

Vliegen na het duiken: Eindelijk de feiten (niet slechts theorie)

De studie van de data verzameld in de eerste researchcampagne van het DAN Europe's Diving Safety Laboratory (DSL) "Flying after Diving" project is afgesloten. De resultaten zijn vrij verrassend, zo zelfs dat ze in aanmerking komen voor publicatie in *Aviation Space and Environmental Medicine*, een goed bekend staand wetenschappelijk tijdschrift.

Verschillende theorieën

We hebben gezien wat ervoor komt, wat er gebeurt tijdens en nu... Komt er een "wat gebeurt er erna." Op het gebied van post-duik vliegen markeert het DAN's "Flying bubbles" project het onderscheid tussen theorie en feiten.

Voor dit project bestonden er uiteenlopende aanbevelingen over hoe lang we na een duik moesten wachten alvorens een vliegtuig te nemen om het risico van decompressieproblemen, veroorzaakt door de lagere cabinedruk, te vermijden. Maar dit was echter alleen maar gebaseerd op theorie: in het geval van DAN was de lengte van de wachtperiode vastgesteld door te kijken naar werkelijke situaties van decompressieongevallen, terwijl het in andere gevallen het gebaseerd was op de aanname dat "er tot nu toe niet veel problemen zijn geweest, dus laten we het blijven doen zoals we het nu doen.

Degenen die met de oude U.S. Navy tabellen hebben gewerkt, hebben waarschijnlijk nog wel vage herinneringen aan het feit dat je in groep "D" moest zitten alvorens te gaan vliegen. Het was in sommige gevallen zelfs mogelijk om direct te gaan vliegen! Vervolgens werden er vaste intervallen aan toegevoegd (24 of 48 uur), afhankelijk van of de laatste duik een enkele of een herhalingsduik was en of hij binnen of buiten de grafiek viel. Zelfs onder beroepsduikers en militaire duikers varieert de wachttijd voor het aan boord gaan van een commerciële vlucht van 2 tot 24 uur.

In 1989, werd de eerste "Flying After Diving" workshop gehouden; georganiseerd door de Undersea and Hyperbaric Medical Society. De richtlijnen opgesteld tijdens de workshop, in overeenstemming met DAN, waren niet heel beperkend en werden toegepast voor het vergroten van de duikveiligheid. Maar veel van de eigenaren van duikcentra protesteerden en stelden dat een dergelijke toepassing de zaken van duikcentra op eilanden schade zou toebrengen.

Van 1992 tot 1999 heeft DAN experimenten uitgevoerd in het DUKE University Medical Centre F.G. Hall Laboratory en daarbij 500 mensen tijdens 800 vluchtsimulaties gevolgd. Het waren simulaties want deze "vluchten" vonden plaats in een hyperbare kamer. DAN heeft daarnaast ook het verband onderzocht tussen het risico van decompressieongeval en het oppervlakte-interval voor vliegen in een "case controlled study", een analyse of gebeurtenissen in het verleden waarbij zich al dan geen incidenten voordeden.

Maar op vele terreinen van de geneeskunde hebben laboratoriumstudies resultaten opgeleverd, en kunnen die nog steeds opleveren, die anders zijn dan de resultaten verkregen "in het veld". Bovendien kunnen sommige fenomenen niet in het laboratorium nagebootst worden. Je kunt bewijs van deze discrepantie vinden in een artikel gepubliceerd door Alert Diver (Europese Editie, 3/2006) door Dr. R. Vann: "Vliegen of het bereiken van grote hoogtes na herhalingsduiken in de loop van een aantal dagen kan niet het onderwerp van studie in een laboratorium (hyperbare kamer) zijn."

Terugkomend van een researchtrip in 2011 in de Malediven kregen Dr. Danilo Cialoni en Massimo Pieri, beide betrokken bij onze researchafdeling (Diving Safety Laboratory) een fascinerend idee waarbij DAN Europe Research (in het bijzonder Prof. Alessandro Marroni en Prof. Costantino Balestra) zouden worden betrokken: een researchproject dat klonk als een uitdaging.... het maken van cardiale echo's direct tijdens een vlucht voorafgaand aan een duiktrip.



