Fysieke voorbereiding en DCO

Het is algemeen geaccepteerd dat de belangrijkste risicofactoren voor decompressieongeval (DCO) duiktijd en diepte zijn. Duikers zijn ook heel geïnteresseerd in hoe andere factoren, zoals inspanning en de status van de vochthuishouding, van invloed zijn op het DCO risico. Fysieke voorbereiding houdt in het gebruik van fysiologische of farmacologische stimuli om de weerstand tegen bepaalde verwondingen of ziektes te vergroten. In dit artikel proberen we te doorgronden of er bepaalde fysieke voorbereidingen zijn die duikers kunnen gebruiken en die hun kans op DCO zouden kunnen verkleinen. We vragen het de deskundigen.

De huidige aanbeveling met betrekking tot inspanning en duiken is dat duikers inspannende fysieke activiteit zouden moeten vermijden, maar er is gesuggereerd dat een bepaalde hoeveelheid inspanning het DCO risico kan verminderen. Hoe kan inspanning de kans op DCO vergroten of verkleinen en welk advies zou u duikers geven betreffende inspanning en duiken?

Constantino Balestra: Steeds meer onderzoekers wijzen op de voordelen van preduik inspanning. De mechanismes zijn nog niet definitief geïdentificeerd maar “bewegen” lijkt een aanwijzing te zijn. Het profijt ervan lijkt te liggen in de gezamenlijke actie van het hart, vaatstelsel en lymfatisch systeem.

Michael Bennett: Het verband tussen inspanning en duiken is in de laatste paar jaar erg interessant geworden. Het traditionele gezichtspunt is dat preduik inspanning een risicofactor is voor DCO; dit is gebaseerd op de mogelijkheid tot verhoogde weefselstikstof opname bij een hyperdynamische circulatie. Recent bewijs echter duidt er op dat deze mening te simplistische zou kunnen zijn. Studies bij zowel dieren als mensen lijken te wijzen op het feit dat één enkele periode met gematigde of inspannende beweging twee tot 24 uur voor een gesimuleerde duik belformatie kan reduceren (en vermoedelijk de kans op DCO). Het is nog niet duidelijk waarom dit zo zou zijn, maar het lijkt waarschijnlijk dat de generatie van nitrietoxide (NO) tijdens inspanning ofwel het uitwassen van kernen bevordert waar bellen de neiging tot vorming hebben ofwel de cellen veranderen die zich aan de binnenkant van bloedvaten bevinden (het endotheel). Er bestaat echter een aantal hypotheses en dit is een zeer actief onderzoeksgebied. Jean-Eric Blatteau en collega’s opperden bijvoorbeeld dat het beschermende effect het gevolg is van een matige hypovolemie. Op dit moment vertel ik duikers dat er geen bewijs is dat lichaamsbeweging voor het duiken schadelijk is tot ongeveer 2 uur voor het onderwater gaan, maar ik adviseer duikers niet actief om inspanning te gaan plegen.

Er bestaat minder controverse betreffende de effecten van inspanning op andere momenten met betrekking tot het gevaar van DCO. Inspanning tijdens de duik verhoogt de stikstofopname en de verspreiding ervan in de weefsels en men denkt dat dat het risico vergroot, terwijl lichte inspanning tijdens de decompressie wordt aangeraden om te helpen bij het uitwassen en het risico te verkleinen. Inspannende lichaamsbeweging na afloop van een duik wordt ontmoedigd vanwege de mogelijkheid tot vergrote belvorming door mechanische stimulatie.

Alf Brubakk: Regelmatige lichaamsbeweging wordt aangeraden voor duikers. Aerobe inspanning voor het duiken reduceert vasculaire belvorming. Lichaamsbeweging na het duiken kan belvorming vergroten of verkleinen; het effect kan afhankelijk zijn van het algehele fitnessniveau. Dit is een gebied waar informatie ontbreekt om duidelijke aanbevelingen te kunnen geven.

