

# Ničelna hipoksija z EDS-D1 namesto izvajanja predpisa FAR 91.211 za »videti in se izogniti« ter za ohranjanje opreznosti in uživanje pri letenju na dolgih preletih v Alpah na višini med 1500 in 3800 m?

## Kritična obravnava

dr.med. Heini Schaffner-ja, alpskega jadralnega pilota AFG, GVVN, APSV in  
anestezista FMH

*Avtor (roj. 1943) je jadralno letenje spoznal preko letalskega modelarstva in tečajev švicarske letalske zveze v Frauenfeld-u, nato pa v akademski letalski skupini pridobival izkušnje s preleti v Alpah in doslej ima v svoji letalski knjižici zabeleženih 2400 ur letenja z jadralnimi letali in 150 ur z motornimi letali v Kanadi. Danes le še redko leti za tekmovalne točke ali priznanja, zato pa zelo uživa v lagodnih preletih v Alpah. Od leta 1995 izmenično z Edwinom Schwarbom pilotira ASH-26 E, HB-2276; za uživanje pri letenju nikdar brez EDS-D1 (naprava za oskrbo s kisikom).*

*Po zaključenem študiju medicine je od leta 1971 spoznaval s poklicem pilota primerljiv posel anestezista in je doslej deloval v 71 bolnicah oz. klinikah doma v Švici in v tujini. Od l. 1996 je v svobodnem poklicu, da lahko vsaj med jadralno sezono zamenja ob redni zaposlitvi v tem poslu običajno priklenjenost s svobodo orlov v zraku. Nikoli ni bil letalski zdravnik FAI ali pooblaščen zdravnik BAZL (Zvezna uprava za civilno letalstvo Švice).*

*Občasno se kot zdravnik spremljevalec pri medicinskih repatriacijah znajde v ambulantnih reaktivcih ali na potniških letalih. S svojo družino, ki jo letalstvo ne zanima, živi ob Neuenburgersee. Njegovo posebno zanimanje za višinsko medicino, raziskave stresa in varnost letenja izvira iz primerljivih zahtev in ciljev njegovega poklica in konjička.*



## TRAJNA RAHLA HIPOKSIJA NA DOLGIH PRELETIH V ALPAH

Naslednji letalsko-medicinski zaključki so na eni strani povzeti iz literature, na drugi strani pa potrjeni z lastnimi izkušnjami. Predmet obravnave je **rahla večurna hipoksija** (pomanjkanje kisika v tkivih oz. celicah), ki se pojavi na srednjih višinah letenja, kjer obvezna uporaba kisika uradno še ni zahtevana. Pri tem so prizadeti zlasti tisti letalci, ki so kdaj pri svojem letenju v hribih trpeli zaradi glavobola ali se med letenjem trajno borili z zaspanostjo, pa tudi tisti, ki trmasto čakajo predpisano višinsko mejo, preden uporabijo dodatni kisik, pri tem pa se čudijo, zakaj je letenje v Alpah tako naporno. To sporočilo je namenjeno tudi vsem pilotom helikopterjev in panoramskega letenja, katerih letala so le redko opremljena z napravami za oskrbo s kisikom, pa tudi zmajarjem in jadralnim padalcem zaradi njihove biološke izpostavljenosti, nadalje letalcem z več kot 60 leti starosti ter še posebej »hipoksičnim predrznežem«, ki nasprotujejo »dopingu s kisikom«.

Iz povsem administrativnega vidika je nujnost uporabe dodatnega kisika že desetletja – od 30.9.1963 – urejena s privzetim predpisom FAA (Zvezna uprava za letalstvo ZDA) FAR 91.211, ki nekoliko skrajšano določa:

**»Pilot mora uporabljati kisik  
ves čas nad 14000 ft (4267 m)  
in nad 12500 ft (3810 m) več kot 30 minut«!**

»... in pri tem niti ne omenjamo starosti in zdravja pilota ter njegovih potnikov« bi bilo tu pošteno dodati, čeprav kasneje na istem mestu preberemo, da morajo šele nad 15000 ft (4572 m) vsi potniki v letalu uporabiti kisik. Ob pogledu nazaj na lastne težave pri letenju v Alpah, toda z upoštevanjem sedanjega znanja, se zdi avtorju s predpisi skladno letenje na večjih višinah kot uradniško dopuščeno uspavalno sredstvo za pilote in potnike. Protislovno je medicinski kisik v nekaterih deželah, med njimi v Franciji, ZDA in drugih, registriran kot zdravilo, zato mora njegovo dolgotrajnejšo uporabo predpisati zdravnik ... Nespremenjeno prevzet in nikoli kasneje prilagojen predpis FAR 91.211 je zato primerljiv z osamljenim rajskim otokom, ki mu je prihranjena plima številnih drugih pretirano zahtevnih FAR-JAR predpisov.

Študije, ki so bile podlaga za FAR 91.211, izvirajo še iz časa po 2. svetovni vojni in so bile izvajane v laboratorijih na mladih vojaških pilotih. Zato lahko mirno podvomimo v njihov pomen za sedanjo stvarnost v jadralnem letenju, saj takrat niso upoštevali mraz, radijski hrup, sončno obsevanje, strah, stres, turbulenco, pospeške pri ostrem kroženju v rotorjih, pomanjkanje tekočin (dehidracijo) in starostne težave.

Nadalje ni možno povsem zanemariti dejstvo, da je bilo ozračje v takratnem zmanjšanem zračnem prostoru laboratorijev nekoliko bolj bogato s kisikom kot bi sicer ustrezalo odčitani višini; zdravniški vodje poizkusov, ki so samoumevno vdihavali 100% kisika iz svojih pilotskih mask, vendar od tega le 5% zares uporabili, so verjetno z izdihanim kisikom obogatili ozračje in s tem polepšali dosežene rezultate. To je bilo prikazano v televizijski oddaji pred letom dni iz FAI v Duebendorf-u z Maeni Webrom kot "poizkusnim kuncem"; zdržal je večje višine kot večina švicarskih vojaških pilotov.

