

Tot het uiterste gaan: Nieuw onderzoek naar de Fysiologie van Diep Rebreather Duiken

Diep rebreather duikers exploreren niet alleen maar nieuwe en zelden bezochte duikstekken, maar ze gaan ook niet in kaart gebrachte gebieden in waar het gaat om de fysiologische effecten van dergelijke duiken. Twee recente onderzoeken door hyperbare onderzoekers, waaronder DAN Europe's eigen Costantino Balestra, dragen bij aan een kleine, maar groeiende schat aan data.

Anders dan open systeem duikers, die beperkt zijn door welke vastgestelde gasmengsels ze bij zich hebben, kunnen closed circuit rebreather (CCR) duikers de samenstelling van hun ademgas tijdens de duik aanpassen. Ze gebruiken deze mogelijkheid om een optimale partiële zuurstofdruk (PO_2) te behouden en verkleinen daarbij hun inert gas belasting. Als gevolg daarvan geeft het gebruik van CCR de mogelijkheid de decompressietijden te verkleinen vergeleken met open systeem persluchtduiken.

Daarnaast vermindert het gebruik van een CCR de hoeveelheid gas die een duiker gebruikt enorm – een belangrijke factor gezien de moeilijkheid en kosten van het verkrijgen van helium in vele delen van de wereld. Al deze factoren hebben ertoe bijgedragen dat de overgang van een open systeem naar CCR in de laatste paar decennia een belangrijke trend is geworden bij het technisch duiken. Nieuwe fabrikanten van rebreathers en elektronische regelaars zijn op de markt gekomen, CCR technologie wordt volwassen en betrouwbaar en diepe CRR duiken worden steeds gewoner.

Maar er zit een addertje onder het gras. Onze kennis van decompressie en andere fysiologische aspecten van onderwater zijn vertrouwen sterk op data van een zeer groot aantal duiken waarvan het overgrote deel relatief ondiep is. Op dieptes tot op 50 meter hebben we een redelijk goed idee van wat wel of niet werkt voor de gemiddelde mens. Maar als we dieper gaan worden de data zeldzamer. Hoewel er een solide hoeveelheid aan onderzoek is over commercieel en saturatieduiken op grote dieptes, zijn de omstandigheden waaronder deze duiken uitgevoerd worden heel anders dan de “sprongduiken” (d.w.z. oppervlak-tot-oppervlak) uitgevoerd door techduikers, zodat de inzichten door dit onderzoek maar beperkt van toepassing zijn.

De beslissingen over decompressieprocedures genomen door diep techduikers en CCR duikers zijn enigszins speculatief omdat de decompressiealgoritmes die ze gebruiken uitsluitend voor minder dieptes gevalideerd zijn.



Uitdroging, verminderde longfunctie, onvoorspelbare bellen

In een poging om verandering te brengen in deze ongelukkige situatie, dragen twee fysiologische studies, gepubliceerd in 2021, bij aan een kleine, maar groeiende hoeveelheid kennis. De [eerste studie](#) werd tijdens een expeditie naar Tahiti uitgevoerd, waarvan het primaire doel was het verzamelen van monsters van onlangs ontdekte koraalriffen in de mesofotische zone op dieptes van 90 en 120 meter. De duikers waren fysiek fitte mannen, de meesten in de 30, met veel ervaring. Het totale aantal duiken was 16. Onderzoekers maten een breed scala aan fysiologische parameters, waaronder spirometrie (longcapaciteit), lichaamsmassa (als een indicator voor hydratatie), hematocriet, korte termijn hartslag variabiliteit (HV) en kritieke flikkerfusiefrequentie (KFFF) als een potentiële indicator van cognitieve beperkingen.

De belangrijkste bevindingen van de onderzoekers waren dat er een beduidend verlies aan lichaamsmassa was ten gevolge van uitdroging – een vermindering van 3,5 kg, van 73,5 tot 70,0 als mediaan – naast een significante reductie in longfunctie direct na het duiken, iets waarvan de duikers uiteindelijk weer herstelden. Hoewel KFFF nog steeds [geëvalueerd wordt als indicator van cognitieve prestaties](#), komt het feit dat er geen verandering gezien werd overeen met ons begrip van het gebruik van helium om narcose en de prikkelende effecten van het ademen van hyperbare zuurstof te verminderen.

In de [tweede studie](#), gingen onderzoekers mee met een wrakduikexpeditie naar de Rode Zee, met duiken naar dieptes van 64, 97 en 123 meter. Hoewel opnieuw alleen maar bestaande uit mannen, was de groep duikers meer divers dan de eerste voor wat betreft leeftijd, lichaamsbouw en fysieke fitness. De focus van deze studie lag op decompressiestress, gemeten door het opnemen van veneuze gas emboli (VGE), of bellen, met gebruikmaking van cardiale en subclaviale Doppler echografie, uitgevoerd op 30 en 60 minuten na het boven komen.

