

LÉKAŘSKÁ PÉČE O OBĚTI ZASYPÁNÍ LAVINOU NA MÍSTĚ NEHODY – PŘEHLED

Medizinische Versorgung von Lawinenopfern vor Ort - Eine Übersicht
Simon Rauch, Giacomo Strapazzon, Hermann Brugger und Peter Paal

Alpinmedizinischer Rundbrief der Österreichischen Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin (ÖGAHM) und der Deutschen Gesellschaft für Berg- und Expeditionsmedizin (BExMED), Nr. 67, august 2022, s. 22-32

Úvod a epidemiologie

V horských oblastech po celém světě jsou sněhové laviny běžným jevem. V Evropě je ročně zaznamenáno přibližně 100 úmrtí v lavinách [1], zatímco laviny v rozvojových zemích způsobují ještě více úmrtí (např. 284 úmrtí v jihovýchodní Anatolii v Turecku v roce 1992; 135 úmrtí v Kašmíru v Pákistánu v roce 2012) [2]. Přesné údaje pro tyto regiony však chybí. K většině lavinových nehod v horách dochází při rekreačních aktivitách, kdežto lavinové nehody při pracovní činnosti jsou mnohem vzácnější [1, 3]. Počet lavinových nehod s účastí nadšenců zimních sportů se v posledních desetiletích zvýšil v důsledku rostoucí popularity zimních sportovních aktivit [4], ale počet smrtelných úrazů zůstává od 80. let 20. století relativně stabilní [1]. V Tyrolsku se dvě třetiny lavinových nehod staly ve dnech se stupněm lavinového nebezpečí 2 (spuštění laviny je možné při velkém dodatečném zatížení) a 3 (spuštění laviny je možné i při malém dodatečném zatížení) se sklonem svahů 35-40° [5]. K většině lavin došlo v otevřeném nezalesněném terénu v nadmořské výšce nad 2500 m, přičemž přibližně 15 % lavin se vyskytlo pod hranicí lesa. Většina lavinových nehod se stala mezi 10. a 15. hodinou [5].

Probíhající klimatické změny by mohly ovlivnit četnost a typ sněhových lavin, jakož i stupeň zasypání lavinou, mechanismus zranění a míru přežití [6]. Vlhčí a teplejší klima by mohly způsobit vyšší hustotu sněhu, což pravděpodobně ovlivní dýchání osob lavinou zasypaných – zvýší míru asfyxie [7]. Kromě toho je pravděpodobné, že tupá poranění a sekundární zranění budou častější, protože sněhová pokrývka může být řidší a terén členitější [6].

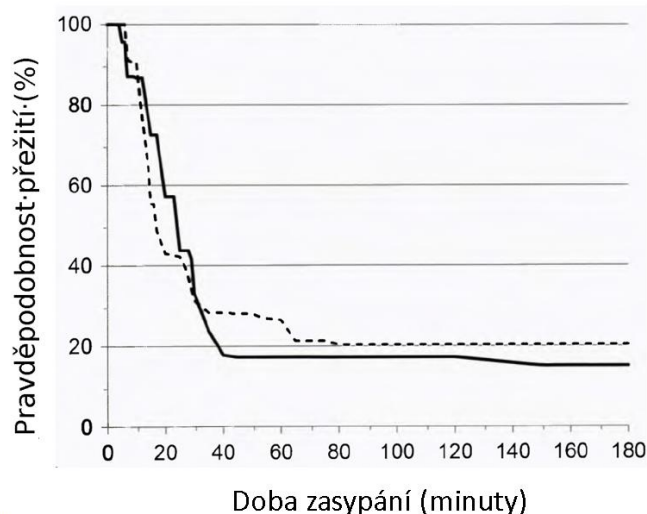
V následujícím textu bychom rádi podali přehled patofyziologických aspektů a současného stavu léčby obětí lavin v terénu.

Patofyziologie

Průměrná úmrtnost při lavinových nehodách je 25 % [8]. Naděje na přežití závisí zejména na stupni a délce zasypání lavinou, průchodnosti dýchacích cest, přítomnosti dýchací dutiny (*Atemhöhle*, dechové kapsy), závažnosti traumatických zranění a sněhových podmínkách.

