

Latanie po nurkowaniu: w końcu jakieś fakty (nie tylko teoria)

Analiza danych zebranych w pierwszym projekcie badawczym laboratorium bezpieczeństwa nurkowania DAN Europe Diving Safety Laboratory (DSL) "Flying after Diving" (Latanie po nurkowaniu) została zakończona. Rezultaty tych badań są poniekąd zaskakujące do tego stopnia, że zasłużyły na publikację w uznanym magazynie naukowym Aviation Space and Environmental Medicine („Medycyna lotnicza, kosmiczna i środowiskowa”).

Różne teorie

Widzieliśmy, co było przed, co działo się w trakcie, a teraz... będzie „co dzieje się po”. W zakresie lotów po nurkowaniu, projekt DAN „Flying bubbles” („latające pęcherzyki”) tworzy podział pomiędzy teorią i faktami.

Przed tym projektem był szereg różnych rekomendacji na temat tego, jak długo należy czekać po nurkowaniu, zanim wsiądzie się do samolotu, żeby uniknąć ryzyka problemów dekompresyjnych związanych z obniżonym ciśnieniem w kabinie samolotu. Ale wszystkie te zalecenia bazowały tylko na teorii. W przypadku DAN czas oczekiwania był określony na podstawie rzeczywistych przypadków choroby dekompresyjnej. W innych przypadkach był oparty na założeniu, że „do tej pory nie było zbyt wielu problemów, więc po prostu róbmy tak, jak do tej pory”.

Ci, którzy korzystali ze starych tabel U.S. Navy prawdopodobnie mają ulotne wspomnienie, że trzeba było być w grupie D, zanim się wsiadło do samolotu. W pewnych przypadkach możliwe było nawet latanie bezpośrednio po nurkowaniu! Stopniowo pojawiły się stałe okresy (24 lub 48 godzin), w zależności, czy ostatnie nurkowanie było pojedyncze, czy powtórzeniowe, a czy było w ramach krzywej, czy poza nią. Nawet pomiędzy zawodowymi i wojskowymi nurkami okresy oczekiwania po nurkowaniu przed wejściem na pokład samolotu rejsowego wynosiły od 2 do 24 godzin.

W 1989 roku Undersea and Hyperbaric Medical Society (Towarzystwo Medycyny Podwodnej i Hiperbarycznej) zorganizowało pierwsze warsztaty „Flying After Diving” („latanie po nurkowaniu”). Wytyczne stworzone po tych warsztatach, zgodnie z opinią DAN, nie były zbyt restrykcyjne i zostały wprowadzone, aby poprawić bezpieczeństwo nurkowania. Ale wielu właścicieli centrów nurkowych protestowało, ponieważ w ich opinii mogłoby to zaszkodzić centrom nurkowym ulokowanym na wyspach.

Od 1992 do 1999 roku DAN przeprowadził doświadczenia w Centrum Medycznym Uniwersytetu Duke, w laboratorium F.G. Hall'a. Monitorowano ponad 500 osób w 800 symulacjach lotów. To były symulacje, ponieważ te „loty” miały miejsce w komorach hipobarycznych. DAN dalej badał związek pomiędzy ryzykiem choroby dekompresyjnej i okresem przebywania na powierzchni przed lotem w przypadku kontrolowanych badań oraz analizy zdarzeń, gdzie miały miejsce incydenty lub ich nie było.

W wielu obszarach medycyny, badania laboratoryjne dostarczyły i mogą dostarczyć wyników, które różnią się od tych uzyskanych „w polu”. Dlatego niektóre zjawiska nie mogą być odtworzone w laboratorium. Można znaleźć dowody na takie rozbieżności w artykule opublikowanym w Alert Diver (wydanie europejskie, 3/2006) przez Dr. R. Vann'a: „Latanie lub osiągnięcie dużych wysokości po nurkowaniach wielokrotnych wykonywanych przez kilka dni nie mogą być przedmiotem badań laboratoryjnych (w komorze hipobarycznej)”.