De meeste deskundigen zijn het erover eens dat ernstige uitdroging de kans op DCO kan vergroten, maar er wordt gesuggereerd dat een milde tot matige uitdroging het risico kan verkleinen. Wat denkt u hiervan en wat zou u duikers aanraden te doen?

Balestra: Er bestaan gezichtspunten die stellen dat een “normaal” volume bloedplasma of zelfs een gematigd verminderd plasmavolume mogelijk de stikstofsaturatie van de weefsels tijdens een duik zou verminderen. De feitelijke boodschap die meegenomen moet worden is om het plasmavolume niet te snel of te veel te vergroten daar dit de urineproductie verhoogt en de weefsels niet echt hydrateert. Mijn advies is iedere 15 tot 20 minuten een glas water te drinken om de weefsels te laten hydrateren zonder het plasmavolume te vergroten.

Bennett: Werk dat het effect van zowel inspanning als blootstelling aan warmte op het gevaar van daaruit volgend DCO onderzoekt, kan geïnterpreteerd worden als suggestief, ietwat paradoxaal, dat milde uitdroging beschermend werkt. De suggestie is het gevolg van een mogelijk mechanisme waarbij deze prikkels bescherming bieden tegen belvorming. Blatteau en zijn collega’s suggereren dat gematigde uitdroging en verminderd bloedvolume (hypovolemie) opgeroepen door preduik lichaamsbeweging of blootstelling aan warmte in een sauna de cardiale output vermindert en het afstaan van stikstof aan de weefsels reduceert. Er bestaan echter een aantal tegenstrijdige theorieën en ik ken geen gegevens die deze bepaalde bewering ondersteunen.

De suggestie is in feite nogal verrassend. Hoewel de risico’s gepaard aan uitdroging nog steeds goed gedefinieerd moeten worden suggereert alles wat we weten dat preduik vochtinname een goede zaak is in plaats van schadelijk. In 2008 bijvoorbeeld publiceerden Gempp en collega’s een cross-over studie die concludeerde: “Preduik orale vochttoediening vermindert circulatoire bellen en vormt dus een relatief gemakkelijke manier om het risico op decompressieziekte te verminderen.”In dit onderzoek verminderde prehydratatie met 1,3 liter zout/glucose oplossing de uitdroging en voorkwam hypovolemie veroorzaakt door het duiken, maar veranderde de oppervlaktetensie van het plasma niet. Mijn raad is dat duikers moeten proberen om voor een voldoende vochtvoorziening voor het duiken te zorgen en bewust duiken vermijden als ze uitgedroogd zijn.

Brubakk: Ik ken geen gegevens die dit ondersteunen en ik denk niet dat theorie dit bevestigt. Ik raad duikers aan om goed gehydrateerd te zijn.

Sommige onderzoekers hebben de preduik toediening van anti-oxidanten zoals vitamine C, andere voedingstoffen of medicijnen zoals nitroglycerine voorgesteld om de kans op DCO te verminderen. Hoe zouden dergelijke middelen het risico kunnen verkleinen?

Balestra: De ervaring leert dat deze benadering niet echt ingrijpt op de belproductie maar op de endotheel functie. Na een duik, als de endotheel functie tijdelijk verslechterd is, kunnen anti-oxidanten dergelijke verslechtering voorkomen, maar er is geen duidelijk bewijs dat de belproductie verminderd kan worden met dergelijke middelen. Het onderzoek hiernaar gaat door.

Bennett:
We hebben recentelijk een groeiende belangstelling gezien voor de wijziging van de endotheel functie door middel van farmacologische middelen. In het algemeen wordt de meeste belangstelling gewekt door middelen die de beschikbaarheid van NO verhogen en het daaropvolgende gevolg op gebieden (waarbij we veronderstellen dat dat op het endotheel is) waar gasbellen vormen. Een dergelijke belvorming is waarschijnlijk de oorzaak van beschadiging van het endotheel en bevordert microvasculaire obstructie en activering van stollingsprocessen – veranderingen die direct verantwoordelijk zouden kunnen zijn voor het klinische beeld van DCO. Hoewel het nog vroeg is, is er inderdaad wat experimenteel bewijs bij zowel dieren als mensen dat het toedienen van middelen zoals hier boven aangegeven de kans op DCO significant reduceert. In essentie gaan zowel NO donoren (zoals nitroglycerine) als antioxidanten (zoals

vitamine C) in tegen de oxidatieve stress die de oorzaak is van endotheel schade. Dit is dan weer de reden dat door bellen veroorzaakte verwondingen zulke uitgebreide effecten hebben bij duikers.