Šance na přežití nezraněné oběti po úplném zasypání lavinou (hlava a hrudník jsou pod sněhovou pokrývkou) je přibližně 50 %. V případě částečného zasypání (hlava a hrudník jsou mimo sníh) je šance na přežití > 95 % [8-10]. V případě úplného zasypání je přežití silně závislé na čase (obr. 1) [11, 12], míra přežití je přibližně 90 %,

pokud je oběť laviny zachráněna během prvních 15-20 minut (" fáze přežití") – poté pravděpodobnost přežití drasticky klesá na přibližně 30 % (přibližně 35 minut po zasypání). Hlavní příčinou úmrtí v této druhé fázi je asfyxie (" fáze asfyxie"). Udušení je příčinou přibližně 75 % všech úmrtí v lavinách. K asfyxii při zasypání lavinou dochází zejména v důsledku obstrukce dýchacích cest sněhem a ztížení dýchacích pohybů hrudníku po stlačení sněhovou masou, jakož i nedostatku kyslíku v důsledku opětovného vdechování vydechovaného vzduchu. Nástup asfyxie závisí také na vlastnostech sněhu [7]. Od 35. minuty po zasypání se křivka přežití v lavině zplošťuje ("latentní fáze").



Obrázek 1. Křivka přežití pro Rakousko (plná čára) a Švýcarsko (čárkovaná čára) u zcela zasypaných obětí lavin v letech 2005-2013. Přetištěno se svolením z [12].

V *latentní* fázi je možné přežít, pokud jsou dýchací cesty průchodné. Přítomnost dýchací dutiny a nízká až střední hustota sněhu má na pravděpodobnost přežití pozitivní vliv [12, 13]. Kombinace těžké hypotermie, hypoxie a hyperkapnie (*syndrom trojitého H*) [14] je hlavní příčinou úmrtí nezraněných obětí během *latentní fáze* a *pozdní fáze přežití* (> 90 minut) [14-16]. Dýchání zpětně vydechovaného vzduchu při zasypání lavinou vede k postupnému poklesu koncentrace vdechovaného kyslíku a zvýšení podílu vdechovaného oxidu uhličitého, což vede k hypoxii a hyperkapnii [17, 18].

Podchlazení je hlavní příčinou smrti jen asi u 1 % zcela zasypaných obětí laviny. U obětí laviny, které nezemřou na udušení do 35 minut, by se však mělo uvažovat o podchlazení, zejména pokud doba zasypání přesahuje 60 minut [19-21]. Chladnutí snižuje spotřebu kyslíku přibližně o 6 % na každý 1 °C snížení teploty tělesného jádra [22]. Pro dobu mezi zasypáním lavinou a přijetím do nemocnice byla vypočtena průměrná rychlost ochlazování 3 °C/h [23], přičemž rychlost ochlazování po zasypání se pohybuje od 0,1 °C/h do 9 °C/h [24, 25]. Po zasypání lavinou proto trvá nejméně 60 minut, než teplota tělního jádra klesne pod 30 °C [20].

V Severní Americe a Evropě je 5-25 % úmrtí v lavinách způsobeno úrazem [10]. Smrtelné úrazy jsou spojeny s širokou škálou zranění v závislosti na topografických rozdílech v terénu a vlastnostech sněhu [6]. Oběti lavin mohou utrpět prakticky jakýkoli typ zranění; těžká zranění jsou často způsobena nárazy do stromů nebo skal [26].

Přednemocniční péče o oběti lavin

Pokyny

První algoritmus pro třídění lavinových obětí s asystolií v terénu byl publikován v roce 1996 [27]. Doporučení pro přednemocniční ošetření lavinových obětí zveřejnila *Lékařská komise Mezinárodní komise pro alpskou záchranu* (ICAR) v roce 2002 [28] a aktualizovala je v roce 2013 [2]. V roce 2010 byly tyto pokyny přijaty Mezinárodním styčným výborem pro resuscitaci (*International Liaison Committee for Resuscitation*, ILCOR) a začleněny do pokynů *Evropské rady pro resuscitaci* (*European Resuscitation Council*, ERC) a *Americké kardiologické asociace* (*American Heart Association*, AHA) [29, 30]. V roce 2015 věnovala ERC lavinové záchrany samostatný oddíl v pokynech pro resuscitaci za zvláštních okolností [*European Resuscitation Council Guidelines 2021: Cardiac arrest in special circumstances*, 31]. V roce 2017 vydala *Wilderness Medical Society* (WMS) praktické pokyny pro prevenci a léčbu lavinových a nelavinových nehod na sněhu [10], v roce 2021 pak ERC aktualizovala své pokyny [20].