Cardiale echo tijdens een vlucht

Het uitvoeren van een dergelijke uitdaging was moeilijk, bijna onmogelijk, vooral om door de bureaucratie lint heen te komen. Hierbij waren twee DAN partners, Albatros Top Boat en Neos Air, fundamenteel. Om een EMI (ElectroMagnetic Interference) certificering te verkrijgen, nodig om de echo tijdens een vlucht te gebruiken, moesten DAN Europe technici en onderzoekers een heleboel uren tijdens de nacht op Milaan Malpensa luchthaven doorbrengen. De uitdaging werd uiteindelijk overwonnen en voor de eerste keer konden we zien wat er zich werkelijk in het lichaam van een duiker voordoet tijdens een vlucht.

In alleen al de eerste onderzoekswEEK in de Malediven werden er meer dan 4.000 dossiers aangelegd, wat uiteraard gevolgd is door een lange en accurate analyse.

De methodologie van cardiale echo monitoring bestaat uit vier controlefasen. De eerste vindt plaats tijdens de vertrekvlucht als de duiker in de laatste 48 uur nog geen duik heeft gemaakt. Deze eerste testen zijn bruikbaar om data te verkrijgen die nog niet beïnvloed zijn door hyperbare blootstelling en om vast te stellen waar in medisch jargon als het "echocardiografisch venster" naar verwezen wordt. Het vastleggen van een accurate meting van de cabinedruk iedere 15 minuten is mogelijk door gebruik te maken van de Dive System "iDive Pro" duikcomputer, een partner van DSL en DAN Europe.

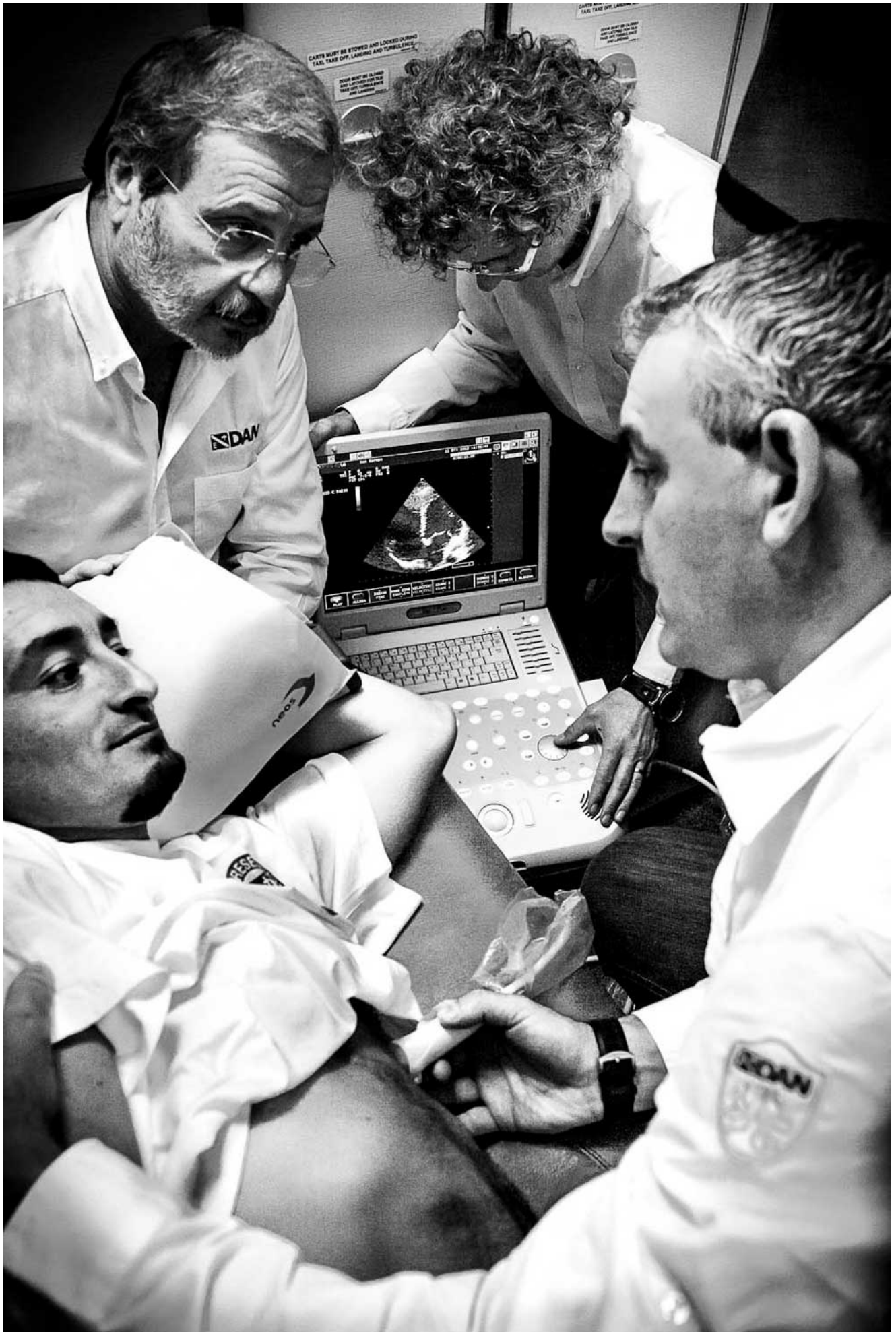
In de tweede fase worden echocardiografische en andere testen na ieder duik uitgevoerd in de loop van