Dit is een fascinerend onderzoeksgebied en zou wel eens spoedig wat definitieve aanbevelingen voor duikers kunnen opleveren. Op dit moment echter moeten we voorzichtigheid betrachten. Veel van deze middelen hebben een breed scala aan uitwerkingen – en sommige daarvan zouden wel eens meer kwaad dan goed kunnen doen – en tot nu toe hebben we nog geen praktisch bewijs dat klinische DCO voorkomen kan worden door deze middelen.

Brubakk: Antioxidanten lijken belvorming tegen te gaan. Het kan ook zo zijn dat antioxidanten de ontstekingsreacties die wellicht een rol spelen bij DCO verminderen. Dit is een gebied dat verder onderzoek behoeft, maar het is een veelbelovende benadering. Op dit moment weten we te weinig over de effecten van antioxidanten bij gezonde mensen.

Rune Djurhuus: NO is een klein signaalmolecuul dat ontspanning en verwijding van de bloedvaten veroorzaakt. Dierstudies hebben aanwijzingen gegeven dat het toedienen van een farmacologische middel (d.w.z. nitroglycerine) dat NO in de bloedstroom afgeeft, de vorming van gasbellen kan verminderen en overleving na decompressie kan vergroten. Daarentegen verergerde het onderdrukken van nitrietoxidesynthase (NOS), die NO genereert in de endotheel laag aan de binnenzijde van bloedvaten, duidelijk de symptomen van DCO. Bovendien is het bekend dat fysieke inspanning de aanmaak van NO in het endotheel stimuleert. Een gangbare hypothese is daarom dat de aanmaak van NO een rol speelt in de bescherming van het vasculaire systeem tegen negatieve gevolgen van gasbellen tijdens decompressie.

Duiken brengt meestal een verhoogde partiële zuurstofdruk met zich mee. We hebben recentelijk aangetoond dat dergelijke hyperoxische omstandigheden geen effect hadden op het vermogen van NOS NO te genereren in geïsoleerde menselijke endotheelcellen. Maar om normaal te functioneren is het enzym echter afhankelijk van verschillende co-factoren en in het bijzonder van tetrahydrobiopterine (BH4). Deze verbinding oxideert gemakkelijk en de geoxideerde vorm ondersteunt de aanmaak van NO niet. Het blootstellen van menselijke endotheelcellen aan hyperoxische omstandigheden (ongeveer drie maal de partiële zuurstofdruk op zeeniveau) leidde tot een afname van de BH4 concentratie tot ongeveer 50 procent. Het gevolg van blootstelling aan hyperoxische omstandigheden tijdens het duiken kan dus een verlaagde BH4 spiegel zijn, wat op zijn beurt de aanmaak van NO door NOS beperkt en mogelijk de kans op DCO vergroot. Hierbij moet benadrukt worden dat deze resultaten verkregen zijn in een experimenteel model, maar als het gedetailleerde mechanisme verduidelijkt kan worden en geverifieerd in dieren (het liefst mensen) zouden helende handelingen wel eens mogelijk kunnen zijn. Dit zou ondermeer het tegengaan van hyperoxische effecten kunnen zijn door extra hoeveelheden van BH4 of door het toedienen van anti-oxidanten die de co-factor in de gereduceerde, actieve vorm stabiliseren. Van een eenvoudig anti-oxidant zoals vitamine C is aangetoond dat het helpt de BH4 spiegel in experimentele modellen te onderhouden. Naarmate het onderzoek vordert kunnen andere factoren van groter belang blijken te zijn.