Záchrana svépomocí a organizovaná záchrana

Naděje na přežití po úplném zasypaní je kriticky závislá na čase, což podtrhuje význam okamžité záchrany nezraněnými společníky [32]. Pravděpodobnost přežití může být čtyřikrát vyšší, jestliže je oběť zachráněna nezraněnými kamarády, než při organizované záchrany [32]. Lokalizace zcela zasypané osoby pomocí elektronického lavinového vyhledávače trvá obvykle nejméně 3-5 minut. Jakmile se podaří zasypanou osobu lokalizovat, trvá uvolnění dýchacích cest v průměru 7 minut a zahájení kardiopulmonální resuscitace (KPR) v simulační studii s figurínami pohřbenými v hloubce 1 m další 3 minuty. Počet zachránců (jeden vs. dva) a poloha těla pohřbené loutky neměly na dobu vyproštění významný vliv [33]. Vzhledem k tomu, že nejčastější příčinou úmrtí v rané fázi zasypaní je asfyxie, musí resuscitace prováděná prvními zachránci zahrnovat ventilaci a stlačování hrudníku a samotné stlačování hrudníku se nedoporučuje [2].

Organizovaná záchrana se od záchrany přítomnými osobami liší tím, že na jedné straně je doba příjezdu na místo nehody delší a na druhé straně je k dispozici více materiálních prostředků a více záchranařů. Při záchrany v lavinách, pokud to podmínky dovolují, by měly mít vrtulníky přednost před pozemní záchrany, protože jsou rychlejší, bezpečnější a účinnější. K leteckému pátrání lze použít také vrtulníky s vysílačkami a zařízením RECCO® (viz níže) [34]. Leteckou záchrany však mohou omezovat nepříznivé povětrnostní podmínky se špatnou viditelností a větrem.

Při organizovaném pátrání po zcela zasypané oběti laviny se lze opřít o vizuální a akustické signály, signály lavinových vyhledávačů, lavinové psy, záchranný systém RECCO® a sondování. Společníci a záchranaři by měli okamžitě hledat předměty na povrchu a naslouchat akustickým signálům (volání a poslouchání volání oběti o pomoc). Záchranařští psi jsou vycvičeni k odhalování zasypaných obětí podle jejich pachu. První vyhledávání psem by mělo být provedeno s psovodem dříve, než je terén znečištěn výfukovými plyny z vrtulníku. Hledání pokračuje pomocí lavinových

vyhledávačů a systému RECCO®, pokud je k dispozici [34], Technologie RECCO® je dvoudílný systém s aktivním detektorem, který má záchranář u sebe, a pasivní odrazovou diodou, z nichž mnohé jsou integrovány do oděvu zasypané oběti, batohů, bot, přileb atd. Používá ji více než 600 záchranných organizací po celém světě, zejména v lyžařských střediscích [34]. Pokud je vyhledávání pomocí lavinového majáku a RECCO® neúspěšné, měli by záchranáři začít s vyhledáváním pomocí sondování. Počáteční hloubka sondy by měla být omezena na 1,5 m a měla by být použita metoda "tři otvory na krok" nebo "slalomová technika sondování" [10]. Pro zajištění přesnosti a účinnosti je nutná přítomnost kontrolující osoby. Na místě by měl být přítomen i odborný zdravotnický personál, který oběť ošetří během záchranné akce i po ní.

Každý záchranář, který vstupuje do lavinového terénu, musí být vybaven lavinovým vyhledávačem a ideálně lavinovým airbagem. Zdravotnické vybavení by mělo být chráněno před chladem. Elektronická zařízení by měla být vybavena plně nabitými bateriemi. Záchranářské vybavení zahrnuje záchranné vaky podobné spacím pytlům, ale upravené pro záchranu tepelně izolujícími vrstvami, hliníkové příkrývky, chemické tepelné zábaly, teploměr vhodný pro měření teploty tělesného jádra a monitor/defibrilátor [2].

Výkopové práce, počáteční hodnocení a monitorování

Při organizované lavinové pátrací a záchranné operaci (*Search and Rescue*, SAR) se je doba zasypání 35 minut zpravidla překročena. Očekává se, že oběť bude mírně nebo středně podchlazená. Z tohoto důvodu by záchrana a prvotní posouzení měly být prováděny co nejpečlivěji, a nikoli co nejrychleji. Záchranáři by se měli nejprve prokopat k hlavě oběti. Záchranář, který obnažuje obličej, by měl zkontrolovat, zda je před ústy a nosem dýchací dutina, a zjistit, zda jsou dýchací cesty otevřené, nebo je ucpává sníh či zvratky. V ideálním případě by tato pozorování měl provádět záchranář vyškolený v *rozšířené podpoře života* (*advanced life support*, ALS) nebo lékař záchranné služby. Pro další postup je zásadní vědět, zda byly dýchací cesty průchodné nebo ucpané a zda byla přítomna dechová dutina. Pokud to poloha oběti umožňuje, mělo by být před úplným vyproštěním provedeno prvotní posouzení dýchacích cest a životních funkcí. EKG monitor by měl být nasazen co nejdříve, ještě před vyproštěním a transportem oběti, aby bylo možné detekovat arytmiie vyvolané pohybem pacienta [35].

