

# Cestování letadlem po potápění: Konečně fakta (nejen teorie)

Studium poznatků a dat získaných v rámci prvního výzkumného projektu koordinovaného laboratoří DAN Europe's Diving Safety Laboratory (DSL) a nazvaného "Flying bubbles" bylo ukončeno. Výsledky jsou poněkud překvapující, a to až do té míry, že se jim dostalo zveřejnění v uznávaném vědeckém časopise *Aviation Space and Environmental Medicine*.

## Různé teorie

Sledovali jsme, co předchází cestě letadlem, co se děje během ní, ale hlavně... „co nastává poté“. Projekt nadace DAN "Flying bubbles" zaměřený na výzkum cestování letadlem po potápění ukázal, jak dalece se v této oblasti liší teorie od skutečnosti.

Před uskutečněním tohoto výzkumného projektu existovala různá doporučení, jak dlouho je třeba čekat, než se může potápeč po ponorech vydat na cestu letadlem, aniž by se vystavil nebezpečí dekompresních problémů způsobených sníženým tlakem v kabině. Veškerá doporučení však vycházela pouze z teorie. Výzkumem DAN se doba nutného čekání na let stanovila na základě pozorování konkrétních situací souvisejících s dekompresním onemocněním, zatímco v předchozích případech vycházela čekací doba z úvahy „dosud se nevyskytly téměř žádné problémy, tak to tak dělejme i nadále“.

Potápeči, kteří kdysi používali tabulky amerického válečného námořnictva, si možná matně vzpomenou na pravidlo, že se mají před letem považovat za skupinu „D“. V některých případech bylo možné letět dokonce okamžitě! Posléze byly stanoveny pevné časové odstupy (24 nebo 48 hodin) podle toho, zdali byl poslední ponor samostatný nebo závěrečný ze série opakovaných, ale také podle toho, zdali se takový ponor uskutečnil uvnitř bezpečnostní křivky nebo mimo ni. Za zmínku stojí i skutečnost, že dokonce i u komerčních a vojenských potápečů se čekací doby před nástupem do letadla liší v rozsahu od 2 do 24 hodin.

V roce 1989 se uskutečnil první workshop na téma „Flying After Diving“. Pořádala jej společnost Undersea and Hyperbaric Medical Society. Pravidla, která ze zmíněného workshopu vzešla, nebyla (podle DAN) příliš přísná, měla však zvýšit bezpečnost potápění. Přesto proti nim protestovalo mnoho majitelů potápečských středisek, kteří tvrdili, že jejich dodržování silně poškodí provoz potápečských středisek na ostrovech.

V letech 1992 až 1999 provedla organizace DAN na univerzitě Duke (v laboratoři tamního Zdravotního střediska F. G. Hall) mnoho pokusů, při kterých se sledovalo více než 500 jedinců při 800 letových situacích. Jednalo se o simulace, protože tyto „lety“ se uskutečnily v hyperbarické komoře. Formou řízené případové studie se v DAN také zjišťovala souvislost mezi nebezpečím dekompresního onemocnění a délkou pobytu na pevnině před letem, přičemž šlo o analýzu minulých případů a událostí, při kterých nedošlo k žádným problémům.

Nicméně v mnoha zdravotních oborech laboratorní výzkumy v minulosti přinesly (a stále přinášejí) výsledky, které se liší od výsledků získaných přímo „v terénu“. Navíc se některé jevy v laboratoři napodobit prostě nedají. S důkazy o takových rozdílech se lze seznámit v článku doktora R. Vanna zveřejněném v časopise *Alert Diver* (vydání pro Evropu, 3/2006) pod titulkem: „Cestování letadlem nebo dosahování vysokých nadmořských výšek po opakovaných ponorech prováděných několik dní nemůže být předmětem laboratorního výzkumu (s použitím hyperbarické komory)“.

