

FRANTIŠEK  
VYSKOČIL

# Proč sůl pálí?

*Proč sůl při aplikaci na poranění pálí? Má to něco společného s osmózou?*

**Dotaz z webu přírodovědci.cz**

Prof. RNDr. František Vyskočil, DrSc., (\*1941) vystudoval Přírodovědeckou fakultu UK v Praze. Ve Fyziologickém ústavu AV ČR, v. v. i., se zabývá neurofyziologií a biofyziikou buněčných membrán. Objevil nekvantové uvolňování neuropřenašečů na synapsích savců. Hirschův index (Vesmír 85, 555, 2006/9) jeho prací je 33. Je členem Učené společnosti ČR a The Physiological Society (Londýn a Cambridge). Na Přírodovědecké fakultě UK v Praze a na Lékařské univerzitě v Kazani přednáší fyziologii živočichů a člověka. V roce 2011 získal čestnou oborovou medaili J. E. Purkyně a na návrh předsedy AV ČR medaili Josefa Hlávky.

## K DALŠÍMU ČTENÍ

Richard Rokyta, Miloslav Kršíak, Jiří Kozák: Bolest. Praha 2012, 747 stran, přepracované a doplněné vydání, Tigris.

Chlorid sodný je hlavní solí v mezibuněčné tekutině a krevní plazmě. Při rozpouštění se zcela rozpadá (disociuje) na ionty sodíku ( $\text{Na}^+$ ) a chloru ( $\text{Cl}^-$ ) a v normální koncentraci (140 mM) jeho přítomnost necítíme. Všechny buňky jsou spokojeny, nervová vlákna a buňky (neurony) odpočívají. Jsou uzavřeny sodíkové kanálky v jejich buněčných membránách, které oddělují vnějšek (hodně  $\text{Na}^+$ ) a vnitřek (málo  $\text{Na}^+$ , zato hodně draselných iontů,  $\text{K}^+$ ). Dojde-li k podráždění nervových vláken nebo smyslových receptorů v kůži,  $\text{Na}^+$  kanálky se otevírají buď mechanicky (receptorový potenciál), nebo depolarizací. Výsledek je, že sodíkové ionty vtrhnou na pár milisekund dovnitř buněk a vzniká akční potenciál, impulz. Rychlostí „velmi pomalého blesku“ 0,5 až 100 metrů za sekundu vedou nervová vlákna tyto impulzy do míchy a mozku, kde vznikají pocity tlaku, hmatu, vibrací, šimrání atd. Nebo bolesti, a to především při silnějších nebo poškozujících vlivech (úder, říznutí, popálení nebo za velkého chladu).

To, jaký pocit vnímáme, záleží částečně na druhu kožních smyslových tělísek a také na množství a frekvenci „morseovky“ impulzů (na informaci), kterou posílají do mozku jednotlivé impulzy nebo různé dlouhé salvy. Některé vysokoprahové „otřlé“ receptory jako Vater-Paciniho tělíska (vypadají jako podlouhlé vícevrstevné cibulky), Merckelovy disky a Meissnerova tělíska za normálních okolností vnímají hmat, tlak, tah a vibrace, ale informace může přerůst do bolestivých vjemů. Podobně reagují Ruffiniho a Krauseho tělíska na chlad a teplo a vnímají také mechanická podráždění (jsou polymodální) a nakonec i bolest. Jak dlouho vydržíme nechat ruku v ledové tříšti? Záhy chlad přeroste v bolest. Se stopkami v ruce se takový pokus jeví jako dobrá hra na zimní večery.

Ta nejjemnější volná nervová zakončení v podkoží vedou jenom bolest, protože mají zvláštní bolestivé senzory (TRP V1, ENaC/ASIC), aktivované třeba pálivým kypsiem. Vnímají také výtok  $\text{K}^+$  z buněk při poškození nebo změně kyselosti. Jejich citlivost zvyšují mediátory zánětu jako prostaglandiny E2 a E1, leukotrieny, histamin, na synapsích působící substance P nebo CGRP (calcitonin gene-related peptid) či kolik jich už na biomedicínských stránkách webu můžeme najít. Ale jsou tam také dva, někdy i tři typy z devíti známých sodných kanálků citli-

vých na depolarizaci, které se otevírají hlavně při silném podráždění nebo poškození.

Když se poraníme, např. se řízeme papírovým okrajem, podráždíme v kůži a škáře tato bolestivá zakončení, která začnou odesílat salvy impulzů do míchy a mozku. Jestli do ranky přijde sůl, skutečně začne působit osmoticky a odebírat vodu z buněk a nervových vláken všech typů. Nastupuje dodatečná chemická depolarizace a otevírá se ještě víc  $\text{Na}^+$  kanálků a vzniká víc impulzů. Ale jak kde. Jeden typ sodíkových kanálků se rychle unaví, druhý (Nav 1.8) „pálí“ déle a třetí (Nav 1.9) se aktivuje dlouhodobě. Z osmoticky zahuštěného vnitřku okolních buněk vytékají ionty  $\text{K}^+$ , jež ještě více dráždí a depolarizují nejen bolestivá zakončení, ale i ostatní receptory, které přejdou také na signalizaci bolesti. A protože je najednou k dispozici nadbytek  $\text{Na}^+$  z přidané soli, sodíkových impulzů na odvodných nervových vláknech přibývá a jejich salvy se ještě víc prodlužují. Poraněná tkáň volá do ústředí „mayday“.

Když je poranění hlubší, bolest se většinou příliš nezvětšuje nebo je dokonce menší. Je to proto, že se poškodí mnoho nervových vláken, kabelů, které sice nemají tolik membránových systémů vnímajících různé bolestivé podněty, ale které přenášejí signály do centra. Samozřejmě úder „do brňavky“, přesněji do ulnárního nervového svazku pod vazivem a kůží blízko loketního kloubu, bolí přímo děsně. Většinou jde o nepoškozující mechanické podráždění vzestupných nervových vláken, vedoucích čítí z předloktí a z velmi citlivé kůže dlaní a prstů. Podobně jako při hlubším poranění ani těžké popáleniny vyšších stupňů (III., IV.) nebolí zdaleka tak intenzivně, protože jsou dostředivá nervová vlákna tepelně poškozena nebo zničena.

Vnímání bolesti je ve středu zájmu neurofyziologů. Když budeme dobře znát receptory, kanálky a kabely (u nás se studují hlavně ve Fyziologickém ústavu AV ČR, v. v. i., ve spolupráci s Přírodovědeckou fakultou UK), můžeme připravit léky, které bolest sice zmírní, ale zachovají její důležitou ochrannou úlohu.

Někdy si lidé do ran sypou sůl úmyslně. Mimo to, že se trénují ve statečném snášení bolesti, rána se vysušuje, tvoří se rychleji strupy, které trochu chrání před infekcí. Ale samotná sůl antiseptická není. Před mikroorganismy nás ochrání jedině v případě, že bychom se chtěli změnit v nasolenou tresku; je to představa jistě zvláštní, ale pak bych prosil také vyudit. ☺