

Kooldioxide - de gevreesde vijand (deel 3)

Vorzorgsmaatregelen en tegenmaatregelen om de veiligheid van duikers te verbeteren

In het eerste deel van deze kleine serie over koolstofdioxide bij het duiken, deelde ik een persoonlijk [close-call verhaal](#) en gaf ik een kort overzicht van het kooldioxidemetabolisme in het menselijk lichaam. In het [tweede deel](#) onderzochten we de mechanica van het genereren en elimineren van kooldioxide, de complicaties die worden veroorzaakt door diepte en door de duikuitrusting, net als de enorm onplezierige en mogelijk verwoestende effecten van hypercapnie.

Ik hoop dat de eerste twee delen hebben aangetoond waarom duikers de opbouw van kooldioxide in hun systeem zouden moeten vermijden. In dit derde, laatste deel, wil ik eens kijken naar hoe we dit kunnen bereiken en welke voorzorgsmaatregelen en tegenmaatregelen ons ter beschikking staan. Deze tegenmaatregelen kunnen worden gegroepeerd in vier brede categorieën: het vermijden van inspanning, persoonlijke duikvaardigheden en -gewoonten, fysieke fitheid en AHW-beheer (ademhalingswerk).

Inspanning vermijden

De beste manier om de opbouw van kooldioxide te voorkomen, is door de hoeveelheid koolstofdioxide die we in de eerste plaats genereren te minimaliseren. Dit betekent het verminderen van inspanning en energieverbruik. Duiken is niet bedoeld als lichaamsbeweging. Houd je tempo laag en regelmatig en zwem niet onnodig rond. Kies in gebieden met veel stroming je in- en uitgangen, zodat je met de stroming mee kunt drijven in plaats van er tegenin te duwen. Een duikgids die zijn fooi waard is, weet hoe hij een getijdentabel moet lezen en de sterkte en richting van de stroming moet voorspellen en hij zal zijn duiken dienovereenkomstig organiseren.

Bij het sportduiken worden scooters of DPV's (*Diver Propulsion Vehicle*) meestal behandeld als leuke gadgets. Bij grot- en diepduiken op lange afstand zijn ze echter een essentieel hulpmiddel om afstanden af te leggen en meerdere duikflessen te verplaatsen zonder dat je je al te veel in hoeft te spannen. Scooters zijn duur en niet overal verkrijgbaar, maar in de handen van een ervaren duiker zijn ze niets minder dan een game-changer als het gaat om inspanningsbeheer.



Duikvaardigheden en -gewoonten

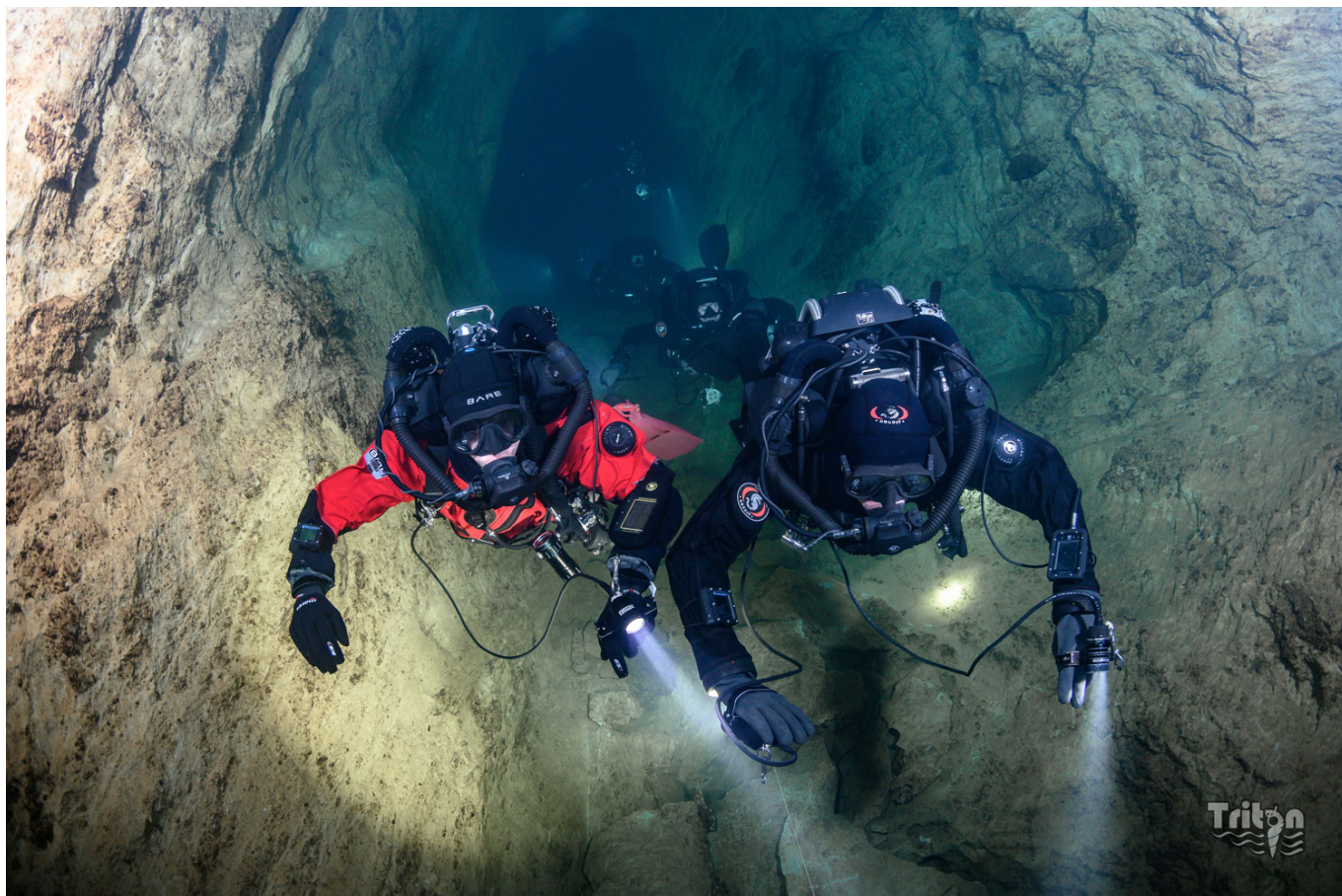
Naast het verbeteren van het algemene plezier van elke duik, is het ontwikkelen van goede persoonlijke duikvaardigheden ook een geweldige manier om de hoeveelheid CO₂ die een duiker genereert te verminderen. De vaardigheden en gewoonten die hier relevant zijn, zijn controle over het drijfvermogen, trimmen en voortstuwing.