W 2011 roku, podczas powrotu z wyprawy badawczej na Malediwy, Dr Danilo Cialoni i Massimo Pieri,

członkowie naszego laboratorium badawczego (Diving Safety Laboratory) wpadli na wspaniały pomysł, który zaangażował cały dział badawczy DAN Europe (a szczególnie Prof. Alessandro Marroni i Prof. Costantino Balestra): projekt badawczy, który brzmiał jak wyzwanie... przeprowadzić echokardiografię podczas lotu powrotnego z wyprawy nurkowej.



Echokardiografia w locie

Przeprowadzenie takiego badania było bardzo trudne, niemal niemożliwe. Zwłaszcza przedostanie się przez czerwoną linię. W tym kluczową rolę odegrało dwóch partnerów DAN, Albatros Top Boat i Neos Air. Aby otrzymać certyfikację EMI (ElectroMagnetic Interference, interferencji elektro-magnetycznych), niezbędną aby można było użyć ultrasonografu podczas lotu, technicy i badacze DAN Europe musieli spędzić pół nocy na lotnisku Malpensa w Milanie. W końcu udało się pokonać wszelkie przeciwności, i po raz pierwszy byliśmy w stanie zobaczyć co naprawdę dzieje się w ciele nurka podczas lotu.

W ciągu tylko pierwszego tygodnia badań na Malediwach zapisano ponad 4 000 plików, w ślad za którymi przeprowadzono długą i szczegółową analizę.

Metodologia monitorowania echa serca obejmuje cztery fazy. Pierwsza ma miejsce podczas lotu, gdy nurk nie nurkował w ciągu ostatnich 48 godzin. Te pierwsze testy były potrzebne do zebrania danych, na które nie miało wpływu ekspozycja hiperbaryczna i do określenia czegoś, co w żargonie medycznym nazywa się „okienkiem echokardiograficznym”. Rejestrację dokładnych pomiarów ciśnienia w kabinie co 15 minut zapewnił komputer nurkowy „iDivePro” firmy Dive System, partnera DSL i DAN Europe.

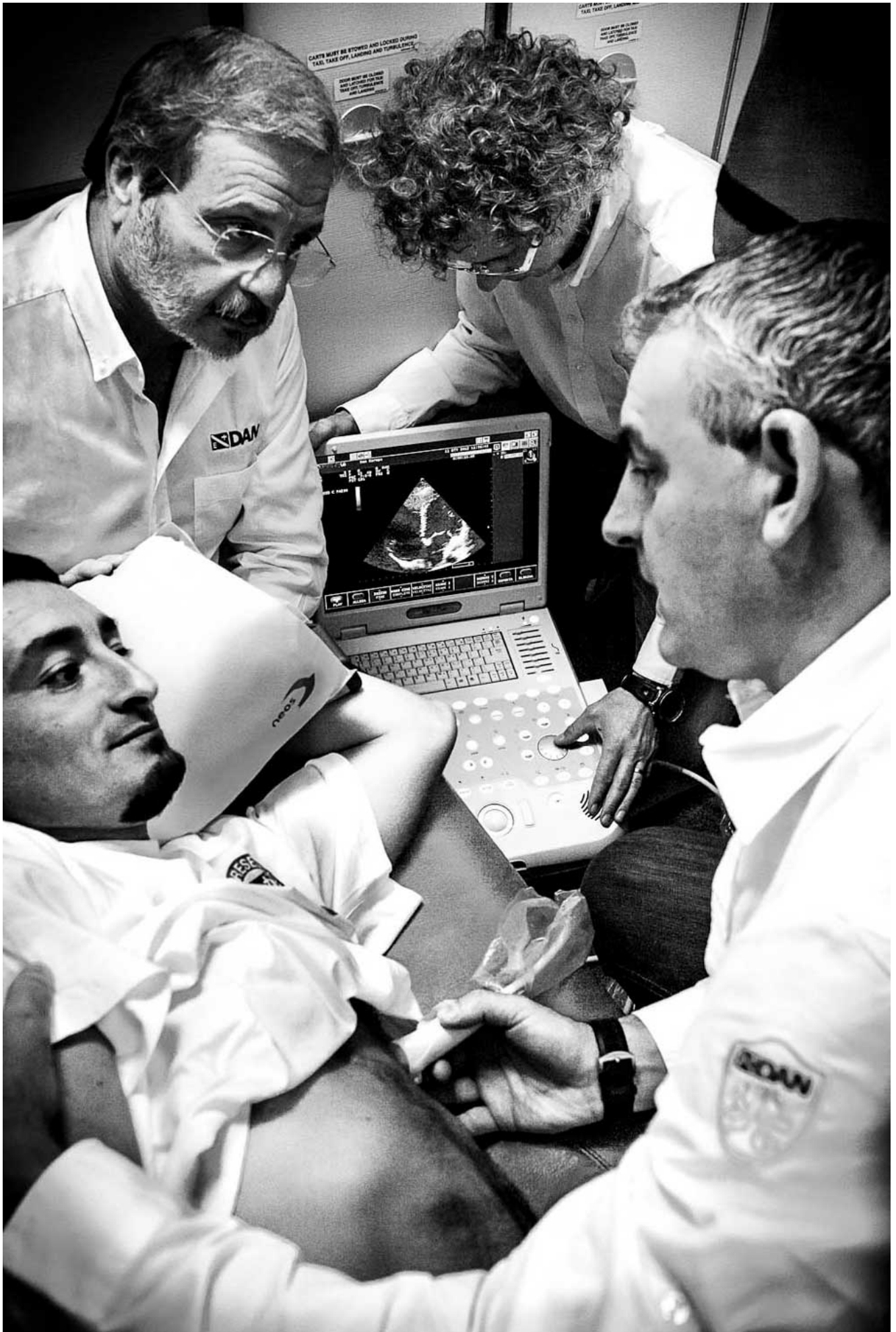
W drugiej fazie, echokardiografia i inne testy były przeprowadzone po każdym nurkowaniu w ciągu tygodniowego rejsu. Tygodnie specyficznych badań stały się częścią normalnego rytmu życia na pokładzie pięknego jachtu „Duke of York”. Ten rejs nie różnił się aż tak bardzo od normalnych rejsów po Malediwach,