Izven laboratorijev ni globalno segrevanje v zadnjih desetletjih prav nič obogatilo ozračje s kisikom, temveč je le povzročilo njegovo še večje onesnaženje.

Treba je tudi spomniti, da v času obravnavanih poizkusov še niso obstajali prstni pulzoksimetri s takojšnjim odčitkom; nasičenost krvi s kisikom v odstotkih je bilo treba posredno ugotoviti z arterijsko plinsko analizo krvi. V obravnavanih poizkusih je bilo to predstavljeno z naslednjo preglednico:

višina ft	višina m	nasičenost z O <sub>2</sub> otrok	nasičenost z O <sub>2</sub> kadilec
0	0	100%	95%
10000	3048	93%	88%
13000	3962	88%	83%
16000	4876	80%	75%
20000	6096	75%	70%

Pri tem je 90% najmanjša potrebna nasičenost krvi z O<sub>2</sub> (kisikom) za nemoteno delovanje živčnega sistema; 75% ustreza temno modri krvi iz ven, preden se ta v pljučih ponovno oskrbi s kisikom. Zdrav odrasel človek doseže na višini 500 m večinoma 96%. V operacijski dvorani, kjer se lahko uporablja s kisikom bogata plinska mešanica, mora anesteziist ukrepati že če pade nasičenost z O<sub>2</sub> pod 93%.

Spirometer in masni spektrometer (za merjenje količine izdihanega zraka oziroma za takojšnjo analizo sestave plinov v izdihanem zraku) ter elektrokardiograf so bile takrat še velike, nerodne naprave, telemetrija (daljinske meritve) iz tesne pilotske kabine pa šele v poskusni razvojni stopnji. Dodatno niso tesni laboratoriji omogočali nobenih za letenje pomembnih psihotehničnih testov in opazovanje preizkusov, pa tudi v takratnih preprostih simulatorjih letenja še ni bilo možno poustvariti rahlo višinsko hipoksijo.



*Miniaturni prstni pulzoksimeter*

V zadnjem času so po zaslugi gorniških zdravnikov bistveno napredovale medicinske višinske raziskave, medtem ko se uradna letalska medicina ukvarja pretežno z vprašanji vojaškega pomena – hvalevredna izjema je dr. Juergen K. Knueppel, ki je sam tudi jadralni pilot.

Nedvomno se je povečala povprečna starost jadralnih pilotov, ki ob odličnih letalih razpolagajo tudi s potrebnim prostim časom za daljše prelete v Alpah. Ob upoštevanju teh okoliščin so v nekaterih državah razumno nadomestili FAR 91.211 z rednimi zdravstvenimi pregledi pilotov jadralnih letal in balonov ter s tem pogumno uveljavili lastno odgovornost za zdravstveno usposobljenost za letenje.

Ta samoodgovornost za vsakokratno lastno usposobljenost za letenje se v jadralnem letalstvu še ni uveljavila kot samoumevna. Vedno znova najdemo med prostočasnimi piloti t.i. »hipoksične predrzneže« s posebnim nagnjenjem k tveganju ("who flies highest before he dies, wins" = kdor leti najvišje preden umre, zmaga!), ki prezirajo FAR 91.211 ali ta pravila upoštevajo skrajno zadržano. Na organiziranih akcijah alpskega jadralnega letenja še vedno lahko naletimo na letala brez vgrajene naprave za oskrbo s kisikom ali na star, zajeten regulator kisika (mešalec zrak / O<sub>2</sub>) iz vojaških zalog. Glede zadnjega ni sicer ničesar oporekati, če je naprava redno vzdrževana in ni preveč potratna s kisikom. Nekateri jadralni piloti poskušajo prihraniti zalogo kisika s prekinjenim vdihavanjem kisika, nekako "zbujanje po potrebi", ali pa imajo kisikovo masko do prvega dremeža kar v položaju "stand-by". Toda pljuča ne delujejo kot kakšen rezervoar za gorivo, ki ga lahko kadarkoli napolnimo. Vsaka sprememba vdihanih plinov deluje v možganih s tri-minutno zakasnitvijo; to ustreza trajanju zaloge kisika v pljučih. Ko med letom ni na razpolago dodaten kisik, npr. ko nam za doseganje diamantne višine manjka le še nekaj sto metrov, je običajno zadnja uporabna višinska omejitev tisto, kar si lahko privoščimo!

Z današnjega medicinskega vidika so s FAR 91.211 določene višinske meje dodajanja kisika pri starejših in kadilcih med letalci in potniki verjetno postavljene bližje višinski smrti kot potrebni budnosti. Tistim, ki menijo, da je to mnenje pretirano, svetuje avtor opazovanje ljudi na zgornji postaji vzpenjače na Jungfaujoch 11318 ft (3450 m); nekateri turisti iz nižin počivajo že na prvih stopnicah, drugi imajo resne težave z neobičajno mrzlim gorskim zrakom! Nek 67-leten avtorjev gost iz tujine, dotlej brez težav z ožiljem, je tam zgoraj kljub profilaktičnim opozorilom »počasi – počasi« doživel svoj prvi pektanginski napad in kasneje umrl ob drugi operaciji srca! Ni odveč tudi primerjava s starim očetom, ki je kot darilo za 80. rojstni dan dobil vozovnico za panoramski polet ob Matterhornu; pomisliti je treba, da je za preživetje potnika odgovoren izključno pilot in ne morda kakšen uradnik, tudi kadar so pri letenju v Alpah upoštevana določila FAR 91.211.