V roce 2011 při návratu z výzkumné cesty na Maledivy dostali Dr. Danilo Cialoni a Massimo Pieri, členové našeho výzkumného oddělení Diving Safety Laboratory, nápad, že by organizace DAN Europe mohla (za účasti profesora Alessandra Marroniho a profesora Costantina Balestry) zorganizovat výzkumný projekt, v jehož rámci by se prováděla echokardiografie přímo během letu následujícího pro provedených ponorech.



## Echokardiografie během letu

Uskutečnění tohoto projektu se ukázalo být velmi obtížné až téměř nemožné, a sice hlavně kvůli velkým byrokratickým překážkám. K jejich překonání přispěli rozhodujícím dílem dva partneři DAN - Albatros Top Boat a Neos Air. Kvůli získání certifikace pro EMI (elektromagnetickou interferenci) nutnou pro používání ozvěny během letu museli technici a výzkumní pracovníci DAN Europe strávit mnoho nočních hodin na milánském letišti Malpensa. Nakonec byla tato překážka překonána a poprvé bylo možné sledovat, co se vlastně děje v těle potápěče během letu.

Jen za první týden výzkumu se na Maledivách získalo více než 4 000 záznamů, které se důkladně analyzovaly a vyhodnocovaly.

Echokardiografická vyšetřovací metoda se v těchto případech skládala ze čtyř fází. První fáze proběhla během doby příletu, kdy se potápěč alespoň 48 hodin před letem nepotápěl. Tyto první testy jsou užitečné proto, aby se získaly údaje neovlivněné vystavením těla hyperbarickému tlaku, ale také k určení, co se vlastně míní lékařským pojmem „echokardiografické okno.“ Zaznamenávání přesně změřeného tlaku v kabině každých 15 minut se provádělo pomocí potápěčského počítače se systémem Dive System „Dive Pro“, což je partner DSL a DAN Europe.

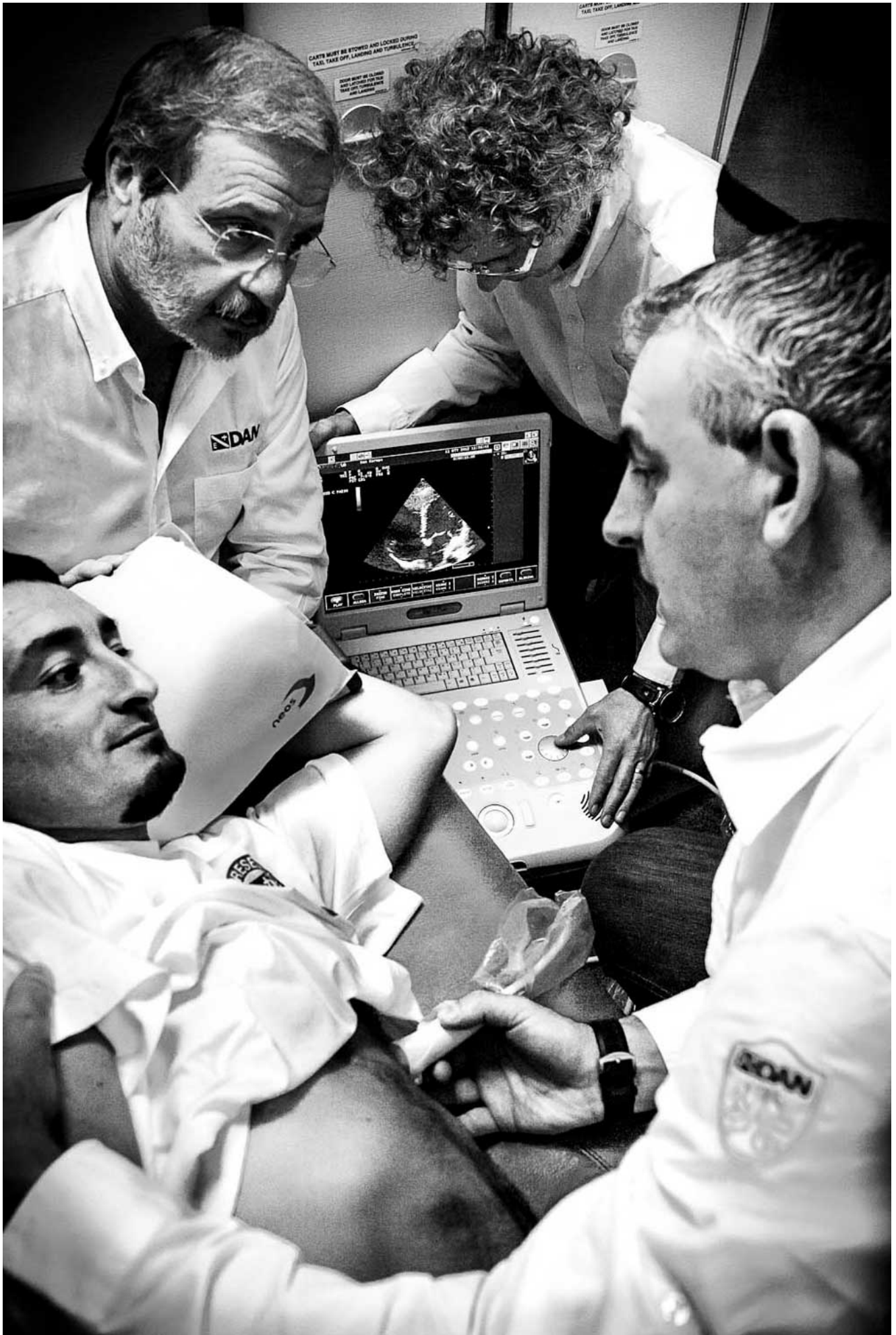
V druhé fázi se prováděly echokardiografické i jiné testy po každém ponoru po dobu několika týdnů během plavby. Cílený specifický výzkum se na několik týdnů stal součástí pravidelné rutiny na palubě nádherné