ale miał ogromne znaczenie naukowe. Za każdym razem, gdy nurek kończył nurkowanie, musiał iść do SPA, które na tę okazję zostało przekształcone w pomieszczenie badawcze i centrum medyczne, gdzie nurkowie przechodzili różne testy.

Sprawdzano profile nurkowe i zgrywano je dla późniejszych testów. Wszystkie nurkowania przeprowadzono wewnątrz krzywej bezpieczeństwa, wynurzenia przeprowadzono z właściwą szybkością i zawsze miał miejsce przystanek bezpieczeństwa na głębokości około 5 metrów, który trwał 3 minuty. Żaden z nurków nie doznał choroby dekompresyjnej.

Trzecia faza kontroli miała miejsce na lotnisku, gdzie przeprowadzono echokardiografię tuż przed wejściem nurków na pokład samolotu, po 24 godzinach spędzonych na powierzchni.

W końcowej fazie, podczas lotu powrotnego wszyscy nurkowie byli poddani badaniu echokardiograficznemu i dopplerowskiemu dokładnie w 30, 60 i 90 minut od osiągnięcia pułapu podróznego przez samolot.



Analiza danych

Ten projekt badawczy był prezentowany w 2013 roku na konferencji [EUBS](#) (European Underwater and Baromedical Society, Europejskiego Towarzystwa Podwodnego i Baromedycznego) i otrzymał nagrodę [Zetterström](#) za najlepszą prezentację naukową.

Część zebranych danych jest prosta do zrozumienia. Na przykład, podczas badania w czasie lotu na Malediwy nie zaobserwowano żadnych pęcherzyków u nurków, biorących udział w badaniu. Wprawdzie wydaje się to być oczywistym wynikiem, ten test musiał być przeprowadzony, ponieważ dał dowód na to, że jeśli jakieś pęcherzyki zostaną znalezione w organizmach nurków w czasie lotu powrotnego, nie będą wywołane przez sam lot, ale jako połączony efekt nurkowania i obniżonego ciśnienia podczas lotu.