Teplota tělesného jádra by měla být měřena jícnu nebo v ušním zvukovodu – epitympanálním teploměrem s termistorem [36]. Měření jícnové teploty velmi dobře koreluje se srdeční teplotou. Jícnová sonda se umísťuje distálním koncem do dolní třetiny jícnu a je u pacientů se srdeční zástavou nebo se zajištěnými dýchacími cestami považována za zlatý standard [37]. Epitympanální měření pomocí termistoru je spolehlivou alternativou u pacientů bez srdeční zástavy, ale ve velmi chladném prostředí může ukazovat nižší teplotu, než je skutečná teplota jádra [38]. Sonda musí být dobře izolována od okolního prostředí a vnější zvukovod musí být zbaven sněhu nebo vody. Epitympanální sondy, které nejsou vyrobeny pro venkovní použití, by se používat neměly [36]. Pulzní oxymetrie není povinná, protože během expozice chladu může být nepřesná v důsledku periferní vazokonstrikce.

Jakmile je oběť zcela vyproštěna, je třeba zkontrolovat, zda nemá mechanická zranění. Během záchranné akce je třeba nepřetržitě monitorovat EKG a teplotu jádra, aby bylo možné včas odhalit tzv. kolaps při záchrane nebo smrt při vyproštění (*Bergungstod*). Pokud je k dispozici defibrilátor, měly by být použity defibrilační elektrody. Oběť by měla být chráněna před chladem a větrem [2, 20].

Ošetření úrazů (trauma management)

Nejčastějšími poraněními při pádu z laviny jsou poranění hrudníku a mozku, zatímco poranění páteře, břicha a končetin jsou méně častá [26]. Obecné koncepty péče o zraněné platí i pro oběti lavin: současné pokyny zdůrazňují včasnou hemostázu, resuscitaci s kontrolou poškození, pokročilé zajištění dýchacích cest, pokud je indikováno, a rychlou evakuaci k definitivnímu ošetření [39, 40]. Na místě je imobilizace páteře, dlahování zlomenin končetin a podávání účinných analgetik. U těžkých poranění hlavy se doporučuje časná intubace a normokapnická ventilace. Škrtidla mohou zachránit život při masivním krvácení končetin. U tenzního pneumotoraxu je nutná okamžitá dekomprese. U pneumotoraxu nebo hemotoraxu je třeba zvážit drenáž hrudníku, zejména před evakuací vrtulníkem, pokud se předpokládá výstup do výšky a oběť je intubována.

U obětí traumatické srdeční zástavy je přežití méně pravděpodobné a prodloužená KPR je spojena se špatným neurologickým výsledkem.

Zajištění dýchacích cest a ventilace

U obětí laviny v bezvědomí slouží rozšířená péče o dýchací cesty k zajištění dostatečné oxygenace a ventilace a snižuje pravděpodobnost aspirace. Endotracheální intubace může ve vzácných případech vyvolat komorovou fibrilaci u pacientů se středně těžkou nebo těžkou hypotermií, obvykle při teplotě jádra <30 °C [41, 42], Důkazy o tom pocházejí především ze studií na zvířatech a malé riziko je obvykle převáženo přínosem kontroly dýchacích cest [43, 44],

Je sporné, zda by se při ventilaci obětí lavin v bezvědomí mělo usilovat o normokapnii (end-tidal pCO₂ 35-45 mm Hg). Hypokapnie (end-tidal pCO₂ <35 mm Hg) způsobená hyperventilací nebo sníženou metabolickou produkcí CO₂ snižuje průtok krve mozkem v důsledku vazokonstrikce a je stejně pravděpodobnou příčinou arytmií jako hyperkapnie, zejména u hypotermických pacientů. Mělo by se usilovat o normoxii, která může snížit riziko maligních arytmií.

