

Tonutí – základní postupy a možnosti prevence

MUDr. Jakub Jonáš, Ph.D.

Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny,

2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole, Praha

Tonutí patří mezi preventabilní úrazy, jež mají zásadní vliv na morbiditu i mortalitu. Důsledkem tonutí může být, kromě smrti jedince, těžké neurologické postižení. Jeho míra závisí na mnoha faktorech, především je ale závislá na dodávce kyslíku do organismu. Pro kvalitu života je tedy stěžejní co nejčasnější zahájení správně prováděné kardiopulmonální resuscitace s cílem obnovit adekvátní dodávku kyslíku.

Klíčová slova: hypoxie, pediatrie, prevence, resuscitace, tonutí, zástava oběhu.

Drowning – basic procedures and ways of prevention

Drowning is among preventable injuries, having a major impact on morbidity as well as mortality. Fatal drowning results in an individual's death; non-fatal drowning may result in severe neurological impairment. Its degree depends on multiple factors, but is particularly dependent on the oxygen supply to the body. In terms of quality of life, it is thus crucial to initiate properly performed cardiopulmonary resuscitation as early as possible in order to restore adequate oxygen supply.

Key words: hypoxia, paediatrics, prevention, resuscitation, drowning, circulatory arrest.

Úvod

Tonutí je úraz, který vzniká ponořením do kapaliny. Dochází při něm k asfyxii a následně k zástavě oběhu. Pokud dojde k úmrtí do 24 hodin od úrazu, hovoříme o utonutí. Jedná se o preventabilní úraz, který je jednou z nejčastějších traumatických příčin úmrtí. Incidence se liší s věkem. Nejvyšší incidence je u dětí mladších čtyř let, u kterých dochází k tonutí v důsledku nedostatečného dozoru dospělých osob. Druhý vrchol incidence je ve věkové skupině patnáct až devatenáct let, kde je tonutí spojeno s vyšší mírou rizikového chování, vč. užívání alkoholu či drog. Ve většině případů se jedná o jedince mužského pohlaví (1–5).

V případech přežití je determinantou kvality života míra neurologického postižení. To je určeno hypoxicko-ischemickými změnami mozkové tkáně a po obnovení srdeční činnosti i mírou ischemicko-reperfučního poškození (1, 2).

Důležitou roli v minimalizaci následků tonutí hraje včasně zahájená a správně prováděná kardiopulmonální resuscitace a následně pak kvalitní neurointenzivní péče. Esenciální je však prevence samotného tonutí, která zahrnuje např. zabránění přístupu k vodě, nutnost trvalého dozoru, či výuku plaveckých dovedností (4, 5).

Prognóza tonutí je obecně dobrá u těch, kteří jsou po tonutí při vědomí. Podobně tomu tak je u tonoucích s poruchou vědomí, či po proběhlé resuscitaci, pokud tonutí trvalo méně než šest minut. Nepříznivý neurologický výsledek lze očekávat u pacientů, kteří tonuli více než 25 minut. Fatální důsledek tonutí lze předpokládat tam, kde byla pozdně zahájena základní resuscitace, nebo pokud nedojde k obnově spontánní srdeční činnosti do 30 minut adekvátně prováděné rozšířené resuscitace (4, 5).

Stručná patofyziologie tonutí

Ponoření do vody vyvolává tzv. potápěčský (či potápěcí) reflex. Jedná se o fyziologickou obrannou reakci, jejímž cílem je zabránit průniku vody do dýchacích cest a snížit spotřebu kyslíku během ponoření těla ve vodě. Dochází při něm k apnoe, bradykardii a periferní vazokonstrikci. Reflex je nejvýraznější u dětí do věku šesti měsíců. U větších dětí a dospělých dochází ke vzniku bradykardie a periferní vazokonstrikce při vědomém zadržení dechu a ponoření do vody. Reflex je zprostředkován oftalmickou porcí *nervus trigeminus*, senzitivní oblast zahrnuje okolí nosu a paranazálních dutin. Aferentace vede do mozkového kmene, efekt je zprostředkován aktivací sympatiku pomocí alfa 1 receptorů (vazokonstrikce) a parasympatiku pomocí M2 receptorů (bradykardie). Efekt reflexu, resp. míra bradykardie, je zesilován chladem, který

MUDr. Jakub Jonáš, Ph.D.

Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny, 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole, Praha, Jakub.Jonas@fnmotol.cz

Cit. zkr: *Pediatr. praxi.* 2023;24(3):151-154

Článek přijat redakcí: 16. 3. 2023

Článek přijat k publikaci: 24. 5. 2023

dále přispívá k rozvoji periferní vazokonstrikce. Ta má za cíl redistribuci krve k životně důležitým orgánům.

Při pokusu o nádech dojde ke kontaktu vody s laryngem, dochází k podráždění senzorických nervových zakončení (*nervus vagus*) a vzniká laryngospasmus (kontrakce svalů laryngu zprostředkovaná cestou *nervus laryngeus recurrens*). Během něj může dojít k napolykání velkého množství vody do žaludku. Dále trvá apnoe, prohlubuje se hypoxie a hyperkapnie, postupně dochází k poruše vědomí. Ve většině případů dojde při progresi hypoxie k uvolnění laryngospasmu, následují hluboké terminální dechy, při nichž dochází k aspiraci vody, včetně aspirace vody napolykané společně s pevnými částicemi jak z vody, tak ze žaludečního obsahu. Aspirace vyvolá bronchospazmy, naruší vrstvu surfaktantu a způsobí tak vznik atelektáz. Zhoršuje se ventilačně-perfuzní nepoměr, snižuje se plicní compliance a zvyšuje se plicní rezistance. Tím dochází k poruše výměny plynů na alveokapilární membráně, rozvíjí se plicní edém a akutní syndrom dechové tísně (ARDS – *Acute Respiratory Distress Syndrome*). Výsledkem je hypoxie, která může zakrátko vyústit v hypoxickou zástavu srdeční činnosti. K poškození surfaktantu a alveokapilární membrány dochází nezávisle na salinitě vody. Rozdíl mezi tonutím ve sladké a slané vodě je spíše teoretický, může se snad projevit až při aspiraci enormního množství vody. Sladké vodě, hypotonické vůči krevní plazmě, je připisován hemodiluční efekt s rozvojem hyponatremie a hemolýzy. Slané vodě naopak efekt hemokoncentrační s rozvojem hypernatremie a hyperkalemie. Avšak pro klinický výsledek neexistují spolehlivá data a navíc je postup při tonutí ve sladké i slané vodě totožný (1–4, 6).

Rozsah hypoxických, ischemických a reperfuzních změn, vznikajících po obnovení srdeční činnosti, je určující pro závažnost poškození mozkové tkáně a tedy i míru výsledného neurologického deficitu. Nejen hypoxie, ale i teplota tělesného jádra a rychlost jeho ochlazení určuje závažnost poškození centrální nervové soustavy (CNS). Hypotermii je připisován neuroprotektivní účinek, kdy při rychlém ochlazení tělesného jádra v ledové vodě dochází ke zpomalení metabolismu mozkové tkáně, která tak dokáže odolávat

déle trvající hypoxii, pokud tato ovšem nepředcházela vzniku hypotermie (3, 6).

Nejzávažnějším důsledkem hypoxie CNS je vznik difuzního mozkového edému, který je podkladem nitrolební hypertenze, jež může vyústit až ve smrt mozku. Nejen CNS, ale i ostatní orgánové systémy jsou vystaveny hypoxii. Výsledkem je pak různá míra multiorgánového poškození až selhání. Příkladem je vznik akutní tubulární nekrózy s projevy renální insuficience. Dále dochází k závažným stavům, které se významně podílí na zhoršení morbidit i mortality tonoucích. Patří sem vznik diseminované intravaskulární koagulopatie, která dále prohlubuje míru orgánového postižení. Rovněž se rozvíjí hemolýza a rhabdomyolýza s následnou hemoglobin a myoglobinurií, jež přispívají k renálnímu selhání. Na zhoršení klinického výsledku má vliv i rozvoj infekce, například při aspiraci kontaminovaného obsahu (1, 2).

Prevenice tonutí

Nelepším způsobem, jak minimalizovat, respektive eliminovat následky tonutí, je tonutí předejít. Dlouhodobý klinický výsledek u pacientů po tonutí je tím horší, čím déle tonuli, s čím delším odkladem byla zahájena neodkladná resuscitace, nebo čím déle trvalo vlastní resuscitační úsilí. Zároveň se na konečném výsledku podílí i předchozí onemocnění tonoucího. Prevence je tedy zaměřená na zabránění kontaktu s vodou (resp. s místem, kde může k tonutí dojít), trvalý dohled nad malými dětmi a neplavci v okolí vodního prostředí, plavecký výcvik, znalost rizik vodního prostředí, trénink v poskytování první pomoci, znalost rizik souběžných onemocnění při pobytu ve vodě, ale i na technické vybavení bazénů či používání záchranných pomůcek.