Costantino 'Tino' Balestra is professor fysiologie aan de Haute École de Bruxelles-Brabant, maar ook DAN Europe's VP of Research and Educatie. Hij was lid van beide onderzoeksteams en was zo vriendelijk om een paar van zijn inzichten uit de twee studies met *Alert Diver* te delen.

"Een ding dat ons duidelijk is geworden is dat het heel moeilijk is om de VGE metingen van een individuele duiker te voorspellen op basis van zijn saturatie en desaturatie, zelfs als je rekening houdt met factoren als leeftijd, fitness en BMI," legt Balestra uit. "Bij sommige mensen zien we bellen waar die er niet zouden moeten zijn. Andere mensen lijken niet veel te bubbelen ofschoon ze relatief agressieve profielen duiken. Individuele factoren schijnen een grote rol te spelen.

Met betrekking tot de Tahiti studie zei Balestra: "Onze belangrijkste bevindingen waren de tijdelijke reductie van de respiratoire functie en de dehydratatie na heel diepe duiken. Het is aannemelijk dat deze duiken een significante hoeveelheid stress betekenen voor het lichaam van de duikers."



Menselijke subjecten en research ethiek

Het uitvoeren van onderzoek naar diepe CCR duiken heeft een aantal uitdagingen. "Diepe CCR duiken zijn niet erg algemeen en ze hebben de neiging om ver van universiteitslaboratoria plaats te vinden.

Mogelijkheden voor onderzoek zijn zeldzaam en we brengen hier een nieuw gebied in kaart," zegt Balestra. En er zijn andere beperkingen. Als onderzoeker kan ik observeren en metingen doen, maar ik kan mensen niet vertellen hoe ze moeten duiken. Dat zou heel onethisch zijn. Diep CCR duiken is riskant, mensen stellen hun lichaam in de waagschaal en dat moet een volle honderd procent hun eigen beslissing zijn."

Vooruitzichten en goede raad

Er is een duidelijke trend richting een toenemend gebruik van rebreathers voor diep duiken en Balestra denkt dat die trend niet snel zal verdwijnen. “Er zijn zo veel spannende dingen te zien en mensen zijn gefascineerd door de technologie,” zegt hij. Maar als hem gevraagd wordt welk advies hij iemand zou geven die erover denkt om met dit soort duiken te beginnen, raadt hij aan voorzichtig te zijn. “Om te beginnen moet je jezelf afvragen hoe veel duiken je per jaar gaat maken. CCRs zijn veel complexer in gebruik dan een open systeem uitrusting en er is heel veel oefening nodig om je vaardigheden op peil te houden. Bovendien is een rebreather een heel duur apparaat. Als je minder dan vijftig duiken per jaar maakt, vraag ik me af of het dat waard is zowel qua risico als qua kosten.”

En voor diegenen die besluiten om de sprong te wagen?

“Gezien vanuit een hyperbaar, wetenschappelijk standpunt: Wees er niet al te zeker van dat jouw decompressieprotocol je tegen DCZ zal beschermen. Er komt veel meer bij kijken. Wat je in je dagelijkse leven doet en zelfs direct voor het duiken, kan net zo belangrijks zijn als jouw keuze van gradiëntfactoren. Er is wat interessant, nieuw onderzoek in die richting gaande en dat heeft niet alleen betrekking op mensen die naar 120 meter gaan. Beweeg. Ga sporten. Hier bij DAN Europe zien ze een recente kleine toename van DCZ incidentie en we denken dat dat te maken heeft met mensen die een meer zittende leefstijl tijdens de pandemie hadden.

Bronnen

Dugrenot, E., Balestra, C., Gouin, E. et al. [Physiological effects of mixed-gas deep sea dives using a closed-circuit rebreather: a field pilot study](#). *Eur J Appl Physiol* **121**, 3323–3331 (2021).

Balestra, C., Guerrero, F., Theunissen, S. et al. [Physiology of repeated mixed gas 100-m wreck dives using a closed-circuit rebreather: a field bubble study](#). *Eur J Appl Physiol* **122**, 515–522 (2022).

Over de auteur

Tim Blömeke geeft les in sport- en techduiken in Taiwan en de Filipijnen. Hij is een fervent grot-, wrak- en CCRduiker en daarnaast schrijvend redacteur en vertaler voor Alert Diver. Hij woont in Taipei, Taiwan. Je kunt hem op Instagram volgen via [@timblmk](#).

Vertaler: Els Knaapen