Endotracheální intubace vyžaduje školení a praxi a měli by ji provádět pouze zkušení záchranáři, kteří mají vysokou úspěšnost při intubování [45]. Umístění supraglotických pomůcek je snazší než endotracheální intubace [46]. Pro záchranáře, kteří nemají zkušenosti s pokročilým zajištěním dýchacích cest, je nejúčinnější ventilace ústy do masky nebo ventilace sáčkem do masky, ale i to vyžaduje praxi.

Pacienti se středně těžkou nebo těžkou hypotermií

U oběti vystavené chladu, která je v bezvědomí, je třeba myslet na pravděpodobnost středně těžkého nebo těžkého podchlazení (hypotermii). Záchrana by měla být prováděna šetrně, bez zbytečných pohybů, a mělo by být použito znehybnění na nosítkách ve vodorovné poloze, aby se předešlo následnému poklesu tělesné teploty

(*afterdropu*) a úmrtí při záchrane v důsledku fibrilace komor (*Bergungstod*). Po vyhrabání může být expozice chladu a větru příčinou mnohem většího ochlazení než pod sněhem a riziko komorové arytmie a srdeční zástavy se může rychle zvýšit [47]. Ochrana před dalším ochlazováním vhodnou izolací a vnějším přívodem tepla bezprostředně po vyproštění jsou proto povinností. Vnější zdroj tepla, jako jsou chemické tepelné obklady, by měl být umístěn na hrudníku, ale pro riziko popálení nikoli přímo na kůži. Přes tepelný zdroj by měla být položena silná izolační vrstva (např. vlněná přikrývka, spací pytel) a na samotnou vnější stranu by měla být umístěna vrstva nepropouštějící vodní páru, např. hliníková přikrývka nebo bublinková fólie [48]. Odstranění mokrého oděvu zvyšuje komfort oběti, ale v chladném nebo větrném prostředí vede k rychlému ochlazení a není nutné, pokud je oběť dostatečně izolovaná a lze umístit vrstvu nepropouštějící vodní páru [10].

Pokud je oběť laviny během záchranné akce v bezvědomí, je třeba včas změřit teplotu jádra, aby bylo možné rozlišit mezi těžkým podchlazením a jinými příčinami bezvědomí, jako je například dušení nebo traumatické poranění mozku.

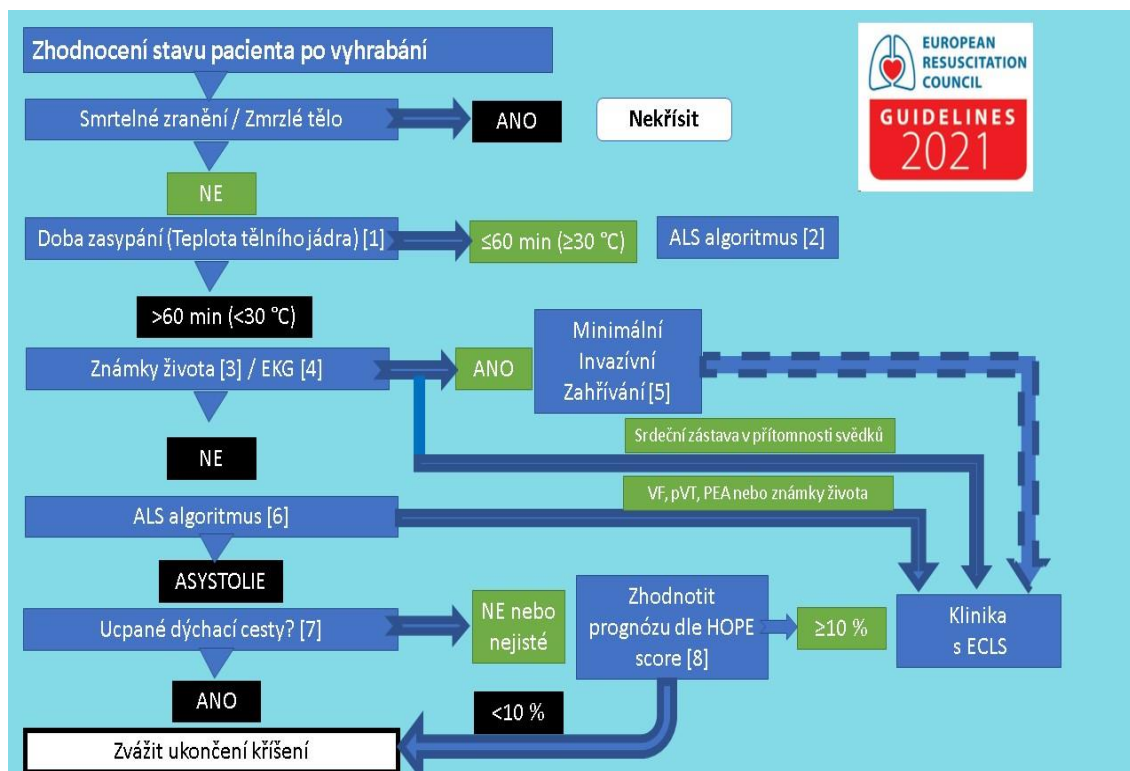
Silně podchlazené oběti laviny s teplotou jádra $<30\text{ }^{\circ}\text{C}$, systolickým krevním tlakem $<90\text{ mmHg}$, komorovou arytmií a/nebo jinou srdeční nestabilitou by měly být v ideálním případě převezeny přímo do centra s možností mimotělního oběhu (ECLS). Nikoli všichni tito pacienti jsou primárně zahříváni pomocí ECLS, avšak pokud je mimotělní oběh nezbytný, neztrácí se další čas sekundárním transportem [20, 49],

