

# Stlačení plic: Vykašlat si plíce, nebo ne...toť otázka!

## Úvod:

„Stlačení plic“ je stav vyskytující se prakticky pouze při potápění se zadržným dechem. Scuba potápěči o něm většinou nikdy ani neslyšeli a bohužel je tento stav neznámý i většině lékařů. O tomto málo známém, špatně definovaném a ne zcela pochopeném jevu existuje řada bádchorek. Tak se do tohoto tématu nyní „hluboce ponořme“ a doufejme, že si tím nepřivodíme navíc ještě „stlačení mozku“!

## Definice:

„Stlačení plic“ je někdy také známé pod pojmem stlačení hrudníku nebo, formálněji, pod názvem *sestupové pulmonální barotrauma (pulmonary barotrauma of descent, barotrauma plic z podtlaku, označované zkratkou PBT, jak budeme tento stav nazývat v celém článku)*.

PBT tedy znamená: *Poranění nebo poškození plic, ke kterému došlo během potápění se zadržným dechem následkem účinků zvýšeného tlaku okolního prostředí na uzavřené plicní prostory naplněné plynem.*

Tento popis a definice odkazuje na situaci, která nastává v plicích z důvodu zvýšeného okolního tlaku během sestupu. Někteří odborníci považují za součást širšího pojetí PBT i stlačení průdušnice.

Za použití této nedokonalé definice uvažujme nyní o tom, jak ovlivňuje zvýšený okolní tlak uzavřené plicní prostory naplněné plynem.

## Fyzika a fyziologie:

Pro lepší pochopení PBT si musíme zopakovat něco z fyziky a fyziologie.

Za prvé – Boyleův zákon: „Objem plynu je za stálé teploty nepřímo úměrný jeho tlaku.“

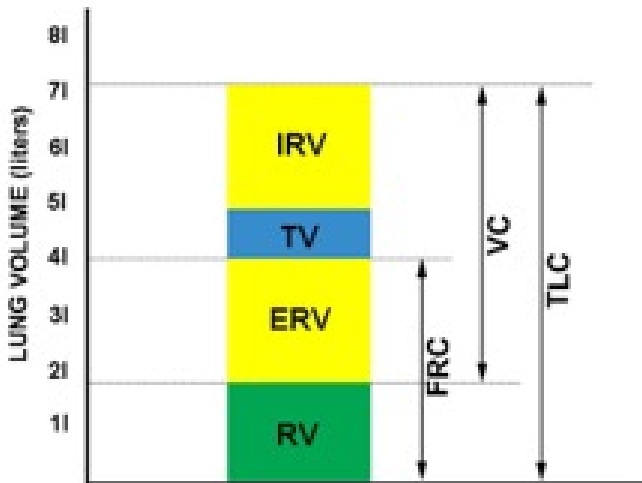
Podle tohoto zákona se objem plynu v uzavřeném systému snižuje, jestliže se zvyšuje okolní tlak a naopak. Při potápění se zadržným dechem plíce představují uzavřený systém naplněný plynem, přičemž se při sestupu pod vodu zvyšuje okolní tlak způsobený hydrostatickým tlakem okolní vody. Na každých 10 metrů mořské vody (metres of seawater, MSW) se zvyšuje tlak o 1 atmosféru (ATM). Je třeba si uvědomit, že objem se při rostoucím tlaku snižuje podle exponenciální křivky, jak to znázorňuje níže uvedená tabulka 1:

Hloubk	ATM/BAR (atmosféry tlaku)	Objem plic	Koeficient objemu
0 m	1	8 l	1
10 m	2	4 l	1/2
20 m	3	2.66 l	1/3
30 m	4	2 l	1/4

Tab. 1

Za druhé: Je potřeba znát některé základní skutečnosti o objemu plic. Celková kapacita plic (TLC) muže vysokého 1,7 metru a vážícího 70 kg činí zhruba 7 litrů. Když se obsah plic vyprázdní na absolutní minimum, zůstane v plicích tzv. zbytkový (reziduální) objem (RV). Ostatní objemy již nejsou pro téma tohoto článku důležité a uvádějí se zde spíše z referenčních důvodů.

Níže uvedený obrázek 2 ukazuje objem plic a jejich částí u potápeče zabývajícího se potápěním se zadržným dechem.