## PRAVLJICA O t.im. OBMOČJU POPOLNE IZRAVNAVE

Že naši učitelji letenja so nas poučili, da redkejši višinski zrak (kot tudi gost zrak na letališču) vsebuje vedno enak delež kisika, namreč 21%, zato je pomanjkanje kisika pri letenju na večjih višinah posledica zmanjšanja zračnega tlaka, zaradi česar se v živčnem sistemu zmanjša razpoložljivi najmanjši potrebni delni tlak O<sub>2</sub> (70 mm Hg, kar ustreza 90% zasičenosti z O<sub>2</sub>). Na tej podlagi ni težko zaključiti, da se hipoksija začne takoj po vzletu in se z višino poslabšuje; torej se ne pojavi na nekem vnaprej določenem nevarnem pragu, ki bi ustrezal postavljeni zgornji meji t.im. »**območja popolne izravnave (kompenzacije)**« (2000 – 4000 m). Takratno prepričanje o taki hipoksični prosti coni je namreč izhajalo iz napačne predpostavke, da se izravnalno stopnjevanje vdihavanja in krvnega obtoka brez izjeme pojavi pri vsakem pilotu, ki je zato do tega nevarnega praga odporen proti vsakemu pomanjkanju kisika. Stvarno pa je ta izravnalni mehanizem izredno odvisen od nekaterih zdravil, zlasti tistih za zniževanje krvnega tlaka, sedativov, nekaterih zdravil proti bolečinam, itd.; dodatno tudi od trenutnega počutja (pomanjkanje spanja, učinki zaužitega alkohola!) in končno pogojen z izrazitimi razlikami med posamezniki. Takšna izravnava je npr. povsem odsotna pri polni omami (narkozi), zato dobiva bolnik profilaktični kisik kljub nadzoru s pulzoksimetrom.

K temu dvoje značilnih primerov z neke akcije preletov v Alpah iz časa pred EDS (naprava za oskrbo s kisikom), ki dokazujeta, da se na takšno izravnavo ni možno zanašati in če že, da izravnalna hiperventilacija nima neškodljivih stranskih posledic.

### 1. primer:

Učitelj jadralnega letenja z dolgoletnimi izkušnjami letenja v Alpah, se je pol leta po opustitvi letalske dejavnosti zaradi starosti, tokrat kot potnik pridružil na preletu v Alpah. Po začetni pridobitvi višine je zaprosil pilota za čimprejšnji pristanek zaradi **slabosti, glavobola, slabega počutja**, vendar ne zaradi težav z dihanjem. Njegovo ventilacijsko stopnjevanje je tokrat odpovedalo, ker je bil mesece pred tem izpostavljen obsevanju vratu. Pri tem je bil uničeno njegovo biološko čutilo (senzor) za hipoksijo (t.im. glomus caroticum v razcepu glavne vratne odvodnice / arterije) in središče za uravnavanje dihanja je zaman čakalo na »začetek« ventilacijsko stopnjevanje. Posledično gledano je bil hitro izpostavljen **akutni višinski bolezn**.

### 2. primer:

Na družinskem letu k Finsteraarhorn-u je globoko dihajoča, vendar ne zasopla potnica najprej povedala, da ima **mravljinčaste** roke in noge, nekoliko kasneje je dobila **krče** v prstih in čeljusti ter neobičajen »**predorski vid**«, dokler se ni nazadnje sploh nehala oglašati z zadnjega sedeža in tudi ni več odgovarjala na vprašanja. Pilot, učitelj letenja, je pristal kolikor hitro je mogel in zdravnik je na tleh ugotovil **hiperventilacijsko tetanijo** (mišični krč zaradi preglobokega dihanja). Popolno okrevanje je trajalo več ur. Tu je sovpadanje redkega zraka in verjetno strahu pred letenjem skupaj z zožitvijo možganskih žil zmanjšalo oskrbo možganov s kisikom, kljub boljšemu delovanju pljuč zaradi globokega dihanja.

V družbi letalcev se podobno kot pri gornikih najde približno četrtnina takih s **slabim prilagajanjem višini (aklimatizacija)**, ki zaradi nezadostnega dodatnega dihanja veljajo za **manj višinsko sposobne**; to so tisti, ki se zgodaj pritožujejo zaradi **glavobola** med letenjem in že na manjših višinah začnejo **zehati** ter let praviloma predčasno končajo. Zehanje je sicer zanesljiv znak možganske hipoksije in je zato zelo primerno za njeno ugotavljanje, saj vključuje tudi zmanjšano prekrvavitev možganov – torej je to boljši način kot odčitavanje višinomera ali pulzoksimetra. Zato ob pojavu zehanja med letenjem ne glede na višino sezimo po maski za kisik, pri naslednjem letu pa si že pred vzletom namestimo nosne dihalne cevke, pri čemer naj bo **EDS-D1 naravn** na **N ali D5**.

**Za pilote, ki so dobro in manj dobro prilagodljivi na višino, velja:**

**> 3800 m: obvezna uporaba dodatnega kisika v skladu s FAR 91.211**

**1500 – 3800 m: odziv na hipoksijo z ventilacijo:**

bodisi hud: hiperventilacija (mravljinčavost, mišični krči, »predorski vid«), ki po 3 tednih povzroči pravo respiratorno aklimatizacijo

ali nezadosten: predklinična akutna višinska bolezen:

- trdovraten glavobol,
- nepazljivost, površno razmišljanje,
- zmanjšana vidna sposobnost,
- zmedenost, razdražljivost, občutljivost za svetlobo,
- pritisk v prsih,
- nalaganje telesnih tekočin, otekline,
- neobičajna utrujenost,
- slabost in bruhanje,
- oslabeledost mišic

**< 1500 m: nobeni opazni ali merljivi znaki**

Nepoznavalci višinske medicine včasih enačijo ali zamenjujejo razpoložljive znake **ventilacijskega odziva na hipoksijo z respiratorno višinsko aklimatizacijo**. Vendar prvo pomeni začasno, neobvezno in neposredno spodbujeno stopnjevanje ventilacije ob napredovanju težavnostne stopnje hipoksije ter je povezano z nevarnimi stranskimi učinki hiperventilacije. V nasprotju s tem je respiratorna višinska aklimatizacija ustaljeno stanje globokega dihanja s tri-tedenskim razvojem, pri katerem se potem sprejemanje kisika ne normalizira takoj. Alpinist na Everestu vdihuje tam zgoraj 60 – 80 l/min, pilot na manjših višinah pa 12 – 20 l/min. Vsako prvo zadrževanje na višini povzroči na začetku **tri-dnevno hipoksično dihalno depresijo z občutnim zmanjšanjem zmogljivosti** preden se z višinsko aklimatizacijo vzpostavi želeno stopnjevanje dihanja; hipoksični dihalni center in otekle dihalne mišice ne morejo prej prav nič prispevati k potrebnemu globljemu dihanju. Te okoliščine pojasnjujejo, zakaj novinci na akcijah preletov v Alpah pri svojih prvih letih pogosto trpijo zaradi glavobola, včasih tudi zaradi slabosti in utrujenosti ter zakaj je zelena forma dosežena šele ob koncu take akcije.