U nejmenších dětí dochází k tonutí v koupacích vaničkách či vanách. Důvodem bývá nepřítomnost rodiče. Byť výrobci vaniček udávají bezpečnost konstrukce ve vztahu k tonutí, je v tomto případě nejlepší prevencí vůbec dítě neopouštět.

U batolat a předškolních dětí hraje roli při tonutí jejich přirozená zvědavost a neznalost rizik. Nejčastěji tak dochází k tonutí po pádu do domácích bazénů nebo jezírek. V prevenci je důležité zabránit přístupu k nim – používat oplocení, pevná krytí, zamezit přístupu

k žebříku u vyšších nadzemních bazénů, ale třeba i odstranit z bazénu hračky, které přitahují pozornost dítěte, nebo menší bazénky a brouzdaliště vypouštět.

K tonutí ve skupině adolescentů dochází nejčastěji při tzv. rizikovém chování. Zde svou roli sehrává i abúzus alkoholu či drog. Ty se podílí na snížení úsudku, ale i změně fyzické výkonnosti – ztráta rovnováhy, orientace apod. Často je k tonutí přidruženo i jiné poranění např. po skocích do neznámé vody.

Trvalý dozor je vyžadován nad nejmenšími dětmi, neplavci, nebo u dětí s onemocněním, které riziko tonutí zvyšuje. K těmto onemocněním náleží např. epilepsie, obzvláště obtížně farmakologicky kompenzovaná. Riziko tonutí zvyšují i autismus, porucha soustředění s hyperaktivitou (ADHD), nervosvalová onemocnění s různou mírou neurologického či motorického deficitu, nebo onemocnění kardiovaskulárního systému (arytmie, syndrom dlouhého QT intervalu, Brugada syndrom apod.). Při vyšší míře rizika tonutí není důležitá jen nepřetržitá pozornost dozorující osoby, ale i její dostatečná blízkost, na dosah ruky.

K tonutí může dojít i kvůli technickým aspektům bazénů. Například nasátí vlasů či končetiny do nedostatečně chráněného odtoku může způsobit uvíznutí pod hladinou s obtížným vyproštěním. Větší bazény by tak měly obsahovat více menších odtoků, ty by měly být dostatečně kryté, bazén by měl být vybaven systémem přerušujícím vakuum v odtokové soustavě.

Součástí prevence je i přítomnost vyškolených záchránců na veřejných koupalištích, dostupnost pomůcek k vyproštění z vody a k poskytnutí první pomoci, či používání záchranných vest při plavbě apod. (3–5, 6, 8).

První pomoc a přednemocniční péče u tonutí

Cílem první pomoci a přednemocniční péče je co nejrychleji obnovit a dále zachovat adekvátní dodávku kyslíku do organismu. Po bezpečném vyproštění tonoucího z vody je nutné bezprostřední zahájení a správné provádění kardiopulmonální resuscitace (KPR). Tu je možné zahájit iniciálními vdechy ještě ve vodě, pokud to situace dovolí (např. při dosažení mělčiny). Samotná KPR by se měla řídit aktuálně platnými doporučeními. V rámci

odborné přednemocniční péče je třeba pátrat i po sdružených poraněních, zvážit intoxikaci či rozpoznat známky cizího zavinění (4).

Pokud je tonoucí při vědomí, oběhově stabilní a dýchá spontánně bez známek dušnosti, je postačující zahájení oxygenoterapie pomocí vhodné obličejové masky, ideálně s kyslíkovým rezervoárem. Následně má být pacient transportován do nejbližšího zdravotnického zařízení s možností intenzivní péče.

