

Jev ‚P‘

"James Crook z Long Acre trpěl vodnatelností a žlučovitostí, měl třesavku, revma a stálé bolesti zad. Po třech ponorech se otok jeho nohou zmenšil, taktéž bolesti zad a žlučovitost, z nosu smrkal hodně odporného žlutého hnisu. Z množství a síly jeho proudu můžeme říci, že toho vymočil více než vypil."

A. Sutherland, 1764

Co se to vlastně děje?

Když se potápíte, plavete nebo se jen ponoříte do vany, musíte "si odskočit". Tomuto zvýšenému výdeji moči se říká "jev P", jinak také ponorná diuréza. Obvykle se to vysvětluje tím, že voda při ponoru vytlačuje krev z nohou do hrudníku. Srdce tento nárůst registruje a aby se vyšší objem tekutiny v hrudníku "normalizoval", vydá signál tělu, aby se nějakého množství tekutiny zbavilo.

Ale posun tekutiny z nohou na vysvětlení tohoto jevu nestačí. Při výzkumu porovnávajícím jedince bez obou nohou (po amputaci) s jedinci bez amputace se zjistilo, že objem nohou přispívá jen částečně. Dá se to také dokázat stojem na hlavě nebo ležením na zádech s nohama ve zvýšené poloze. Krev se z nohou přesouvá, ale bez průvodní diurézy. Co se tedy vlastně děje?

Mechanické faktory

Poloha. Když se ponoříte do vody až po krk, nastává silnější diuréza, než když jste ve vodě jen po pás. Někdo se mylně domnívá, že když tlak stoupá s hloubkou, tak vyšší tlak vody na nohy než na horní část těla vytlačuje krev směrem vzhůru.

Ale k diuréze dochází, i když je člověk ve vodě v horizontální poloze, jakož i během mikropřitažlivosti při vesmírném letu, což jsou dvě situace, kdy na hlavu a nohy působí naprosto stejný tlak. A diuréza nastává i pod vodou v poloze vzhůru nohama, kde je (hydrostatický) rozdíl tlaku dokonce opačný. A krev není vytlačována do nohou. Čím je to tedy způsobeno?

Přitažlivost. Když ležíte ve vodorovné poloze na souši, je krevní tlak v pažích a nohou víceméně stejný. Když se však postavíte, zvýší se tlak v nohou následkem váhy krve v horní části krevního řečiště. V nohách se zadržuje o něco více krve následkem přitažlivosti a také proto, že žíly (spíše než cévy) se roztahují a pojmají krev více. Díky tomu se dostává méně krve do srdce.

Když se ponoříte do vody, účinky na objem krve jsou kvůli vzplývavosti/vznosnoti téměř přesně opačné. Toto vyrovnávání tlaku (ale ne stlačování vodou) zvyšuje objem krve v hrudníku a také diurézu. Ve vesmíru je tah přitažlivost slabý a tato skutečnost – stejně jako vzplývavost ve vodě – působí na krevní tlak opačně. Ve vesmíru se krev v nohách nehromadí. Astronauté a vědci z řídicího střediska kosmických letů používají pro tento přesun vyššího objemu tekutin směrem k hlavě během letu do vesmíru speciální termín – "efekt tlusté tváře a kuřecích nohou".

Negativní tlak. Když jste až po krk ve vodě, je tlak vzduchu v ústech nižší než tlak vody na hrudník. V takovém případě je k vdechování potřeba určitého úsilí, asi jako při pití brčkem. Dýchání proti tomuto nižšímu tlaku se říká dýchání při negativním tlaku. Přitom se děje několik věcí. Patří k nim také malé množství krve "vtahované" do hrudníku a slabá (někdy žádná) diuréza. Pod vodou dodává přístrojový regulátor vzduch téměř o stejném tlaku, jaký má okolní voda a nezáleží na tom, je-li potápeč hlavou vzhůru nebo dolů. Ale k určitým rozdílům zde přesto dochází, přičemž se dýchání stále mění, a sice z dýchání při mírně negativním tlaku v dýchání při mírně pozitivním tlaku a naopak – což nepravidelně posouvá objem

krve jedním či druhým směrem.