Aklimatiziramo se sicer na višino, na kateri se zadržujemo največ časa; aklimatizacija s ponavljajočimi se višinskimi leti glede na stroške aerovleka ni smotrna, pa tudi sicer se tako pridobljena aklimatizacija izgubi v nižini že v nekaj dneh.

Od 60-tih let se je število prostočasnih uporabnikov zračnega prostora nekajkrat povečalo in pojavile so se nove oblike letalskih dejavnosti, z njimi pa tudi povečano tveganje trkov v zraku. Dandanes naletimo vzdolž glavnih termičnih zračnih poti (npr. na »parcours du combattant« v južni Franciji) včasih na razmere, podobne zračnim bojem, torej na zmedeno letenje iz različnih strani neba z izredno dinamičnim menjanjem višine (»delfinji let«), pri čemer so običajno kršena tudi pravila izogibanja.

Je preveč po pravilu »videti in se izogniti« zahtevati uradno najprej **budnost**, torej **največjo možno sposobnost videnja in presoje, pozornost in tudi najkrajši možni odzivni čas vsakega posameznega uporabnika zračnega prostora**? Tudi sodobni elektronski pripomočki za izogibanje trkom na osnovi GPS, skupne VHF frekvence in FLARM terjajo končno še hitreje delujoči živčni sistem za spoznavanje in hitro ukrepanje z ustreznim

manevrom izogibanja. Pri ljudeh, najbolj šibkem členu te verige, je torej možno še mnogo izboljšati!

## ZAMISEL NIČELNE HIPOKSIJE ZA PREPREČEVANJE TRKOV V ZRAKU

Zagotovitev budnosti ves čas trajanja leta si avtor ne predstavlja s poživili (tablete STUKA), temveč z **ničelnim dopuščanjem hipoksije med letenjem**, podobno tistemu za alkohol in druge droge. Edine tablete, ki pri ohranjeni pozornosti zmanjšujejo tveganje trkov, so antirevmatične, ki prizadetim starejšim omogočajo zasuke glave brez bolečin in s tem opazovanje zračnega prostora. Ko bo vsak uporabnik zračnega prostora svojemu živčnemu sistemu privoščil le obe edino potrebni pogonski sredstvi – **glukozo** in **kisik** – ter hkrati netesno ožilje napolnil z zadostno količino **tekočine**, namesto da se temu odreka zaradi nevednosti ali bojzani pred polnim sečnim mehurjem, bomo vsi lahko z manj tveganja leteli v Alpah. Takrat bo vsakdo imel več možnosti, da ga bodo drugi uporabniki zračnega prostora pravočasno opazili.

**Zamisel ničelne hipoksije** še ni kot FLARM stvar splošnega zanimanja vseh pilotov in tudi ni z ničemer izražena v predpisih, čeprav ni niti nova niti neizvedljiva. Vojaški piloti se je poslužujejo že dolgo, avtor pa šele zadnjih 8 let z dosledno uporabo EDS-D1 od vzleta do pristanka. Od prvega preleta v Alpah je njegov osebni vtis takšen:

»Ohranjene so vse pomembne funkcije živčnega sistema, kot so pozornost, oster vid, uživanje pri letenju, motivacija, radovednost, zadovoljstvo in vse to je na novo sijajno izraženo z odsotnostjo prej neizogibne prepričljive prizadetosti zaradi glavobola, utrujenosti, slabosti, izgube motivacije, zmanjšane vzdržljivosti, itd., kar je bilo posledica prejšnje prakse sledenja FAR 91.211«. Njegov zaključek je: ne naporno upravljanje letala nad skalnimi pobočji, temveč rahlo pomanjkanje kisika med dolgotrajnim letenjem v Alpah je razlog za utrujenost med in po letenju.

## SIMPTOMATIKA TRAJNE RAHLE HIPOKSIJE

Letenje v Alpah je tudi ob upoštevanju FAR 91.211 utrujajoče in upravičeno velja za medicinski ekskurz na zanemarjeno področje sicer **rahle**, vendar **trajne hipoksije**. Ta se pojavi kot kombinacija **redkejšega zraka pri večurnih letih, zmanjšane zmogljivosti prenosa O<sub>2</sub> v krvi** (z ogljikovim monoksidom zastrupljen hemoglobin kadilcev, rekonvalescenca, krvodajalstvo, žeja), **povečane porabe O<sub>2</sub>** zaradi mišične aktivnosti (stres, bolečina, krčevito upravljanje letala, drgetanje zaradi mraza) in končno **slabega delovanja pljuč** (površinsko, pospešeno dihanje oseb s prekomerno telesno težo, kadilcev, učinki zdravil ali manj znano: občasno moteno ventilacijsko – perfuzijsko razmerje zaradi pospeškov pri ostrem kroženju v rotorjih).

Simptomatika rahle hipoksije obsega tri področja, predstavljena v nadaljevanju: prizadetost pri uživanju v letenju, občasna izguba višjih funkcij možganske skorje in poslabšanje vida.

