (O<sub>2</sub>) dat het lichaam verbruikt heeft weer op peil. Daar de rebreather het uitgeademde gas in het gesloten systeem houdt, kan het gebruikt worden om gegevens omtrent de menselijke fysiologie tijdens het duiken te verzamelen. Onderzoekers besloten om verschillende sensoren te installeren voor het meten van de kwaliteit en de hoeveelheid in- en uitgeademd gas in de verschillende luchtholtes die in het apparaat zitten. De gevolgde parameters zijn onder andere de hoeveelheid in-/uitgeademde zuurstof, de hoeveelheid uitgeademde CO<sub>2</sub>, ademhalingsfrequentie, totale volume aan ademgas, temperatuur van het in- en uitgeademde gas en de vochtigheidsgraad van het ingeademde gas. Andere parameters die bewaakt werden, waren diepte (druk), duiktijd, positie onderwater, frequentie van zwemslagen, hartslag en snelheid van afdaling en opstijgen van de duiker. De betrouwbaarheid van de sensoren werd getest en de waardes geconverteerd naar bruikbare data, die ofwel elektrisch ofwel draadloos verzonden werden naar een opslagapparaat met voldoende geheugen.

Duikgeneeskunde maakt voortgang en er zijn nieuwe bevindingen omtrent decompressiemechanismen. Tot nu toe, ook al vanwege een gebrek aan geschikte waarnemingstechnologie, werden de gegevens van de duiker alleen verzameld in laboratorium settings of in situaties voor en na de duik, maar nooit tijdens een duik. Arne Sieber (onderzoeker en wetenschapper bij IMEGO AB, Gothenburg, Zweden) heeft nieuwe waarnemingstechnologieën ontwikkeld om het **ECG en de lichaamstemperatuur** tijdens immersie te volgen. Data omtrent het metabolisme van de duiker werden verzameld met een gesloten systeem rebreather, waarbij zuurstof, CO<sub>2</sub>, ademhalingsfrequentie, stroomvolume, ademhaling minuutvolume en bloeddruk gemeten konden worden.

Het kernelement van deze bionische of digitale duiker benadering zal een nieuwe duikcomputer zijn met een draadloze interface waaraan verschillende sensoren gekoppeld kunnen worden en die een krachtige microprocessor heeft die diepgaande decompressieberekeningen kan uitvoeren. Dit systeem wordt op het ogenblik alleen voor militaire doeleinden gebruikt, maar zal spoedig voor een breder publiek in allerlei soorten systemen beschikbaar worden.

Gesteld mag worden dat het PHYPODE onderzoeksproject een uitzonderlijk grote hoeveelheid kwaliteitsgegevens heeft opgeleverd in de vorm van gedetailleerde kennis maar ook als bewijs voor de

vele gewoontes die duikers intuïtief hebben, maar waarvan ze niet weten waarom ze die hebben. Exacte mechanismen en meetgegevens zijn onderzocht, getest en opgelost en dit kan nu leiden tot de ontwikkeling van een veiliger decompressiemodel geïmplementeerd in een aan de persoon aangepaste duikcomputer die verschillende fysiologische realtime parameters integreert samen met andere medische informatie. Deze vier jaren van intens onderzoek zijn weliswaar hard werk geweest, maar ze hebben duidelijk bijgedragen aan de ontwikkeling van duiktechnologie, een grote stap in de richting van verbeterde duikveiligheid. Ze hebben ook de weg vrijgemaakt voor toekomstig onderzoek door het oproepen van nieuwe vragen terwijl andere afgesloten werden.

Tijdens de conferentie maakten de projectleiders gebruik van de gelegenheid om het boek **“The Science of Diving, Things your instructor never told you”** te presenteren een uitgebreide compilatie van huidige concepten en ideeën samen met de resultaten van dit laatste nieuwe onderzoek. Met zijn 273 bladzijden in 11 hoofdstukken is het boek een uitstekende gids voor eenieder die betrokken is bij of geïnteresseerd is in duiken, zoals medische staf, personeel van hyperbare kamers, wetenschappers, duikprofessionals, duikschoolhouders en duikcursisten. Door wetenschappelijk jargon te vermijden en door levendig taalgebruik vergroot het boek het begrip van zelfs de meest geavanceerde delen van de wetenschap.

Het boek werd geredigeerd door Professor Balestra en Dr. Germonpré, met als co-redacteuren M. Rozloznik, P. Buzzacott en D. Madden van de European Underwater and Baromedical Society (EUBS), en geschreven door ieder van de 14 PHYPODE onderzoekers.

---

## 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.