een week tijdens een cruise. Weken van specifiek onderzoek gaan zo deel uitmaken van het reguliere ritme aan boord van het mooie "Duke of York" cruiseschip; niet zo heel anders dan een normale cruise naar de Malediven maar met een routine van wetenschappelijk belang: ieder keer als een duiker boven komt moet hij/zij naar de spa die voor de gelegenheid omgevormd is tot een "onderzoekskamer" en medisch zorgcentrum, en daar verschillende testen ondergaan.

Duikprofielen worden door de computer gecontroleerd en gedownload voor de volgende testen. Alle duiken worden binnen de nultijden gemaakt, het opstijgen gebeurt met de correcte snelheid en een veiligheidsstop van 3 minuten op ongeveer 5 meter diepte wordt altijd in acht genomen. Geen van de duikers heeft ooit decompressieongeval gehad.

De derde controlefase vindt plaats in de luchthaven waar cardiale echo's van de duikers worden gemaakt, vlak voor het aan boord gaan van het vliegtuig na een 24 uren oppervlakte-interval.

IN de laatste fase, tijdens de vlucht naar huis worden alle duikers gecontroleerd via cardiale echo en doppler op precies 30, 60 en 90 minuten nadat het vliegtuig de kruishoogte heeft bereikt.



Data analyse

Het researchproject is in 2013 tijdens de [EUBS](#) (European Underwater and Baromedical Society) conferentie gepresenteerd en kreeg de [Zetterström Prijs](#) voor de beste wetenschappelijke posterpresentatie.

Sommige van de verzamelde data zijn gemakkelijk te begrijpen. Bijvoorbeeld dat er op de heenreis geen bellen aangetroffen werden bij geen enkele duiker die aan de studie deelgenmen had. Hoewel dit een vanzelfsprekend resultaat lijkt, was deze test nodig omdat dat het bewijs levert dat als er bellen in de duikers op de terugvlucht werden gevonden ze niet veroorzaakt waren door de vlucht zelf, maar door het gecombineerd effect van duiken en de daaropvolgende drukverlaging tijdens de vlucht.