### 1. Različne prizadetosti pri uživanju v letenju

Sem spada zlasti s trajanjem letenja naraščajoč in pogosto trdovraten **glavobol** (zanesljivo se pojavi po šesti uri letenja), pa tudi **neobičajna utrujenost s stalnim zehanjem**, ki ga ne moremo odpraviti niti z močnim spodbujanjem. Potem sta tu še **neugodje** in **demotivacija**, ki nista združljiva z letenjem. Pri tem gre lahko za letalsko inačico t.im. **akutne višinske bolezni alpinistov**. Včasih je opazno **rahlo poglobljeno dihanje**, ki pa že ob najmanjšem naporu preraste v **izrazito sopenje**, v jadralnem letalu npr. ko šele med letom poskušamo odpreti jeklenko s kisikom, pri izvlečenju in pritrjevanju dihalne maske ali pri uriniranju, če pri tem pritiskamo s trebuhom. Značilno je tudi **neopazno bledenje barv pokrajine**, kar

odpravimo šele takrat, ko končno uporabimo dodatni kisik. Pojav **izsušenih ust** je možno le za kratek čas omiliti z nujno potrebnim pitjem med letenjem; ni znano, če je to posledica s stresom pogojenega omejenega izločanja slin ali morda resnične izsušitve sluznice zaradi pospešenega vdihavanja suhega višinskega zraka. Vsakdo prizadet lahko upravičeno domneva, da so razlogi za njegov pogosto **prepoln sečni mehur** ter **neizogibno mrzle noge** na dolgih preletih v Alpah zadihanost, mraz, pospeški in stres, pri čemer imajo le piloti s starostjo nad 60 let pravico sklicevati se na težave s prostato.

Zdi se preprosto logično, da bi težave s **prepolnim mehurjem** med letenjem najlažje odpravili z žejo namesto s pitjem in se tako izognili nujnemu odvajanju tekočin. Vendar za pospešeno proizvodnjo urina ni najbolj kriva popita količina tekočin, temveč sprejemniki raztezanja v medeničnih venah, ki zaradi pol-ležečega položaja pilota in pospeškov stalno sporočajo preobilje krvi, pa tudi izravnalna hiperventilacija, ki omejuje periferno ožilje. Kdor torej na dolgih preletih proizvaja le malo urina - kar je vedno slabo znamenje - verjetno kot pri akutni višinski bolezni »skladišči« veliko vode v svojem tkivu.

Malo je znano, da **mrzle noge** v jadralnem letalu kljub podloženim čevljem ne smemo pripisati le pomanjkanju osončenosti in mrzlemu zračenju v nosu letala. Mnogo bolj je ta težava posledica **centralizacije kroženja krvi** zaradi **omejenega kroženja obsega plazme**; ožilje se prilagaja zmanjšanemu kroženju krvi, žal ne obratno. Za zagotovitev oskrbe s krvjo življenjsko pomembnih organov (srce, možgani, pljuča, jetra, ledvice) je najprej osiromašena prekrvavitev kože in mišičevja v od srca oddaljenih delih telesa, pa tudi prekrvavljenost prebavil (želodčne težave!). Krožeča tekočina se ne izgublja le z znojenjem, povečanim proizvodnjem urina, vlaženjem suhega višinskega zraka pri pretoku skozi dihala, temveč se izgublja predvsem v notranjosti celic zaradi **hipoksičnega skladiščenja vode v tkivu** (iz krogotoka skozi porozno celično membrano). Višinski pljučni in srčni edem alpinista na Everestu sta tu le življenjsko nevarni vrh ledene gore; otekle noge, zabuhel obraz ali vnete oči (edem roženice) najdemo pogosto pri jadralnih pilotih v Alpah in celo pri potnikih.

**»Hipoksija ni podobna avtu brez goriva -  
ne izstrada le motorja, temveč uniči tudi mehanizem!«**

**Porozne celične membrane** lahko primerjamo s puščajočim ladijskim trupom. Za izčrpanje prodirajoče vode potrebujejo ladijske črpalke gorivo, ki potem primanjkuje za pogon ladje. Tudi celične stene potrebujejo za ohranjanje svoje neoporečnosti natrij-ionsko črpalko, pri čemer je vsak natrijev ion obdan s 6 molekulami vode. Za ta namen uporabljena energija potem primanjkuje pri lastnem delovanju celic, npr. za prenos dražljajev v živcih. Brez kisika se v celicah lahko ustvari le 1/19 energijsko zmogljivih molekul, zato se sprosti veliko mlečne kisline.

Velja še omeniti, da se **hipoksično nalaganje vode v tkivu** prične že pri rahlem pomanjkanju kisika in ne prizadene zgolj živčnega sistema, pa tudi da se to nalaganje dogaja precej hitreje (2 – 6 ur), kot se potem izločanje (24 – 48 ur). Vsekakor se že »napojene« možganske celice ali nekoliko bolj akademsko izraženo »fluidizirane« celične membrane po zapoznelem (še le pri očitnih znakih) vdihavanju kisika ne osušijo takoj; niti čisti kisik ne pospeši normalizacije. Pri tako dolgotrajnem spontanem zdravljenju je res potrebna profilaksa. Fluidizirane membrane živčnih celic se prav tako pojavljajo pri normalni, večerni utrujenosti, pomanjkanju spanja, prevelikem naporu, zastrupitvi (alkohol) in poškodbah vseh vrst (zgorevalni toksini pri sončnih opeklinah!) ter tako pojasnjujejo znano »počasnost« delovanja živčnega sistema.

»Hipoksični predrzneži« morajo torej misliti tudi na naslednji letalski dan ko pri **akutni višinski bolezni** občutijo pogosto moteno in s tem le malo spočito spanje z občasnimi zehanji. Hipoksično nalaganje vode se nato kopiči še dneve. Vendar v pogovornem jeziku znano **odmiranje možganskih celic** v povezavi s pomanjkanjem kisika nastane šele takrat, ko je zaradi otekanja možganov popolnoma ustavljena cirkulacija in razpršitev. Spoznanja medicinskih odprav na Everest v letih 1980 in 1983 se nanašajo med drugim na hipoksične

zapoznele poškodbe možganov, ne nepričakovano podobne duševnemu stanju po lobanjsko – možganski travmi ali senilnosti: oteženo govorno izražanje, moteče iskanje besed, slabši kratkotrajni spomin, zmanjšana obremenljivost, upadajoča sposobnost koncentracije, manjša duševna prilagodljivost, otopelost čustvovanja, upočasnjena motorika in še mnogo drugega.