Controle over het drijfvermogen heeft een directe invloed op de inspanning. Een duiker met een neutraal drijfvermogen hoeft geen energie te verbruiken om zijn diepte te behouden door omhoog of omlaag te zwemmen en hij kan stoppen en rusten zonder zijn positie in de waterkolom te verliezen. Dit stelt hem op zijn beurt in staat om in vlakke (neutrale) trim te duiken en de waterweerstand in de belangrijkste bewegingsrichting te minimaliseren.

Niet alle controle over het drijfvermogen wordt echter op dezelfde wijze bewerkstelligd. Een betreurenswaardig groot aantal duikers is er trots op dat ze voornamelijk op hun longen vertrouwen en nauwelijks de inflator van hun trimvest aanraken. Hoewel het waar is dat onze longen oorspronkelijk zijn geëvolueerd vanuit de zwemblazen van vissen, is er een hele lijst met redenen waarom het een slecht idee is om ze terug te brengen naar deze voorouderlijke functie.

Voor de doel van dit artikel is het relevante punt dat het gebruik van je longen voor de controle over het drijfvermogen minder dan optimale ademhalingspatronen en CO₂ -retentie veroorzaakt als gevolg van onvoldoende uitademing. Hetzelfde geldt voor het aanpassen van je ademhalingspatroon in een poging het gasverbruik te verminderen, ook wel *skip breathing* genoemd. Ontspan en adem op een natuurlijke manier, wees niet lui met die inflatorknop en pas je drijfvermogen regelmatig aan, zelfs bij kleine veranderingen.

Als het op beweging aankomt, is het belangrijkste wapen in het arsenaal van een bekwame duiker de frog kick. Met zijn ingebouwde rustfase is een goed uitgevoerde frog kick verreweg de meest efficiënte manier om afstanden onderwater af te leggen. Ervaren technische en grotduikers gebruiken het om urenlang in een gestaag tempo te zwemmen. Secundaire voortstuwingsvaardigheden zoals reversed kicks en helicopter turns kunnen de efficiëntie bij het manoeuvreren in een kleine ruimte nog verbeteren, maar in het grote geheel van CO₂-gerelateerde zaken zijn ze meestal bijzaak. Een goede controle over het drijfvermogen, een goede trim en frog kicks zijn de hoofdzaak.



Fitnessniveau en het tweesnijdend zwaard van CO₂ -tolerantie

Fitness is een zeer breed concept dat allerlei aspecten omvat, waaronder kracht, balans en coördinatie. Als het gaat om CO₂-beheer zijn we echter vooral geïnteresseerd in *cardiovasculaire prestaties*. Cardiovasculaire prestaties hangen nauw samen met de *anaërobe drempel*, d.w.z. het maximale vast te houden inspanningsniveau waarbij de metabolische behoefte aan zuurstoftoevoer en CO₂-eliminatie binnen de capaciteit van het ademhalingsstelsel van een proefpersoon blijft.