Tab. 2

**TLC = celková kapacita plic**

**VC = vitální kapacita**

**FRC = funkční zbytková (reziduální) kapacita**

**RV = zbytkový (reziduální) objem**

**ERV = expirační rezervní objem**

**IRV = inspirační rezervní objem**

**TV = dechový objem**

Původně se předpokládalo, že zbytkový objem (RV) představuje minimální objem, který mohou plíce obsahovat, než začne docházet k jejich mechanickému poškození. Jinými slovy, potápění do hloubek se zadržným dechem by mělo být bezpečné jen potud, dokud stlačení (komprese) plic nezpůsobí větší snížení jejich objemu, než činí zbytkový objem. RV představuje obvykle 20 až 25% celkového objemu plic po plném nádechu. Podle Boyleova zákona by se dosáhlo RV přibližně v hloubce 35 až 45 metrů mořské vody (tj. při tlaku 4,5 až 5,5 atmosféry), což by měla být mezní hranice potápění se zadržným dechem. Tak tomu však není, neboť v současné době hloubkové rekordy při volném potápění překračují hodnoty 200 metrů mořské vody. Tato skutečnost napomohla k objevu dalších fyziologických mechanismů, které

zde hrají rovněž důležitou roli. Kromě částečného kolapsu samotné hrudní dutiny patří v těchto situacích k dalším důležitým mechanismům i hromadění krve z okolních tkání v hrudi. Tento mechanismus umožňuje akumulaci až 1,5 litru krve v krevních cévách uvnitř hrudníku.

V zásadě platí, že hromaděním krve v hrudníku se vyrovnává další nárůst tlaku poté, kdy bylo dosaženo RV, což vlastně RV snižuje a umožňuje bezpečné ponory do větších hloubek. Tento mechanismus však zvyšuje tlak v plicním řečišti i v plicních vlásečnicích s rizikem následného protržení a krvácení.

V praxi tyto mechanismy umožňují, aby se plíce špičkově trénovaných potápěčů stlačily až na 5% celkové kapacity. A tím se nabízí i otázka, zdali tato hodnota (tj. 5% celkové kapacity plic) již znamená absolutní hranici pro sportovce praktikující potápění se zadržným dechem. Není zvláštností, že tito sportovci po vynoření vykašlávají krev a jejich výkonům se přiblíží jen málokdo!

### **Příznaky a projevy:**

I když se může zdát, že PBT se týká pouze ponorů do velkých hloubek, existují i zprávy popisující výskyt PBT při ponorech do mírných hloubek – zpravidla při opakovaných ponorech s krátkými přestávkami na hladině, přičemž stačí, aby se takové ponory uskutečnily do hloubky pouhých 4 metrů mořské vody. Možná zde hraje roli kromě komprese více faktorů. Je dobře známo, že v plicích se může shromažďovat tekutina také pobytem těla ve vodě. Stačí ponoření těla pod vodu s hlavou nad hladinou, nebo plavání na hladině. Při rozvoji PBT hrají u každého jednotlivce důležitou roli také anatomické, fyziologické i patologické předpoklady, které se navíc mohou den ode dne mírně měnit.

Rozhodně ne všechny případy PBT jsou rozpoznány. Některé příznaky jsou jen přechodné, další se mohou zaměnit s příznaky typickými pro jiná onemocnění, jakými jsou chřipka nebo zápal plic. O PBT se jedná, jestliže se dostaví následující příznaky (tj. potíže) a projevy (tj. skutečně prokazatelné abnormality):

Příznaky: bolesti hrudníku, krátký dech, pocit vody v plicích, kašel, únava, pocit stlačení nebo svírání hrudníku při sestupu pod vodu, závrať, nucení ke zvracení (nauzea), slabost, brnění a změny citlivosti kůže (parestézie), malátnost.

Projevy: zrychlené dýchání, vykašlávání jasně červené krve, vykašlávání zpěněné krve, zvracení, dechová tíseň, ztráta orientace, ztráta vědomí, neurologické výpadky, kardiopulmonální (srdeční) zástava, smrt.

Z dlouhého seznamu příznaků a projevů je patrné, že PBT může dosahovat intenzity od mírného podráždění až po stav končící smrtí. Co se týče délky, může se jednat o velmi krátkou příhodu, ale i několikaměsíční problém. Tento stav se může také opakovat a rovněž vyvstává otázka možného trvalého poškození.