Simptomatika **akutne višinske bolezni** se kaže zlasti v **povečanem možganskem pritisku**, ki je posledica otekanja možganov v trdi lobanji. Če ima kdo – tako kot avtor – nekaj težav pri uporabi sploščenih možganskih vijug za varno upravljanje letala, bi ga lahko tudi zanimalo, da se zgodnja (nad 2500 m) višinska bolezen pojavi pri približno četrtini gornikov, tudi pri mladih, atletskih, dobro treniranih, popolnoma zdravih osebah in to le zato, ker pri njih pospešitev dihanja z višino (hipoksični ventilacijski odgovor) ni zadostna ali celo popolnoma izostane. Piloti pri tem seveda niso izvzeti.

Značilen primer iz pretekle letalske prakse, torej pred uporabo EDS: po nekem deset-in-pol urnem preletu v Alpah iz Muenstra, pri čemer glede na doseženo višino ni bilo treba upoštevati predpis FAR 91.211, se je avtor po pristanku počutil preslabotnega, da bi se z lastno močjo dvignil iz sedeža ASW-20; takrat si je to tolmačil s pomanjkanjem telesne kondicije ali znižanim sladkorjem, danes pa ve, da gre za hipoksično »fluidizirane« celične membrane mišic.

Logične so vzporednice z bolečimi mišicami zmajarjev in jadrlnih padalcev po daljših preletih; tu so, ne glede to, ali je vzrok celične hipoksije redok zrak, mraz ali hiperventilacija ali kar vse troje. Avtor je v bolnici zdravil izkušeno padalko s hudim zlomom gležnja, ki se ni mogla odreči skoku kljub začetnim znakom hiperventilacije (mravljinčavost, predorski vid).

Pravzaprav so jadrlni piloti pri letenju v Alpah idealni kandidati za **akutno višinsko bolezen** zaradi oviranega dihanja kot posledica tesno pritegnjenih sedežnih vezi, hitrega pridobivanja višine in večurnega letenja brez zaužitja predpisanega dodatnega kisika. Poizvedbe med jadranci pa kažejo, da je njihova bolezenska slika izjemna, saj v nasprotju s tisto pri alpinistih poteka največkrat **splavljeno** in **predklinično**. Prizadeti pilot namreč v primeru neugodja pri letenju predčasno konča let oziroma zvečer itak pristane na letališču v dolini, medtem ko alpinist prenoči v planinski koči ali pa ga je v hujših primerih treba prepeljati v dolino. Pri akutni višinski bolezni je zanimivo, da se njeni simptomi skoraj ne odzivajo na dodajanje kisika, medtem ko spust za nekaj sto metrov višine ali rekompresija v napihljivi vreči pokažeta učinke šele po nekaj urah. To je ponovno možno pojasniti s **hipoksičnim skladiščenjem vode** v celičnih membranah in v notranjosti celic, pri čemer postane vodni film ovira za razpršitev kisika.

## 2. Začasna izguba višjih funkcij možganske skorje

**"Blaga hipoksija (začne se na višini 8000 ft oz. 2438 m)  
lahko poslabša sprejemanje novih nalog in sposobnost izvajanja zahtevnih nalog"**  
(Ernesting 1962, Denison 1966, Ledwith 1970)

**"Delayed situation awareness"** ("**Zapoznelo situacijsko zavedanja**") pomeni pozno zaznavanje zlasti počasi potekajočih sprememb in se izrazi v neprevidnem vstopanju v vremenske in reliefne pasti, iz katerih se lahko poten rešimo le z uporabo celotnega letalskega znanja, dokler je to pri hipoksičnih možganih sploh še možno ...

Značilna situacija med letom je **pozno zaznavanje** večernega mračenja, poslabšanja vremena, postopnega zmanjševanja višine, izgubljanja sposobnosti v širšem smislu (odstopanje od zadane povprečne hitrosti), praznjenja rezervoarjev z gorivom, odstopanja od idealnega kursa, pa tudi napačne ocene vodoravnih in navpičnih odmikov od oblakov, itd.

**"Low level of suspicion"** ("**Nizka raven nezaupanja**") pomeni umišljeno **dobrovernost**, da se bo vse že nekako dobro izšlo ...ali **odsotnost suma**, da v naslednji fazi leta lahko nekaj ne bo v redu, bodisi v zvezi z navigacijo, dihanjem na večji višini, radijsko komunikacijo ali pa s prikazi inštrumentov.



**"Target fixation" ("Vztrajanje pri cilju")** pomeni odpovedovanje drugim možnostim od prvotno izbranih (npr. let do ciljnega letališča ali obratne točke), pri katerih se trmasto vztraja tudi še potem, ko že dolgo ni več pogojev za njihovo doseganje (npr. potrebna višina ali poraba goriva). Ta pojem o omejenem pogledu na cilj izhaja iz raziskav stresa, vendar so hormonski vzroki (razpršitev adrenalina, zožitev možganskih žil) celične hipoksije popolnoma enaki kot tisti pri stresu in pomanjkanju spanja.

Na tem področju so bile spoznane odločitve in izvajani ukrepi med letenjem, ki seveda kasneje na tleh niso ponovljivi. Obstajajo številne vzporednice z občutki alkoholiziranosti, za te izkušnje pa človeku ni treba ravnati v raziskovalni laboratorij! S celično hipoksijo možganske skorje je tudi možno pojasniti, zakaj v nekaterih fazah leta nenadoma ne moremo uporabiti predhodno pridobljenega znanja, zakaj so piloti v napetih razmerah popolnoma brez idej ali pa morajo uporabiti kibernetični miselni vzorec (opomnik) za zadeve, ki jih sicer rešujejo z usposobljenostjo in intuicijo. Če bi lahko po letalski nesreči z laboratorijsko analizo ugotovili pomanjkanje kisika v celicah (podobno kot prisotnost alkohola, mamil ali ogljikovega monoksida), bi uradni preiskovalci nesreč drugače določali vzroke nesreč. Takrat bi bila edina "napaka pilota" to, da svojim možganom ni pravočasno zagotovil dovolj dodatnega kisika.