Péče o pacientky se srdeční zástavou

Algoritmus při zástavě

V aktuálních Pokynech ERC 2021 se v části "*Zástava oběhu za zvláštních okolností*" pojednává o léčbě obětí laviny a je zde uveden algoritmus léčby (obrázek 2) [20].

Zjištění životních funkcí může být u silně podchlazených obětí laviny obtížné, protože dýchání a puls mohou být velmi pomalé, nepravidelné a slabé. Životní funkce by se proto měly kontrolovat až 1 minutu místo 10 sekund doporučených pro normotermické pacienty [20]. Kardiopulmonální resuscitace (KPR) by měla být zahájena pěti vdechy, protože nejpravděpodobnější příčinou srdeční zástavy je hypoxie [20]. Pokud je doba trvání zasypání <60 minut a teplota jádra $<30\text{ }^{\circ}\text{C}$, je srdeční zástava pravděpodobně způsobena traumatem nebo asfyxií a měl by být použit standardní algoritmus rozšířené životní podpory (ALS) pro normotermické pacienty. Pokud je doba zasypání >60 minut, teplota jádra $<30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a dýchací cesty byly během záchrany průchodné, může být příčinou zástavy srdce podchlazení. V takovém případě je třeba pokračovat v KPR a pacienta převézt do nemocnice s vybavením ECLS [20]. Cílovou nemocnici je třeba kontaktovat předem, aby byla zajištěna dostupnost ECLS. Oběť laviny, která měla při záchrane perfuzní rytmus a teprve následně došlo k (svědecké) zástavě srdce, má velkou šanci na přežití bez neurologických následků [51]. Frekvence stlačování hrudníku a ventilace by měla být stejná jako u KPR u normotermických pacientů a přerušování křížení by měla být minimalizována.



Obrázek 2. algoritmus pro lavinové nehody. Management zcela zasypaných obětí lavin [20, 50].
Legenda:

1. Pokud není známa doba zasypaní, lze použít teplotu tělního jádra.
2. Pacient s poraněním nebo možnými komplikacemi (např. plicním edémem) je převezen do nejvhodnější nemocnice.
3. Po spontánním dýchání, tepu a případných pohybech se pátrá až 60 sekund.
4. Použít další nástroje pro zjištění životních funkcí (end-tidal pCO₂, arteriální saturace kyslíkem (SaO₂), ultrazvuk, pokud jsou k dispozici).
5. Pacienti s teplotou jádra <30 °C, systolickým krevním tlakem <90 mmHg nebo jakoukoli jinou oběhově-srdečně nestabilitou se transportují do nemocnice s ECLS.
6. U hluboce podchlazeného pacienta (<28 °C) zvážit odloženou KPR, pokud je záchrana příliš nebezpečná, a přerušovanou KPR při obtížném transportem.
7. Pokud jsou dýchací cesty průchodné, je další přítomnost vzduchové kapsy silným prediktorem přežití.
8. Pokud není možné provést HOPE, lze použít sérový draslík a teplotu jádra (hraniční hodnoty 7 mmol/l a 30 °C), ale mohou být méně spolehlivé.

Zkratky: ALS Advanced life support, CPR cardiopulmonary resuscitation, ECLS extracorporeal life support, PEA bezpulzní elektrická aktivita, pVT bezpulzní komorová tachykardie, SaO₂ arteriální saturace kyslíkem, VF komorová fibrilace.

