

De vooruitzichten betreffende het maken van persoonlijke decompressieplannen

Beperkte technologie, een absoluut gebrek aan reproduceerbare gegevens en de behoefte aan een herhaalbaar en aanpasbaar algoritme zijn alles wat jou in de weg staat van een gepersonaliseerd decompressiemodel voor je volgende duik. Als dat klinkt als heel wat – dat is het ook.

De grimmige realiteit is dat de beste en slimste koppen op het gebied van hyperbare technologie hun carrière hebben besteed aan het maken van – soms enorme en vaak fascinerende – vooruitgang in onderzoek. Onderzoek dat niet alleen niet kan worden toegepast op de echte wereld, maar ook niet kan worden gecorreleerd met een tot op heden geïdentificeerde, fysiologisch of biologisch metrisch stelsel. We hebben sterk bewijs dat decompressieziekte (DCZ) wordt veroorzaakt door de vorming van intracorporale bellen als gevolg van oververzadigd, opgelost gas, maar recente gegevens suggereren dat de hoeveelheid van die bellen alleen niet voldoende is om te voorspellen of iemand DCZ-symptomen zal krijgen¹.

Weten wat *waarschijnlijk* DCZ veroorzaakt, is een basis die redelijk zwak is om een decompressie-algoritme op te bouwen, maar het probleem wordt op alle fronten verergerd. Onderzoekers hebben tientallen biometrische markers gevolgd in de hoop ze te correleren met DCZ-symptomen, maar niemand is er in geslaagd om dit op een betrouwbare manier te doen (althans nu nog niet). Het meten van deze markers is moeilijk in een laboratorium en in de meeste gevallen onmogelijk te controleren tijdens een duik en de huidige decompressie-algoritmen zijn niet ontworpen om met een van deze statistieken rekening te houden.

Om de sprong te maken van de waarschijnlijke decompressie-algoritmen die we momenteel gebruiken, zijn doorbraken nodig in decompressiemodellen, fysiologische monitoringtools en ons begrip van de fysiologie van decompressie.

Om de sprong naar een gepersonaliseerd decompressie-algoritme te maken, zijn doorbraken nodig op het gebied van decompressiemodellering, fysiologische monitoringtools en ons begrip van DCZ. Het is hoe dan ook een hele opgave, maar het potentieel voor een enkele doorbraak om ons begrip van decompressiemodellering volledig te veranderen, bestaat absoluut – en dat is wat dit onderzoek zo opwindend maakt.



Duik dieper in wat we weten over gepersonaliseerde DCZ-modellering, wat we moeten weten en welk onderzoek we in de gaten moeten houden:

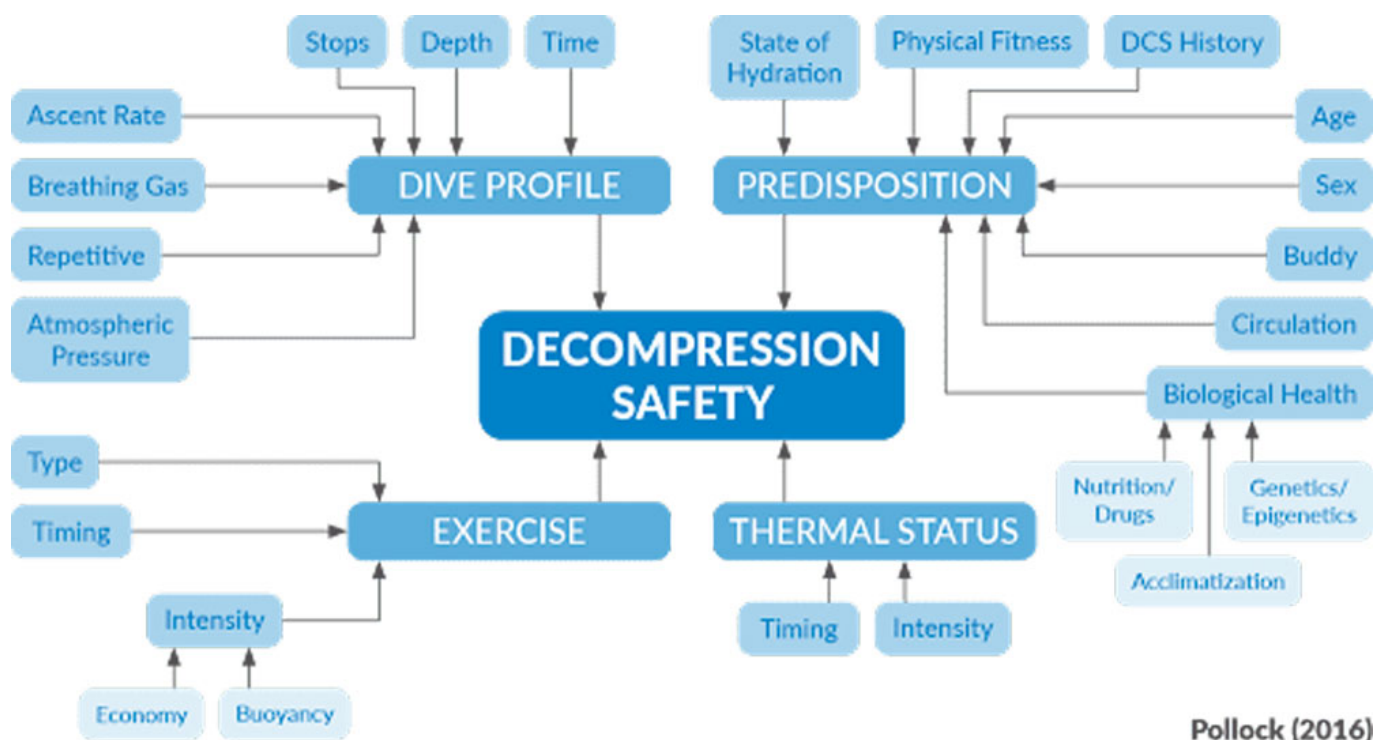
Waarom het probleem van gepersonaliseerde decompressie niet is gekraakt - nog niet.