Verschillende andere factoren, zoals een volledige lichaamsvibratie voor het duiken, ademen van zuurstof voor een duik, voorbereidingsduiken en een saunabezoek voor het duiken zijn ook genoemd tegen DCO. Zijn er al praktische toepassingen voortgekomen uit deze voorstellen?

Balestra: Deze voorbereidende technieken staan in direct verband met gematigde, cardiale activiteit (sauna) of een toenemende lymfatische activiteit (volledige lichaamsvibratie, vooraf zuurstof ademen). In sommige gevallen werd het vooraf inademen van zuurstof te lang voor de duik uitgevoerd om enig afnemend effect op de stikstof te hebben. Van alle genoemde technieken wordt gedacht dat ze meer te

maken hebben met een gematigde verminderde microkernvorming dan met afname van de stikstof.

Bennett: Al deze voorgestelde maatregelen zijn pogingen om de kans op DCO te reduceren doormiddel van een voorbereiding tegen belvorming. De enige die veel toegepast wordt bij duikers is die van de voorbereidingsduiken waarbij duikers die van plan zijn een uitdagende duik te gaan maken (meestal diep) een reeks duiken maken naar steeds grotere diepte naarmate ze dichter bij de datum van de geplande diepste duik komen. Hoewel er weinig bewijs is voor of tegen een echte voorbereiding doormiddel van deze benadering, bestaat er een aantal goede redenen waarom voorbereidingsduiken nuttig zou kunnen zijn, waaronder het bekend raken met de uitrusting en de omstandigheden op zee, het controleren van de uitrusting in een niet veeleisende omgeving en het zich opnieuw eigen maken van goede duikgewoontes.

Er zijn inspanningen gaande, vooral in Europa, om de rol van een aantal voorbereidingstrategieën, waaronder die hierboven genoemd zijn, te beoordelen. Blatteau en zijn collega's bijvoorbeeld hebben geschreven over preduik saunabezoek om de beltelling te verminderen na een gesimuleerde duik door menselijke vrijwilligers. Op dit moment is het nog allemaal theoretisch en ik ben niet op de hoogte van praktische toepassingen die tot nu toe uit dit werk zijn voortgekomen.

Brubakk: Er zijn nog geen praktische toepassingen opgedoken, maar er zijn data die suggereren dat deze technieken belvorming kunnen verminderen.

Ontmoet de Experts

Costantino Balestra, Ph.D., is vice-president voor research en opleidingen van DAN Europe, de area director van het DAN Europe gebied, area director voor de Benelux en Frankrijk en vice-president van de European Underwater and Baromedical Society (EUBS). Hij is ook hoofd van Environmental, Aging and Occupational Physiology Lab in Haute Ecole Paul-Henri Spaak in Brussel, België. ijn primaire interesses in research zijn de fysiologie van extreme omstandigheden en sportwetenschap.
Michael Bennett, M.D., FANZCA, ANZCA Cert DHM, is senior staf specialist aan het Prince of Wales Hospital en hoogleraar hyperbare geneeskunde aan de University of New South Wales in Sydney, Australië. Hij heeft 17 jaar ervaring met het behandelen van duikverwondingen in afgelegen gebieden in de South Pacific en heeft zijn doctoraat verkregen voor zijn werk op de bewijsgrond van duiken en hyperbare geneeskunde.
Alf O. Brubakk, M.D., is professor milieufysiologie aan de Norwegian University of Science and Technology in Trondheim, Noorwegen. Hij heeft een achtergrond in cardiologie en anesthesiologie en bestudeert al meer dan 20 jaar decompressieziekte. Hij bestudeert ook andere gebieden van milieufysiologie, waaronder de effecten van koude en het heelal.
Rune Djurhuus, Ph.D., is een vooraanstaand wetenschapper in biochemie en toxicologie aan de Norwegian Underwater Intervention in Bergen, Noorwegen. Zijn onderzoek richt zich op chemische verontreinigingen van het ademgas van duikers (hyperbare toxicologie) en cellulaire verdedigingsmechanismes gerelateerd aan endotheelschade door decompressiestress.