European Resuscitation Council Guidelines 2021: Cardiac arrest in special circumstances

<https://cprguidelines.eu/assets/guidelines/European-Resuscitation-Council-Guidelines-2021-Ca.pdf>

Přerušovaná resuscitace

Při obtížných a dlouhých transportech pacientů za probíhající KPR je třeba použít mechanické přístroje pro stlačování hrudníku, pokud jsou k dispozici [10, 52]. Pokud u pacienta s teplotou jádra <28 °C nebo s neznámou teplotou jádra, ale jasnou

hypotermickou srdeční zástavou, není možné provádět nepřetržité mechanické nebo manuální stlačování hrudníku, lze provádět přerušovanou KPR se střídáním >5 minut KPR s <5 minutami přerušení. Pokud je teplota jádra <20 °C, mohou být přestávky <10 minut [10,20].

Léky a defibrilace

Pro podávání infúzí a léků by měl být zaveden intravenózní nebo intraoseální přístup [45]. Zavedení periferního žilního přístupu může být obtížné, pokud je oběť podchlazená a dochází k periferní vazokonstrikci a centralizaci oběhu. Za těchto okolností je obvykle snazší zavést intraoseální linku. Agresivní objemová substituce není u hypotermické oběti obvykle indikována. Pokud jsou podávány tekutiny, např. pro objemovou substituci u pacienta s hypotenzí, měly by být infundované tekutiny zahřáté na teplotu přibližně 42 °C. To často přímo na místě nehody není možné, takže infuze tekutin by měla být, pokud možno nejprve podána ve vyhřívaném sanitním voze nebo vrtulníku.

Podchlazené srdce nemusí reagovat na kardioaktivní léky, kardiostimulaci a defibrilaci. U podchlazeného pacienta, zejména pokud je teplota jádra <30 °C, je proto podání léků v rámci ALS sporné. U pacienta se srdeční zástavou slouží *vazopresory*, jako je *adrenalin*, ke zvýšení průtoku krve myokardem a zvýšení pravděpodobnosti obnovení spontánního oběhu (*Restore of Spontaneous Circulation*, ROSC). *Adrenalin* (1 mg) rovněž zlepšil přežití do hospitalizace a dlouhodobé přežití (až 3 měsíce), ale nevedl k příznivějšímu neurologickému výsledku [53, 54]. Tyto údaje pocházejí od pacientů s normotermickou srdeční zástavou, ale účinnost vazopresorů u hypotermického pacienta s teplotou jádra <30 °C nebyla nikdy prokázána. Současné pokyny ERC doporučují, aby se *epinefrin* nepodával, pokud je teplota jádra <30 °C; pokud je teplota jádra 30-35 °C, měl by se interval podávání epinefrinu prodloužit na 6-10 minut. Při dosažení normotermie (>35 °C) se používají standardní medikační protokoly [20],

Přínos *antiarytmik* u hypotermických pacientů je rovněž nejasný. Mnohé arytmie a poruchy vedení, včetně AV blokády, fibrilace síní a AV uzlových rytmů, jsou benigní, reverzibilní opětovným zahřátím a nevyžadují další léčbu, pokud nemají za následek sníženou perfuzi/hemodynamickou nestabilitu. Bradykardie může být při těžké hypotermii fyziologická. Léčba kardiostimulátorem není obvykle nutná, pokud bradykardie přetrvává i přes zahřátí na 32 až 35 °C.

Většina intravenózních léků používaných k navození anestezie může způsobit kardiovaskulární depresi. *Ketamin* je u hypotermického pacienta pravděpodobně bezpečný [55], ale jeho sympatomimetické účinky by mohly teoreticky způsobit problémy u dráždivého myokardu [56]. Při hypotermii se snižuje nervosvalový přenos a zvyšuje se citlivost na nedepolarizující svalová relaxancia [57, 58]. Pokud se k vytvoření příznivých intubačních podmínek používají depolarizující svalová relaxancia, jako je *suxamethonium*, je třeba vzít v úvahu možné zvýšení sérového draslíku [59]. To může ovlivnit následné rozhodnutí o použití KPR nebo mimotělního ohřevu. Hypotermie také snižuje aktivitu cytochromu P450, který se podílí na metabolismu mnoha léčiv, jako je *propofol* a *ketamin*. Pro navození anestezie je indikováno použití nízkých dávek [22],

Během záchrany podchlazeného pacienta by mělo být prováděno nepřetržité monitorování EKG a měly by být přiloženy defibrilační elektrody. Podchlazené srdce nejen hůře reaguje na kardioaktivní léky, ale také hůře reaguje na elektrickou stimulaci a defibrilaci. Směrnice ERC doporučují až tři pokusy o defibrilaci při teplotě jádra $<30^{\circ}\text{C}$ a v případě, že fibrilace komor přetrvává i po třech výbuších, další pokusy až při teplotě jádra $>30^{\circ}\text{C}$ [20].