Wat telt als inspanning verschilt sterk van persoon tot persoon; De warming-up van de een is de work-out van de ander. En hoewel fysieke fitheid van groot belang is bij duiken en in het leven in het algemeen, is het een triest feit dat mensen niet op een zinvolle manier fit worden van duiken zelf.

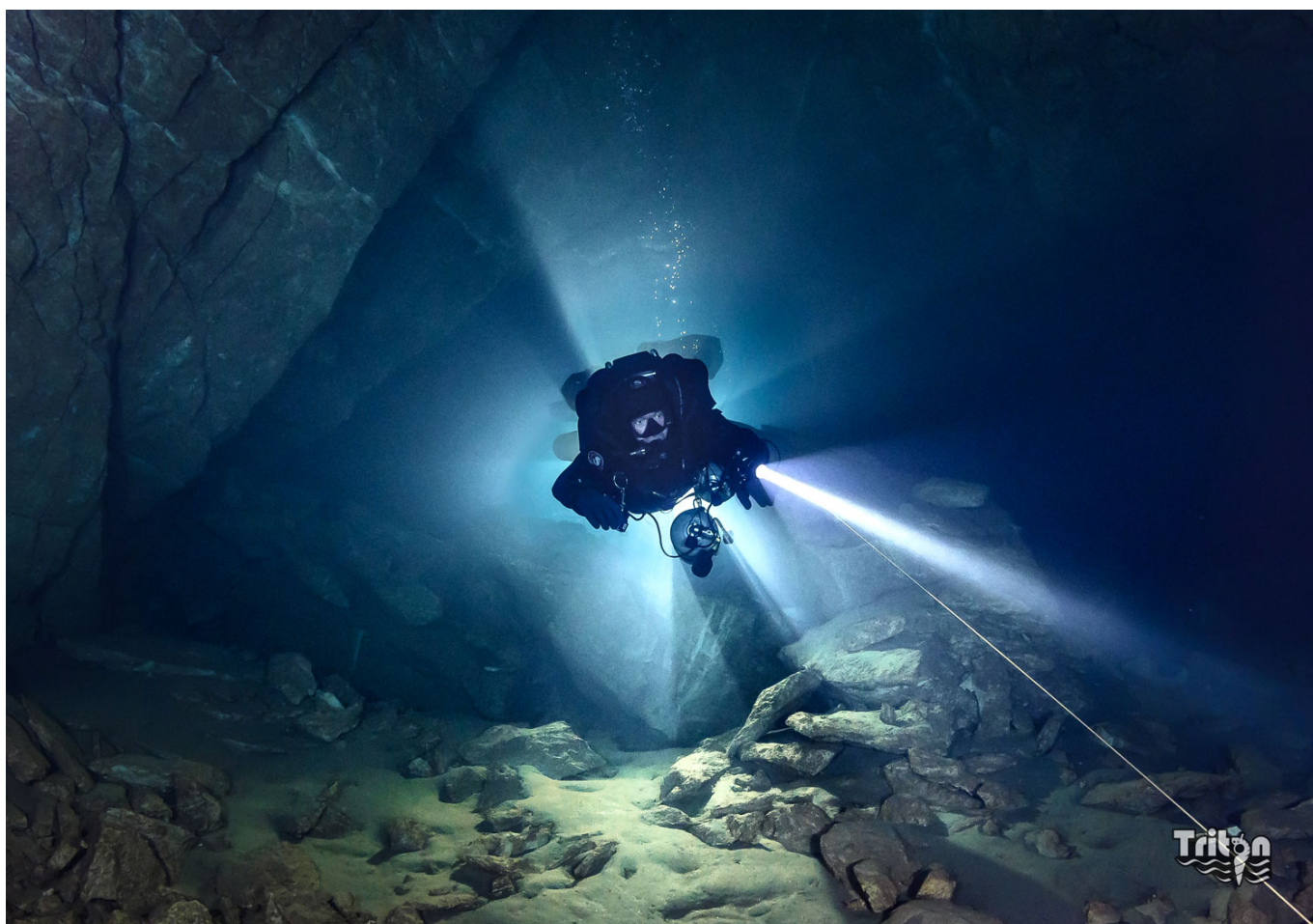
De meest gebruikelijke manier om iemands anaërobe drempel te verbeteren, is steady-state cardio-oefeningen zoals wandelen, joggen, fietsen, lange afstanden zwemmen of touwtjespringen. Lichaamsbeweging met hoge intensiteit helpt ook, maar er zit een addertje onder het gras.