výletní lodi „Duke of York“. Celkově se plavba sice mnoho nelišila od podobných akcí na Maledivách, ale navíc se tam prováděly následující vědecko-výzkumné úkony: pokaždé, když se potápeč vynořil, musel jít do lázně, která byla pro tuto příležitost přeměněna ve „výzkumnou místnost“ a zdravotní středisko, kde se podrobil řadě testů.

Profily ponorů se kontrolovaly pomocí počítače a stahovaly pro další testy. Všechny ponory se uskutečňovaly v mezích bezpečnostní křivky, výstupy k hladině se prováděly správnou rychlostí a dodržovaly se tříminutové bezpečnostní zastávky po každých pěti metrech hloubky. Žádný z potápěčů nikdy v životě netrpěl dekompresním onemocněním.

Třetí kontrolní fáze probíhala na letišti, kde se potápěčům provedlo echokardiografické vyšetření těsně před nástupem do letadla (po 24 hodinách na pevnině).

Závěrečná fáze se uskutečnila během letu zpět, kdy byli všichni potápěři vyšetřeni echokardiograficky a dopplerem přesně 30, 60 a 90 minut poté, kdy letadlo dosáhlo své cestovní výšky.



## Analýza dat

Tento výzkumný projekt byl představen v roce 2013 na konferenci společnosti [EUBS](#) (European Underwater and Baromedical Society) a získal cenu Arneho [Zetterströma](#) pro nejlepší vědeckou posterovou prezentaci.

Některá získaná data jsou pochopitelná snadno. Např. při vyšetření během přeletu nebyly u žádného z potápěčů zúčastněného na výzkumu zjištěny žádné bublinky. I když se to zdá být logické a samozřejmé, muselo se takové vyšetření provést, aby byl k dispozici důkaz, že v případě zjištění bublinek u potápěčů během letu zpět nebyly bublinky způsobeny letem samotným, nýbrž kombinovaným účinkem potápění a následného nižšího tlaku v kabině během letu.