### **Jak se takovému stavu vyhnout nebo jej alespoň zmírnit:**

Aktivní účastníci soutěží v potápění se zadržným dechem i lidé, kteří pouze tráví hodně času ve vodě, by měli zvážit dodržování následujících rad, aby se vyhnuli PBT:

- Udržujte se v dobré kondici, obzvláště co se týče dýchací soustavy.
- Vytvořte si toleranci na CO<sub>2</sub>, abyste snižovali impulzy k dýchání a kontrakce (stahy) plic. Tyto kontrakce se projevují jako samovolné lapavé vdechy směřující proti uzavřené hlasivkové štěrbině nebo do uzavřených úst a dochází k nim u potápěčů se zadržným dechem, jakmile dojde k dosažení určité hranice CO<sub>2</sub> v krvi, která dráždí dechové centrum a vyvolává snahu dýchat.

- Rozcvičte se, abyste snížili kontrakce, ke kterým dojde v hloubce.
- V hloubce se vyhněte natahování rukou a krku. Neprovádějte žádné divoké pohyby.
- Posilujte a procvičujte pružnost hrudního koše.
- Potápějte se jen do hloubek, na které si bezpečně věříte a vyhněte se jakémoliv panice.
- Začněte se vracet dříve, než u vás začne docházet k dechovým impulsům v hloubce.
- Při tréninku na sestupy do hloubek stupňujte výkony pomalu.
- Neprovádějte hluboké ponory bezprostředně po dlouhém cestování, zvláště v případech, kdy jste překročili několik časových pásem a pociťujete jet lag (pásmovou nemoc). Počkejte, až se plně adaptujete na nové prostředí.
- Osvojte si techniky relaxace v průběhu potápění do hloubky a soustředte se především na uvolňování tlaku v oblasti hrudníku.
- Naučte se Frenzelovu techniku vyrovnávání tlaku, neboť ta je mírnější a využívá méně vzduchu.
- Jestliže se u vás rozvinulo PBT, následný den se nepotápějte, neboť byste se vystavili nebezpečí, že dojde k opětovnému PBT i v menší hloubce.
- Začnete-li během ponoru pociťovat příznaky podobné předchozímu PBT, okamžitě ponor ukončete...
- Pravidelně trénujte svůj organismus pro hlubkové ponory i v době mimo sezónu.
- Začněte vydechovat těsně pod hladinou. Zaměřte se na to i při tréninku.

### **Jak postupovat při PBT:**

Postup při PBT se řídí základními pravidly platnými pro řešení tíšňových zdravotních situací, přičemž rozsah péče záleží na úvodních klinických příznacích a rozsahu vzniklého zdravotního problému.

Logický postup by měl vypadat asi takto:

- Ukončete potápění a zajistěte bezpečnost postiženého potápěče.
- Postižený potápěč by měl ukončit jakoukoliv fyzickou činnost a jeho kolega potápěč by mu měl pomoci s vyvážením (vzplývavostí) a dopravit jej na místo, kde je možné vynoření.
- Nechte postiženého potápěče odpočívat a zajistěte mu pohodlí.
- Pokud je to možné, dejte postiženému dýchat stoprocentní kyslík.
- Pomozte mu se napít (pokud to umožňuje stav jeho dýchacích cest a je při plném vědomí), ale vyhněte se alkoholu.
- Zajistěte rychlou zdravotní pomoc, v rámci možností při místní dostupnosti a stavu odbornosti. Doporučujeme použít horkou telefonní linku DAN, kde se vám dostane důležité pomoci a doporučení ohledně zajišťování zdravotních služeb. V DAN budou navíc rozumět, o co se jedná, neboť tam „mluví jazykem potápěčů“.
- Co nejdříve vyhledejte rady lékaře, pokud možno odborníka na potápění.
- Měl by následovat nejméně dvoutýdenní odpočinek od jakéhokoliv potápění, způsobilost k dalšímu potápění by měl stanovit lékař, který je odborníkem na potápění.
- Pečlivé plánování následných ponorů je lepší než následná snaha dohnat zameškané.

### **Závěr:**

Mezi potápěči praktikujícími potápění se zadržným dechem je PBT trochu záhadný a velmi diskutovaný problém. Plné porozumění této problematice vyžaduje další výzkum, ale již nyní jsou známy různé způsoby, jak se PBT vyhnout nebo jej alespoň zmírnit. Zda jsme již narazili na absolutní hloubku, do které se lze ponořit se zadržným dechem není jasné. Dnešní hranice bývají budoucí vítězné trofeje. Zatím se však

potápějte bezpečně, abyste si potápění mohli užít.