Atleten in disciplines waar deelnemers minutenlang ver boven hun anaërobe drempel bezig zijn - denk aan

wedstrijdzwemmers, middellangeafstandslopers, crossfit-enthousiastelingen en vechtsportbeoefenaars - ontwikkelen niet alleen een hoge anaërobe drempel. Ze krijgen ook een sterk verhoogde tolerantie voor CO₂, waardoor ze door kunnen gaan op niveaus van hypercapnie waar de meeste mensen al lang naar adem happend zouden zijn ingestort. Andere groepen met een over het algemeen hoge CO₂-tolerantie zijn onder meer getrainde freedivers en, enigszins ironisch genoeg, rokers.

Bij duiken is een hoge CO₂ tolerantie niet persé een goede zaak. Zoals besproken in [deel twee van deze serie](#), zal het niet buiten adem zijn je niet redden van andere effecten van hypercapnie, zoals narcose en cognitieve stoornissen. En wanneer de kortademigheid eindelijk begint, kan het je veel harder raken. Deze omstandigheid zou niemand ervan moeten weerhouden om te trainen in welke sport ze ook kiezen, maar het is iets om in gedachten te houden bij het evalueren van hoe hard je onder water wilt werken, zelfs als je erg fit bent. Tegen de tijd dat je buiten adem raakt, zit je misschien al in de problemen.

Voor degenen onder ons die geen zin hebben om elke vrije minuut in de sportschool, op het parcours of baantjes zwemmend in een zwembad door te brengen, is het goede nieuws dat de fitnessvereisten voor sportduiken niet erg hoog zijn. Redelijk is goed genoeg. Het voltooien van een [couch to 5k-programma](#) maakt dat je onderwater veiliger bent. Van 5 km naar een marathon gaan is op zich al een geweldige prestatie, maar levert een afnemend rendement op als het gaat om duikveiligheid.



Beheer van AHW

Zoals besproken in [deel twee](#), wordt het ademhalingswerk beïnvloed door extra interne en externe belasting tijdens het duiken. Externe belasting wordt gegenereerd door de duikuitrusting, en voornamelijk door de ademautomaat. Een ademautomaat moet zo gemakkelijk zijn om uit te ademen. Dit wordt bereikt

door kwaliteitsuitrusting te gebruiken, deze schoon en goed onderhouden te houden en door de middendruk van de tweede trap zo nauwkeurig mogelijk af te stellen. Als je een huurutrusting gebruikt en merkt dat je ademautomaat zwaar ademt, wijs dan beleefd op het probleem en vraag om vervanging.

Bij meer dan één gelegenheid heb ik duikers ontmoet die de gewoonte hadden om de luchtafgifte van hun tweede trap terug te draaien, bewegend dat het hen hielp "gas te besparen". Dit is een gemakkelijke keuze voor de top drie van misleide opvattingen die ik in mijn carrière als instructeur ben tegengekomen. Niet alleen verhoogt het onnodig de AHW en daarmee de CO₂ opbouw, de grotere negatieve longdruk die nodig is om zo'n tweede fase op gang te brengen, verhoogt ook het risico op een [longoedeem](#).

De belangrijkste bron van interne belasting is de gasdichtheid, die helaas op slechts twee manieren kan worden beheerd: het beperken van de diepte en het gebruik van helium. Helium is duur en niet iedereen heeft de tijd of zin om als trimix-duiker opgeleid te worden. Het beperken van de diepte tot 29 of 37 meter (waar de dichtheid van O₂/N₂-mengsels de [limieten bereikt die worden aanbevolen door Gavin en Mitchell](#)) lijkt ook voor nogal wat mensen onaantrekkelijk. Duikers die graag diep gaan op lucht moeten zich op zijn minst bewust zijn van de risico's, zowel voor zichzelf als voor hun buddy's, die misschien niet de hulp krijgen die ze nodig hebben in een noodgeval omdat iedereen in het team in een cognitief en fysiek beperkte toestand opereert.



Conclusie

De overgrote meerderheid van de duiken verloopt soepel en koolstofdioxide zal niet vaak een rol spelen. Wanneer een duik echter niet soepel verloopt en de metabolische eisen van een duiker toenemen als gevolg van een hogere werkdruk, kan CO₂ ophoping in het systeem een anders beheersbare situatie veranderen in een moeilijke, of nog erger. Ik hoop dat deze reeks artikelen stof tot nadenken biedt en wat

licht werpt op hoe ons lichaam koolstofdioxide genereert en erop reageert, hoe dit met name betrekking heeft op duiken en hoe we de bijbehorende risico's kunnen beperken.

Blijf veilig en veel plezier met duiken, altijd!

Over de auteur

Tim Blömeke geeft les in sport- en techduiken in Taiwan en de Filippijnen. 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