Inne dane ujawnione podczas badania były niespodziewane. Na przykład, dotychczas zawsze wierzono, że w czasie lotu o długim czasie trwania występuje większe ryzyko w porównaniu z lotem o średniej długości. Zamiast tego okazało się, że jest dokładnie odwrotnie. Jest to najprawdopodobniej skutkiem tego, że ciśnienie w kabinie samolotu równało się ciśnieniu na wysokości 1500-1800 metrów nad poziomem morza w czasie dalekiego lotu na Malediwy, i 2400 metrów nad poziomem morza (dopuszczalne maksimum) dla lotów na mniejsze odległości.

Badania nurków na lotnisku przed lotem powrotnym, w czasie których nie zaobserwowano żadnych pęcherzyków, pozwoliły nam określić, że okres 24 godzin oczekiwania jest wystarczający, jeśli pozostaje się na poziomie morza, ponieważ nie powstaną żadne pęcherzyki.

Oczywiście, niektórzy nurkowie wytwarzają więcej pęcherzyków niż inni. Nawet, jeśli mają bardzo podobne profile nurkowe. Badania podczas tygodniowego rejsu pozwoliły na podzielenie nurków na trzy kategorie: tych, którzy nie wytwarzają pęcherzyków, tych, którzy okazjonalnie wytwarzają pęcherzyki i tych, którzy są podatni na powstawanie pęcherzyków i mają je po każdym nurkowaniu. Aby uzyskać podstawę do porównania, profile nurkowe musiały mieć nieduży wpływ na podział na te kategorie (oczywistym jest, że ciężki profil może skutkować większą ilością pęcherzyków, w porównaniu z lekkim profilem).

Analizy przeprowadzone w czasie lotu wykazały, że większość nurków nie wytwarza pęcherzyków podczas lotu powrotnego po 24 godzinnym okresie oczekiwania od ostatniego nurkowania. Ale jednak nurkowie podatni na pęcherzyki wytwarzali je. Dlatego zalecane jest, żeby ci, którzy należą do tej kategorii powinni wydłużyć okres oczekiwania przed lotem. Podczas tygodnia badań dwóch nurków wykazało, że należą do grupy bardzo podatnych na pęcherzyki. I im zalecono nie brać udziału w ostatnim nurkowaniu, dzięki czemu ich okres oczekiwania przed lotem wyniósł 36 godzin. Znaczące jest, że żaden z tych nurków nie miał pęcherzyków podczas lotu. Dla tych, u których łatwo dochodzi do powstawania pęcherzyków, zaleceniem jest, żeby wydłużyli czas oczekiwania przed lotem ponad 24 godziny. Alternatywnie, dział badawczy DAN zaleca oddychanie tlenem jako środek zapobiegający powstawaniu pęcherzyków podczas lotu.

Najwyższy poziom pęcherzyków zaobserwowani po 30 minutach od osiągnięcia przez samolot pułapu przelotowego. Stopniowo zmniejszał się po 60 i 90 minutach lotu. Zasadniczo przypomina to powrót na powierzchnię po nurkowaniu. Z drugiej strony obniżenie ciśnienia działa jak wynurzenie i przynosi podobne efekty. Wraz z upływem czasu na takiej wysokości ciało wysyca się i pęcherzyki zanikają. Jest też możliwe inne wytłumaczenie. Małutkie pęcherzyki są już obecne we krwi, ale są tak małe, że nie mogą być obserwowane przez normalną echokardiografię. Obniżenie ciśnienia może zwiększyć ich rozmiary i umożliwić ich wykrycie w czasie badania.

Jakie przyszłe znaczenie dla nurków będzie miało to badanie? Jak to powiedział Prof. Alessandro Marroni,

“Zmierzamy prosto w przyszłość, gdzie czynniki indywidualne będą wpływały na model matematyczny, kładąc większy nacisk na praktyczne zastosowania badań w zakresie bezpieczeństwa nurkowania. Aż do dzisiaj stosowaliśmy matematykę, z jej obecnie dostępnymi algorytmami podczas badania ciała. Ale od teraz zaczynamy nową, fascynującą podróż, która pomoże połączyć proste parametry fizjologiczne z matematyką, tworząc algorytmy, które będą bardziej dostosowane do naszych organizmów. Przyszłość jest przed nami, a DAN Europe postanowił wziąć ją w najlepszy możliwy sposób, z pomocą nurków; informując ich o obecnych i przyszłych osiągnięciach naukowych”.