Pakliže u tonoucího probíhá KPR, či je v bezvědomí (*Glasgow Coma Scale* – GCS < 8 bodů), oběhově nestabilní, jeví známky respirační insuficience, je těžce hypotermní (tělesná teplota < 30 °C), je indikována endotracheální intubace a zahájení umělé plicní ventilace (UPV) s adekvátní inspirační frakcí kyslíku (FiO_2) a pozitivním přetlakem na konci expira (PEEP). Takový pacient má být transportován do zařízení poskytující dětskou resuscitační péči. Při oběhové nestabilitě je indikována adekvátní volumoterapie, použití inotropní či vazopresorické podpory. Vstup do cévního řečiště by měl být zajištěn u všech pacientů pomocí periferního žilního katétru. Při neúspěšném pokusu o jeho zavedení je třeba zavést vstup intraoseální. Během transportu je nutné předcházet tepelným ztrátám a v případě podezření na úraz zabezpečit imobilizaci krční páteře (4).

Nemocniční péče po tonutí

Stabilní pacient, který nejeví známky poruchy vědomí, oběhové či respirační nedostatečnosti, může být po čtyř až šestihodinové observaci propuštěn do domácí péče. V ostatních případech musí být pacient hospitalizován – dle stavu na standardním lůžku, či na jednotce intenzivní nebo resuscitační péče.

Kromě fyzikálního vyšetření je třeba zvážit vhodnou monitoraci vitálních funkcí, provedení laboratorních vyšetření a zobrazovacích metod. Obecně je doporučováno použití kontinuálního záznamu elektrokardiografie (EKG), kontinuálního měření pulzní oxymetrie (SpO_2) a neinvazivního intermitentního měření krevního tlaku. V případě rozvoje oběhové nestability, nebo u pacientů po KPR, je doporučováno zavést arteriální katétr a krevní tlak monitorovat invazivně. K prováděným laboratorním vyšetřením náleží krevní plyny a acidobazická rovnováha, vyšetření krevního

séra – mineralogram, osmolalita, glykemie, laktát, jaterní testy, renální parametry, myoglobin, troponin I, dále toxikologické vyšetření, krevní obraz, koagulační vyšetření, vyšetření moče – chemicky, sediment, myoglobin a hemoglobin. Ke zhodnocení tíže plicního postižení je nutné provést rentgenový snímek hrudníku. Pro vyloučení či potvrzení traumatických změn poslouží zobrazení počítačovou tomografií (CT); k posouzení ischemických změn a vývoje edému mozku je nutné CT opakovat s odstupem několika hodin. K rychlému posouzení traumatických změn, obzvláště v případě podezření na poranění orgánů hrudníku a břicha, či pánve, je možné využít ultrazvukový protokol FAST (*Focused Assessment With Sonography in Trauma*). Při známkách oběhové nestability je vhodné doplnit ultrazvukové vyšetření srdce (1).

Při známkách dechové nedostatečnosti je indikována adekvátní oxygenoterapie, eventuálně umělá plicní ventilace. U mírnějších forem respirační insuficience je možné využít tzv. nízkoprůtokové systémy – kyslíkové brýle, maska otevřená či s rezervoárem, kyslíkový stan. Při progresi respiračního selhání je možné využít tzv. vysokoprůtokové systémy – HFNC (*High-Flow Nasal Cannula*, nosní kanyla s vysokým průtokem). V případě progresu hypoxemie ($\text{SpO}_2 < 90 \%$, $\text{PaO}_2 < 8 \text{ kPa}$) anebo hyperkapnie ($\text{PaCO}_2 > 6 \text{ kPa}$), poruchy vědomí (GCS < 8 bodů) či oběhové nestability, je nutné zajistit dýchací cesty endotracheální intubací a zahájit UPV v protektivním režimu. Ve farmakoterapii respirační insuficience se uplatňují bronchodilatancia, v případě plicního edému diuretika. Pro rutinní použití antibiotik, kortikosteroidů či surfaktantu není dostatek evidence. Profylaktické podání antibiotik je však na místě při aspiraci kontaminované vody, či při tonutí např. v septiku. Dále se antibiotická terapie řídí mikrobiologickými nálezy (3, 4, 7).