**»You feel great – until it's too late!"  
»Počutiš se krasno – dokler ni prepozno!«**

V angleščini z **»insidious onset«** (zahrbtnen začetek bolezni) označujejo **zahrbtnen pojav hipoksije**, ki onemogoča razsodnost, ko je ta potrebna; zato je človek niti ni sposoben presoditi, kdaj bi moral vzeti kisik. Še višje pa pilot niti ne opazi svojih pomodrelih nohtov, saj ne razlikuje več barv.

Pojem **»višinska pijanost«** je sicer uporabljen za brezvoljnost, popolno nemoč ukrepanja na višini nad 18000 ft (5486 m). Neka **brezskrbnost ali samozadovoljstvo** pa se lahko pojavi že na manjši višini. To se kaže kot površna uporaba navigacijske karte (**»splošna smer je kar v redu!«**), v optimističnem tolmačenju odčitanih podatkov inštrumentov (**»ta višina bo kar zadoščala«**), opustitvi posredovanja aktualnih, za let pomembnih informacij (sporočanje kontrolorju letenja značilne psihične ovire) ali napačnem preverjanju in predelavi teh informacij, ko to ni potrebno.

Pri tem si pilot subjektivno domišlja, da je na svoji "peak level of competence" ("najvišji ravni sposobnosti"), čeprav to po analizi leta objektivno ni vedno možno potrditi. Hitreje kot bi si sicer želeli se namreč poslovijo višje možganske funkcije, kot so sposobnost presoje, analitično razmišljanje, izvajanje zahtevnejših postopkov (učinkovit način letenja, taktika na tekmovanjih, upoštevanje drugih konkurentov in sprejemanje novih informacij).

### **3. Vid in zaznavanje pri rahli hipoksiji**

Subjektivno zaznavno je najprej le **sklenje v očeh**, pri čemer pa ni jasno, če je to posledica vnetja očesne roženice zaradi **vpijanja ultravijolične svetlobe** (karatitis solaris) ali platenja roženice zaradi **hipoksičnega skladiščenja vode**. Objektivno je možno ugotoviti **upočasnjeno prilagajanje menjavi svetlobe in teme ter občutljivost na slepečo svetlobo**, kar je povezano z oteklimi mišičnimi celicami šarenice in zakasnelo obnovo očesnega škrlata. Temu se pridružuje **upočasnjeno zaznavanje, izostritev in spoznavanje predmetov** in začasna **izguba ostrine vida**, čemur se jadranci v Alpah po približno šestih urah letenja skoraj ne morejo izogniti. Končno je tu še neopazno **zoženje vidnega polja**, torej lahko govorimo o **»predorskem vidu«**, ker palične celice periferne mrežnice najbolje sprejemajo kisik med celicami živčnega sistema; to je zlasti pomembno za črno-beli kontrastni vid, zaznavanje perifernega gibanja in za nočni vid. Za opažanje predmeta in barvni vid se mora gibajoči predmet najprej odslikati na rumeni pegi mrežnice, kjer

prevladujejo manj občutljivi čepki (sprejemniki svetlobe). Za izostritev vida potrebujejo hipoksično otekle očesne mišice izven zrkla **daljši čas**.



*Prerez človeškega očesa*

Ko smo že pri funkciji vida na večji višini: ali ste že opazili, da jadralec – celo izrazito dobro »preskrbljen« s kisikom – zaman išče ali šele v zadnjem trenutku zagleda drugo belo jadralno letalo visoko zgoraj na modrem nebu? To ni le še ena posledica pomanjkanja kisika, temveč je tudi povezano z mirujočo goriščno razdaljo očesa (»empty field myopia«), ki znaša približno 6 m. pilot ne sme preprosto »buljiti« v nebo brez oblakov, da bi zagledal drugo letalo, temveč mora nebo sistematično »skenirati«. Če bi imela vsa jadralna letala temno obarvano spodnjo stran, bi se prav gotovo izboljšalo njihovo opažanje v perifernem vidnem polju.

**Ali lahko vse navedene probleme odpravi zgodnje dovajanje kisika, npr z EDS-D1?**



*EDS-D1*

Odgovor je: da, saj tako niso potrebni dihalni izravnalni mehanizmi z njihovimi stranskimi učinki. Načeloma omogočajo zgodnje dodajanje kisika vse naprave, vendar je za dosledno izvajanje **primerna le EDS-D1** s svojo »**pulse demand technology**« (tehnologijo z upoštevanjem srčnega utripa), ki zagotavlja varčevanje s kisikom. Že dolgo so znane **naprave »diluter demand«** (razredčena potreba) v odprtem sistemu, ki nudijo bogato mešanico, vendar brez recikliranja izdihanega zraka. Tudi **naprave »constant flow«** (stalni tok) upravičujejo svoj obstoj, čeprav je treba za vsako višino ročno nastavljati potrebni pretok

kisika. Za odpravo druge pomanjkljivosti, ki jo predstavlja izguba dveh tretjin kisika med izdihavanjem, lahko uporabimo nosne cevke »oxymizer« (z rezervoarjem), ki ujamejo tok O<sub>2</sub> med izdihom; za to je potreben poseben merilec pretoka (rotameter), ki nima oznak za pretok v l/min, temveč za višino v ft in m. Obe napravi sta kljub veliki porabi kisika varni do višine 33000 ft (10058 m). Polna jeklenka 3,8 l z 200 bar zadošča z napravo »diluter demand« za 45 do 150 minut, odvisno od višine letenja in teže pilota.

Jadralci so na dolgih preletih v Alpah soočeni z logističnim problemom, saj lahko vzamejo v letalo ob vsak sedež le eno jeklenko s kisikom. Avtor ne pozna nobenega jadralskega pilota, ki bi dosledno uporabljal zgodnje dovajanje kisika z napravo »diluter demand«.

Na srečo je že deset let na razpolago EDS-D1, ki s svojo »pulse demand technology« pri nastavitvi D5 = 5000 ft (1524 m) med 6-urnim letom iz jeklenke s 3,0 l kisika porabi le približno 40 barov; to ustreza 120 l na morski gladini ali dvojni prostornini na 5500 m.