Některá jiná data zjištěna při tomto výzkumu se však neočekávala. Např. vždy panovalo přesvědčení, že dlouhý let představuje větší nebezpečí než let střední délky. Ve skutečnosti je to přesně naopak. Důvodem je zřejmě letová výška, při které dochází ke snížení tlaku v kabině – tj. přibližně 1500-1800 metrů nad mořem při cestě na Maledivy a 2 400 metrů nad mořem (maximální povolená výška) při cestách do bližších destinací.

Vyšetření potápěčů na letišti, kteří se vraceli domů, a u kterých nebyly zjištěny žádné bublinky, umožnilo učinit opodstatněný závěr, že čekací doba 24 hodin pobytu ve výšce u hladiny moře je dostatečná na to, aby se netvořily žádné bublinky.

Je zřejmé, že u některých potápěčů se tvoří bublinky více než u jiných, a to i tehdy, když se potápějí podle velmi podobných profilů. Vyšetření provedená během plavby umožnila rozdělit probandy do tří kategorií: do skupiny potápěčů, u kterých se bublinky netvoří, dále pak do skupiny potápěčů, kterým se bublinky vytvoří občas a konečně do třetí skupiny jedinců (tzv. „k bublinkám náchylným“), kterým se bublinky vytvoří po každém ponoru. Má-li mít srovnání přesvědčivou vypovídací hodnotu, musí profily ponorů ovlivňovat tuto kategorizaci jen minimálně (je zcela samozřejmé, že těžký profil může mít za následek více bublinek než lehký profil).

Při analýze dat získaných během letu se zjistilo, že u naprosté většiny potápěčů se po 24 hodinách od posledního ponoru bublinky nevytvořily, ale u skupiny potápěčů „k bublinkám náchylným“ se vyskytovaly. Proto se potápěčům této kategorie doporučuje, aby si časový odstup od posledního ponoru k nastoupení cesty letadlem prodloužili. Během zmíněného týdne se dva probandi projeví jako mimořádně náchylní k tvorbě bublinek a těm se doporučilo, aby se posledního ponoru nezúčastnili, čímž si prodloužili čekací dobu před letem na 36 hodin. Zajímavé bylo zjištění, že ani u jednoho z těchto dvou potápěčů se nevytvořily bublinky během letu. Potápěčům, u kterých se bublinky tvoří poměrně snadno, se jeví čekací doba 24 hodin jako dostačující. Jinak se podle výzkumu DAN doporučuje jako preventivní opatření dýchat normobarický kyslík.

Nejvyšší hladiny bublinek byly zaznamenány 30 minut po dosažení cestovní výšky a poté bylo v časové lhůtě mezi 60 a 90 minutami patrné jejich snižování, tedy v podstatě stejně, jak je tomu při návratu k hladině při ponoru. Lze tedy říci, že snížení tlaku působí podobně jako stoupání k hladině a také má stejné následky. Průběhem času v cestovní výšce tělo desaturuje a bublinky mizí. Tento jev může mít i jiné vysvětlení: velmi malé bublinky se již mohou v krvi vyskytovat, ale jsou tak malé, že jsou v normálním echokardiogramu nepozorovatelné. Při snížení tlaku se mohou zvětšit a díky tomu se stanou patrnými.

Jaký dopad mohou mít výsledky tohoto výzkumu na potápěče v budoucnosti? Profesor Alessandro Marroni to vyjádřil následovně: „Směřujeme do doby, kdy každý jednotlivý prvek může ovlivnit použitelný matematický model, což klade větší důraz na praktické aplikace výzkumu pro větší bezpečnost při

potápění. Až dosud jsme používali matematiku a její algoritmy při studiu lidského těla, ale v současné době nastupujeme novou a doslova úžasnou cestu, která nám pomůže začlenit jednoduché fyziologické parametry do matematiky, díky čemuž budou algoritmy lépe odpovídat našemu osobnímu organismu. Tato budoucnost je velmi blízko a organizace DAN Europe se rozhodla vstoupit do ní, i s pomocí samotných potápěčů, tím nejlepším možným způsobem – průběžně informovat o současném stavu i budoucím vývoji.“