Chemické faktory

Soustředování krve do středu těla během ponoru stimuluje tělo k uvolňování zajímavých chemických látek, které způsobují a regulují diurézu, vyměšování sodíku (tomu se říká natriuréza) a potaše (odborný termín: kaliuréza). Jednou z hlavních chemických látek, která řídí výdej tekutin, je hormon vazopresin. Jednou z funkcí vazopresinu je snižovat množství výdeje moči. Vazopresinu se také běžně říká antidiuretický hormon (ADH). ADH je pro život důležitý, zajišťuje totiž, aby člověk tzv. "nevysychal". Potápění účinky tohoto hormonu potlačuje. Výdej moči se zvyšuje, alespoň dočasně. Další známý způsob, jakým se potlačuje účinek ADH, je příjem silného alkoholu.

Ještě důležitější chemickou látkou při jevu "P" je ANF. Když se při ponoru zvyšuje objem krve směrem do středu těla, horní komory srdce (atrie) se kvůli tomuto vyššímu objemu krve roztahují. Aby se vyšší objem krve snížil, vylučují buňky atrií látku, která zvyšuje diurézu, potlačuje žízeň, zvyšuje natriurézu a uvolňuje celou řadu chemických látek pro dosažení původní rovnováhy. Protože k vylučování dochází v atriích a je hlavním faktorem při natriuréze, říká se tomuto jevu atriální natriuretický faktor, neboli ANF. ANF je zvláštní druh bílkovinné molekuly známé jako peptid (někdy se jí říká atriální natriuretický peptid = ANP).

Faktory okolního prostředí

Diuréza je vyšší během dne než v noci, což člověku napomáhá v noci se vyspat (to platí i pro potápění ve dne nebo v noci). Slaná voda, která má větší hustotu než vnitrozemská voda, mírně zvyšuje vzplývavost/vznosnot a také diuretický účinek posunu kapaliny. To jsou ale méně důležité faktory.

Při studeném ponoru se žíly i cévy v končetinách stahují, aby se snížila ztráta tepla. Krev se přesouvá do středu těla a člověk cítí naléhavou potřebu. V teplé a horké vodě (např. ve vaně s teplou vodou) k takové diuréze nedochází, ale přesto existuje i tam, a sice až do doby, kdy se tělo dostatečně zahřeje a krevní řečiště přesouvá krev z centra do končetin, aby se snížila teplota. Chlad je tak důležitým faktorem, že jeho účinek člověk pocítí okamžitě např. při vstupu pod studenou sprchu bez jakéhokoliv potápění.

Osobní faktory

Fyzická cvičení snižují diurézi prostřednictvím celé řady reakcí. K silnější a rychlejší diurézi dochází u starších lidí (ve věku od 62 do 74 let) oproti mladší generaci (21 až 28 let), což je experimentálně prokázáno - je tomu tak i při stejné hloubce ponoru a dokonce i při stejném přesunu krve do středu těla. Také při strachu, úzkosti a emočním napětí se vysílají další nervové signály do ledvin, což má za následek silnější diurézi.

Neznámé faktory

I když se diuréza nemění s hloubkou, zvyšuje se v suchých hyperbarických komorách při pokusech na hlubokou saturaci. Neví se přesně, proč k tomu dochází, ale možná to je způsobeno vyšším tlakem i hustotou plynů a nižší ztrátou vody skrze pokožku. Tělo si nachází alternativní způsob, jak se zbavit vody.

Mýtus kolem jevu "P"

Není pravda, že když se vloží ruka spícího člověka do vody (jakékoliv teploty), vyvolá to během spánku jev "P", tedy že si "odskočí".

Shrnutí

Potápění není jedinou příčinou vyšší diurézy, důvodů je více. Souhrn mechanických, nervových, okolních a chemických vlivů řídí a reguluje objem tekutin v těle na základě reakcí na nejrůznější podněty. Na druhou stranu jednoduše platí, "když musíš, tak musíš".