Andere data die naar voren kwamen uit de studie waren onverwacht. Er werd bijvoorbeeld altijd geloofd dat een vlucht met een langere duur een groter risico oplevert vergeleken met een vlucht van middellange duur; het tegenovergestelde is echter waar. Dit is hoogstwaarschijnlijk vanwege de hoogte van de vliegtuigdruk, ongeveer 1500-1800 meter boven zeeniveau voor een reis naar de Malediven en 2400 meter boven zeeniveau (maximum toegestaan) voor trips naar bestemmingen dichterbij.

Het onderzoek van de duikers in de luchthaven voor de terugreis, waarbij geen bellen werden aangetoond, heeft ons de gelegenheid gegeven te berekenen dat een interval van 24 uur wachttijd voldoende is als men op zeeniveau blijft, zodat zich geen bellen kunnen vormen.

Het is duidelijk dat sommige duikers meer bellen ontwikkelen van anderen, zelfs voor degenen met een vergelijkbaar duikprofiel. De onderzoeken tijdens de cruiseweek maakten dat de deelnemers in drie categorieën verdeeld konden worden: degenen die geen bellen vormen, degenen die zo nu en dan bellen vormen en de "belgevoelige" duikers die na ieder duik bellen vormen. Om een consequente vergelijking te verkrijgen moesten de duikprofielen weinig invloed hebben op de rangschikking (het is duidelijk dat een zwaar profiel meer bellen kan vertonen dan een lichte).

De analyse tijdens de vlucht heeft laten zien dat de meerderheid van de duikers geen bellen tijdens de terugreis ontwikkelden met een interval na de laatste duik van 24 uur, maar dat de "belgevoelige" duikers dat wel deden. Het is daarom raadzaam dat mensen die in deze categorie vallen hun wachttijd voor een vlucht verlengen. Tijdens de week bleken twee mensen "super belgevoelig" te zijn en ze werden geadviseerd om de laatste duik niet te maken, waardoor hun wachttijd voor het vliegen 36 uur was. Het is significant dat geen van deze duiker bellen ontwikkelde tijdens de vlucht. Voor degenen die gemakkelijk bellen ontwikkelen is een wachttijd van meer dan 24 uur geschikt. Als alternatief suggereert DAN Research als preventieve maatregel normobare zuurstof te ademen.

Het hoogste niveau aan bellen werd gezien 30 minuten na het bereiken van de kruishoogte en werd daarna minder tijdens de 60 tot 90 minuten periode; in feite net zo als het gaat bij terugkeer naar het oppervlak na een duik. Aan de andere kant werkt drukverlaging net zo als de opstijging en geeft dezelfde effecten. Naarmate de tijd verstrijkt op die hoogte wordt de verzadiging van het lichaam steeds minder en worden de bellen kleiner. Er bestaat een andere mogelijke verklaring: de kleine belletjes zijn al in het bloed aanwezig, maar zijn zo klein dat ze niet gezien worden door een normaal echocardiogram. Het verlagen van de druk zou hun afmeting kunnen doen vergroten en ze daardoor zichtbaarder maken.

Wat zullen resultaten in de toekomst kunnen betekenen voor duikers? Zoals Prof. Alessandro Marroni zei: "We gaan zonder omwegen af naar een toekomst waar het individuele component van invloed kan zijn op het mathematische model, waardoor er grotere nadruk gelegd zal worden op de praktische toepassing van onderzoek op duikveiligheid. Tot op heden hebben we wiskunde toegepast met haar huidige algoritmes als

we het lichaam bestudeerden, maar nu beginnen we op een nieuw, fascinerend pad dat ons gaat helpen om eenvoudige, fysiologische parameters in de wiskunde op te nemen waardoor die algoritmes beter aangepast worden aan ons organisme. De toekomst komt er aan en DAN Europe heeft besloten die met de hulp van duikers op de best mogelijke wijze tegemoet te treden; ze bewust te maken van huidige en toekomstige stappen voorwaarts.