De problemen met decompressiemodellering beginnen op het meest basale niveau, met ons begrip van DCZ. We *denken dat* bellen DCZ-symptomen veroorzaken, maar er zijn nog geen solide gegevens die een verband aantonen tussen de bellenlast of de grootte van bellen en DCZ. Om de zaken nog ingewikkelder te maken, is er een hele reeks onderzoeken die aangeven dat het misschien niet de bellen zelf zijn die verwondingen veroorzaken, maar de reactie van het lichaam op die bellen². Zonder inzicht in het mechanisme van letsel achter DCZ, worden zelfs onze beste decompressie-algoritmen schattingen uit de losse pols van risico's uit tientallen jaren oude studies. In feite duiken de meesten van ons nog steeds met een algoritme dat is gebaseerd op gegevens die zijn afgeleid van het veroorzaken van DCZ bij geiten meer dan een eeuw geleden - als de geiten de duik hebben overleefd, dan zult jij *dat waarschijnlijk* ook doen.

De huidige decompressie-algoritmen zijn op zijn best rudimentair, maar “verbluffend niet in staat om een groot aantal complexe factoren en timings te beoordelen die van invloed kunnen zijn op gasopname, eliminatie en effectief risico”, zegt decompressiefysiologie-expert Neal Pollock, Ph.D, eraan toevoegend dat decompressie-algoritmen nuttig zijn als een “eerste stap betreffende het inschatten van risico's - een bredere blik erop krijgen”. Voorbij dit punt pleit Pollock ervoor dat duikers algoritmen gebruiken als uitgangspunt om conservatieve wijzigingen aan te brengen op basis van ervaring en onderzoek, ook al zal er onvermijdelijk veel verondersteld worden en giswerk zijn.

De volgende hindernis voor onderzoekers is het vinden van een metriek om het risico op DCZ te meten, en vervolgens het uitvinden van de technologie om het in realtime te beoordelen. Het personaliseren van decompressie vereist het meten *van iets* over een duiker – of dat nu temperatuur, epigenetische markers of een van de tientallen andere mogelijke fysiologische of biologische markers is. Fascinerend om te onderzoeken, maar moeilijk te kwantificeren, deze vertegenwoordigen het meest interessante gebied van dit raadsel voor de meeste duikers.

Het personaliseren van jouw decompressie-algoritme en het verminderen van jouw risico op DCZ op een zinvolle manier is waarschijnlijk nog niet mogelijk tegen de tijd dat je de volgende keer het water in gaat, maar er is een zeer reële kans dat een van deze lopende onderzoeken in de relatief nabije toekomst een volledige evolutie zal veroorzaken in de manier waarop we met duikrisico's omgaan.



Factoren met een toekomst

Algoritmen en nieuwe monitoring instrumenten zijn leuk om te bouwen, maar het echt opwindende hiervan is het onderzoek naar nieuwe DCZ-markers die kunnen correleren met het risico op DCZ – of zelfs kunnen leiden tot een echt begrip van het mechanisme van DCZ. Er zijn er te veel om te tellen, en het is onmogelijk om te weten welke (indien aanwezig) uiteindelijk meer inzicht zullen geven in waarom we bubbelen zoals we doen, maar het potentieel voor een doorbraak voelt in sommige gebieden verleidelijk dichtbij. Hier zijn twee gebieden die je de komende jaren in de gaten moet houden:

Microdeeltjes en ontstekingsreactie

Er is een groeiend aantal onderzoeken dat suggereert dat een deel van de schade veroorzaakt door DCZ niet wordt veroorzaakt door mechanische schade door VGE-vorming (Veneuze Gas Embolie) tijdens decompressie, maar door microdeeltjes veroorzaakt door belvorming en de ontstekingsreacties op zowel de bellen als op de microdeeltjes^{13,14}. De voorgestelde mechanismen voor microdeeltjes en ontstekingsreactie op decompressie en hun bijdragen aan het risico op DCZ zijn enigszins ingewikkeld en zouden het onderwerp van een eigen artikel kunnen zijn, maar een uitstekende samenvatting is te vinden

in *Decompression Disease: A Comprehensive Overview*, een samenvatting uit 2024 door expert in het veld Dr. Simon Mitchell.

Microdeeltjes en de inflammatoire signaaleiwitten waar deze theorieën zich op richten, kunnen worden gemeten – maar alleen in een laboratorium en niet in real time. Er moet op dit gebied meer werk worden verzet om de relatie tussen oxidatieve stress, decompressie en circulerende microdeeltjes te bepalen voordat er zinvolle voortgang kan worden geboekt, maar de wisselwerking tussen de drie en de gegevens die er zijn, maakt dit een onderwerp om de komende jaren bijzondere aandacht aan te besteden.



Bellenstudies

Decennia van suggestief (maar niet overtuigend) onderzoek hebben bellen en DCZ onuitwisbaar met elkaar in verband gebracht, maar een recente studie van de NEDU en de Universiteit van Auckland heeft misschien de laatste nagel aan de doodskest geslagen die VGE-belastingen en DCZ-symptomen met elkaar verbindt. Onderzoekers namen 151 duikers en lieten ze 693 duiken maken, waarbij ze na elke duik bellenstudies uitvoerden. Het resultaat was een uniek grote dataset voor dit onderzoeksgebied, en een die sterk suggereert dat de variabiliteit van de hoeveelheid bellen in de duikers groot genoeg was om niet alleen het aantal bellen niet te gebruiken om decompressiegedragingen onder duikers te evalueren, maar dat *individuele duikers op identieke duiken met zo'n verschillende snelheid zullen bubbelen* dat de VGE-graden helemaal geen betekenisvolle correlatie heeft met DCZ.

Dit gooit een beetje een spaak in het wiel van de status-quo van duikonderzoek, maar het is niet het einde van bellenstudies. DAN onderzoekers hebben onlangs de gegevensverzameling afgerond van een 4 jaar durend project gericht op het kwantificeren van de variabiliteit van de VGE-belasting en het kijken naar metriecken zoals hartslagvariabiliteit, hartminuutvolume, bloeddruk, speekselmonsters voor ontstekingsmarkers en bloedmonsters voor microdeeltjes. Het ontmaskeren van gegevens is nog maar

net begonnen, maar de korte termijn analyse zal zich richten op het correleren van DCZ-risicofactoren en het aantal bellens en de onderzoeksgroep is gehandhaafd om vervolgstudies mogelijk te maken.



Kijkend naar de toekomst

Ondanks dat veel van dit onderzoek gebaseerd is op nog onbewezen mechanismen van DCZ en nog niet ontwikkelde technologie en biomarkers, zijn er veel redenen om optimistisch te zijn. Dat optimisme temperen met de wetenschap dat het jaren kan duren voordat de technologie zelfs maar bestaat om sommige van deze theoretische markers op een zinvolle manier te meten, is nodig, maar het is moeilijk om niet enthousiast te worden over het enorme aantal mogelijkheden op dit gebied.

Gepersonaliseerde decompressie is misschien nog geen realiteit, maar de obstakels om daar te komen zijn herkenbaar en een aantal briljante onderzoekers en duikers wijden hun leven aan het mogelijk maken ervan. Geïnteresseerd in het bevorderen van de zaak? Je kunt meer te weten komen over lopende onderzoeksprojecten en vrijwilligerswerk doen om te helpen bij <https://www.daneurope.org/nl/duikend-medisch-onderzoek>.

Een uitgebreide versie van het artikel werd gepubliceerd in het tijdschrift *InDEPTH*.

Geciteerde bronnen

1. Doolette, D; Murphy, G (2023) [Within-diver variability in venous gas emboli \(VGE\) following repeated dives.](#)
2. Mitchell, Simon J (2024) [Decompression Illness: A comprehensive review. PMID: 38537300](#)

Verder lezen

- Cialoni, D; Pieri, M; Balestra, C; Marroni, A (2017) [*Dive Risk Factors, Gas Bubble Formation, and Decompression Illness in Recreational SCUBA Diving: Analysis of DAN Europe DSL Data Base*](#)
-

Vertaler: Els Knaapen