V případě oběhové nestability je nutné zhodnotit náplň cévního řečiště a srdeční funkci. Dle toho je pak třeba přistoupit k volumoterapii, restrikci tekutin, podání diuretik, vazopresorů anebo inotropik. Při vzniku arytmií je důležité zhodnotit kvalitu oxygenace, vyloučit iontovou dysbalanci či poruchu acidobazické rovnováhy a vyloučit závažnou hypotermii. Ta má sice určitý neuroprotektivní účinek na mozek poškozený hypoxií, ale má

negativní účinek na kardiovaskulární systém – vyvolává bradypnoii až apnoii, bradykardii i poruchy srdečního rytmu např. fibrilaci komor. Fibrilace komor může být u hypotermních pacientů refrakterní na elektrickou defibrilaci. Při resuscitaci hypotermního pacienta má tedy být v KPR pokračováno do dosažení tělesné teploty > 30–32 °C. Dále má být tělesná teplota u pacientů po tonutí pozvolně navyšována (maximálně o 0,5 °C/h) do dosažení normotermie. K tomu lze využít ohřáté infuzní roztoky, vyhřívané pokrývky, konvektivní ohřivače, láváže močového měchýře či žaludku, inhalace zahřátého zvlhčeného kyslíku. Při nemožnosti dosáhnout dostatečné oxygenace anebo normokapnie přes adekvátní UPV, ev. s využitím tzv. *rescue* postupů (např. pronační poloha), při refrakterní oběhové nestabilitě, či přetrvávající hypotermii, je indikováno zahájení extrakorporální membránové oxygenace (ECMO). Důležitá je rovněž prevence hypertermie, která má negativní vliv na vývoj posthypoxických změn mozku (1, 3, 4, 6, 8).

K dalším prováděným opatřením náleží péče o dýchací cesty (zvlhčení a ohřátí vdechované směsi, pravidelné odsávání, ev. cílené bronchoskopické odsátí z dýchacích cest), zavedení nazogastriční sondy k dekompresi žaludku a dále k časné enterální výživě, v indikovaných případech zavedení arteriálního a centrálního žilního katétru, zavedení čidla k monitoraci nitrolebního tlaku u pacientů s kraniotraumatem. K farmakoterapii náleží antiedémová léčba s využitím hyperosmolárních roztoků (mannitol, koncentrovaný roztok NaCl), antikonvulziva v případě manifestních křečí či při detekci epileptické aktivity na elektroencefalogramu (EEG), tromboprofylaxe, profylaxe stresového vředu apod.

Závěr

Tonutí představuje v dětském věku závažný úraz zatížený vysokou morbiditou i mortalitou. Na prvním místě je důležitá prevence vzniku tohoto úrazu – dostatečný dozor nad dítětem, zabránění přístupu k místu, kde může k tonutí dojít, trénink plaveckých dovedností, znalost rizik a vyhýbání se rizikovému chování včetně konzumace návykových látek při pohybu okolo vodního prostředí, používání záchranných pomůcek a trénink postupů první pomoci. Při poskytování první pomoci

a neodkladné péče tonoucím je základem včasné obnovení a udržení adekvátní dodávky kyslíku do organismu. Míra hypoxie je totiž určující pro přežití a následnou kvalitu života. Resuscitační péče o pacienta po tonutí se

pak dále soustředí na minimalizaci následků proběhlé hypoxie (hlavně prevence rozvoje nebo terapie edému mozku) a na stabilizaci funkce oběhu, respirace i vnitřního prostředí. Důležité je při resuscitaci tonoucího pacienta

pamatovat na nutnost pokračování KPR do doby zahřátí tělesného jádra alespoň na 30 °C, eventuálně na nutnost napojení pacienta na mimotělní oběh, či ECMO v případě refrakterního kardiopulmonálního selhání.

LITERATURA

1. Ševčík P, et al. Intenzivní medicína. 3. vyd. Praha: Galén; 2014.
2. Rogers MC, Helfaer MA. Handbook of pediatric intensive care. Baltimore: Williams; 1999.
3. Salomez F, Vincent JL. Drowning: a review of epidemiology, pathophysiology, treatment and prevention. Resuscitation. 2004;63(3):261-268.
4. Evans J, Javaid AA, Scarrott E, et al. Fifteen-minute consultation: Drowning in children. Arch Dis Child Educ Pract Ed. 2021;106:88-93.
5. Denny SA, Quan L, Gilchrist J, et al. Prevention of Drowning. Pediatrics. 2021;148(2):e2021052227.
6. Macintosh I, Austin S. Management of drowning in children. Paediatr Child Health. 2017;27(9):415-419.
7. David J, Jonáš J, Koucký V. Oxygenoterapie u akutních stavů v praxi. Čes slov Pediatr. 2022;77(2):91-93.
8. Mtaweh H, Kochanek PM, Carcillo JA, et al. Patterns of multiorgan dysfunction after pediatric drowning: a review of epidemiology, pathophysiology, treatment and prevention. Resuscitation. 2015;90(3):91-96.