Po osmih letalskih sezonah še vedno traja navdušenje avtorja nad to dobro premišljeno, priročno in varčno napravo »flow divider« (uravnalec pretoka), čeprav doslej niso opravljene nobene podrobne raziskave glede uporabe pri preletih v Alpah. »FAA approved« (odobrene s strani FAA) so namreč le tiste količine kisika, zagotovljene s »pulse demand technology«, ki ustrezajo desetletja staremu predpisu FAA za naprave »constant flow«, ki določa 1 l/min kisika na vsakih 10000 ft (3048 m) višine.

Vzporedno z nadaljnjo razširjenostjo EDS-D1 bo treba v alpskih jadralskih centrih nujno prilagoditi infrastrukturo za polnjenje jeklenk s kisikom ali pa bodo morali udeleženci preletov spremeniti sedanjo opremo z le eno jeklenko v letalu. Kot prispevek za dopolnitev navodil za uporabo EDS-D1 velja po izkušnjah avtorja posebej poudariti naslednje tri točke:

### **1. Nosne cevke ali »full face mask« (obrazna maska) nad 18000 ft?**

FAA celo predpisuje, da je nad 18000 ft (5486 m) treba zamenjati nosne cevke z obrazno masko. Ali morda piloti nad to višino nenadoma ne morejo dovolj globoko dihati skozi nos? Žal ima EDS-D1 priložen model maske – ta je v bolnicah običajno cenen množičen izdelek – ki ni ravno najboljša, ni dovolj tesna in skupaj s sicer velikim »mrtvim« prostorom onemogoča **potrebno zgodnje uravnavanje pulza dotoka kisika** ter njegovo razredčenje v maski pred vdihavanjem. Ta pomembna pomanjkljivost se pri uporabi nosnih cevk ne pojavi. Taka opozorila sta avtorju sporočila iz Patagonije dva pilota, ki sta za zagotovitev zadostnega kisika v maski morala podaljšati trajanje dovajanja s preklopom na položaj F-20, kar je poslabšalo ekonomijo porabe kisika. Če še upoštevamo, da je FL 195 skrajna dovoljena višina za VFR letenje, je treba odsvetovati tvegano zamenjavo nosnih cevk z masko na FL 180, saj EDS-D1 deluje bolj učinkovito s cevkami kot s katerokoli masko, seveda ob zagotovljeno globokem vdihavanju skozi nos. Zato avtor tudi na večjih višinah ohrani z EDS-D1 povezane nosne cevke in preko njih potegne modificirano tesno pilotsko masko.

### **2. Skrajšajte dovodne cevi v kabini na potrebno dolžino!**

Elektronsko omejevanje trajanja pulza dovajanja kisika ustrezno pritisku na višini temelji na pretoku kisika v nosnih cevkah s približno 15 l/min. Predolga napeljava – bodisi od reducirnega ventila do EDS-D1 ali od tega do nosnih cevk – zavira pretok skladno z znanimi fizikalnimi zakoni; tega EDS-D1 ne more elektronsko kompenzirati in treba je ročno podaljšati trajanje pulza z nastavitvijo F.

### **3. Potrebna je posebna tehnika dihanja!**

Za največji učinek je treba na začetku vsakega vdiha z nastavljenim pulzom kisika globoko vsrkati skozi nos. Za to je potrebno namerno nenaravno globoko vdihavanje, ki pri ukvarjanju s kakšnim drugim problemom takoj preide v samodejno, nezavedno in plitvo spontano

dihanje. Nihče, torej tudi noben pilot, namreč ne more istočasno izvajati več kot tri aktivnosti; poleg upravljanja letala in zavestno globokega dihanja je torej prostor le še za eno dejavnost!

Kdor torej pozna svoj EDS-D1 in ga uporablja z nastavitvijo N ali D5 od vzleta do pristanka, bodisi pri jadraniu v Alpah, njihovem preletu z balonom ali na panoramskem letu, ni le varen pred prikrito prizadetostjo in napačnimi odločitvami, temveč lahko uživa v letenju in se je s svojim neprizadetim vidom vedno sposoben izogniti trčenju v zraku.

Ob vsem zapisanem se avtor zaveda nekaterih pomislekov letalske družine. Vendar dokler nas včasih le delčki sekunde ločijo od »near miss« (bližnjega srečanja) upa, da bo s tem zapisom prispeval k nadaljnji uveljavitvi **koncepta ničelne hipoksije**, seveda kot lasten pogled namesto uradno predpisanega.

---

### Dodatna literatura:

1. Ward, Milledge and West: High Altitude Medicine and Physiology. Second edition 1995; Chapman & Hall Medical, New York.
2. Temeljne povezave: <http://www.dr-amy.com/rich/oxygen/>  
<http://www.avweb.com/news/aeromed/181934-1.html>
3. EDS-D1: [www.mhoxxygen.com](http://www.mhoxxygen.com) / [www.ontopag.ch](http://www.ontopag.ch)  
[www.mountain-wave-project.de](http://www.mountain-wave-project.de)

### Za izmenjavo informacij in mnenja:

[heini.schaffner@bluewin.ch](mailto:heini.schaffner@bluewin.ch)

+ 41 79 240 7002

---

### PREVOD IN OBRAZLOŽITEV NEKATERIH OKRAJŠAV

E(O<sub>2</sub>)DS Electronic (Oxygen) Delivery System / *elektronska naprava za oskrbo s kisikom*

BAZL Bundesamt fuer Zivillufffahrt / *Zvezna uprava za civilno letalstvo Švice*

FVS Flugverband der Schweiz / *Letalska zveza Švice*

AFG Akademische Fluggruppe / *Akademski letalski skupina*

SFG, GVVN Segelfluggruppe, Gruppo Volo a Vela, Groupe de vol a voile / *Jadralski skupina*

FAA Federal Aviation Administration / *Zvezna uprava za letalstvo ZDA*

FAR Federal Aviation Regulations / *Zvezni letalski predpisi ZDA*

---

*Prevod iz nemščine: Miha Kos, Ljubljana, julij 2008*