Hodnocení prognózy mimotělního zahřívání

Při přijetí do nemocnice by mělo být pro prognostické hodnocení po zahřátí pomocí ECLS použito skóre HOPE (*Hypothermia Outcome Prediction after ECLS*) [20, 60, 61]. Skóre HOPE umožňuje předpovědět pravděpodobnost přežití pacientů s hypotermickou srdeční zástavou zahřátých pomocí ECLS a zahrnuje následující proměnné: věk, pohlaví, přítomnost nebo nepřítomnost asfyxie, dobu trvání resuscitace, sérový draslík a tělesnou teplotu. Pro určení, kteří pacienti s hypotermickou srdeční zástavou by měli nebo neměli prospěch z opětovného zahřátí ECLS, byla navržena hraniční hodnota 10 %. Negativní prediktivní hodnota pravděpodobnosti HOPE $<10\%$ byla 97 % a *plocha pod křivkou provozní charakteristiky* (*Receiver Operating Characteristic Curve*) byla 0,825 [61]. Upozorňujeme, že při výpočtu skóre HOPE (<https://www.hypothermiascore.org>) je třeba zvolit "*hypothermie s asfyxií*" pro všechny zasypané oběti lavin, u nichž došlo k zástavě srdce již v době záchrany, zatímco "*hypothermie bez asfyxie*" je třeba zadat pro částečně zasypané nebo nezasypané pacienty a pro případy pozorované zástavy srdce až po vyproštění. Pokud nelze vypočítat skóre HOPE, lze použít tradiční třídění pomocí sérového draslíku a teploty jádra (hraniční hodnoty 7 mmol/l, resp. 30°C), ale tento postup je pravděpodobně méně spolehlivý [62].

Výcvik v lavinové záchrane a kontrolní seznam (checklist) pro resuscitaci obětí laviny

Přestože stávající pokyny [2, 20] pro oběti laviny se srdeční zástavou jsou jednoduché, může být ve stresujícím prostředí lavinové nehody velmi obtížné učinit správná rozhodnutí. Studie v evropských Alpách ukázala, že v období 1987-2009 nebyly pokyny ICAR-MEDCOM pro oběti laviny se srdeční zástavou téměř dodržovány [63]. Údaje o důležitých parametrech, jako je stupeň a doba zasypání, teplota jádra na místě nehody a průchodnost dýchacích cest, nebyly úplné. Celková míra přežití byla velmi nízká a frekvence KPR byla nižší, než se očekávalo u pacientů s dlouhou dobou zasypání a otevřenými dýchacími cestami. Důvody pro zahájení nebo nezahájení KPR zůstaly ve většině případů nejasné [63]. Za špatný výsledek může být částečně zodpovědná nedostatečná znalost pokynů ze strany prvních zasahujících a nemocničního personálu, stejně jako přenos důležitých informací z místa události do nemocnice.

Přibližně 75 % záchranářů BLS a ALS a členů horských záchranných služeb, kteří pracují v oblastech, kde mohou být nuceni pečovat o oběti lavin, se nikdy nezúčastnilo specifického lavinového záchranářského výcviku [64].

Kontrolní seznam pro resuscitaci obětí lavin – “*Avalanche Victim Resuscitation Checklist*”, který byl představen v roce 2015, má záchranářům pomoci při léčbě obětí lavin na základě pokynů a zajistit spolehlivý přenos údajů z laviny do nemocnice [65]. Kontrolní seznam je určen k vyplnění na místě nehody a zůstává u oběti až do jejího přijetí do nemocnice. Lavinové pátrací a záchranné týmy (SAR) a záchranáři by měli být pravidelně školeni ve specifických dovednostech, jako je přednemocniční měření teploty jádra, tepelná izolace a techniky zahřívání. Záchranáři by měli mít k dispozici protokoly pro převoz obětí lavin do nejvhodnější nemocnice. V ideálním případě by měl být v pohotovosti koordinátor se zkušenostmi s léčbou podchlazených pacientů, který by pomáhal při léčbě obětí s kritickou hypotermií [66].

Ukončení resuscitace

KPR u srdeční zástavy s dobou trvání zasypání >60 minut a obstrukcí dýchacích cest lze považovat za marnou, pokud EKG ukazuje asystolii [10, 20]. Kromě toho může být resuscitace u lavinové oběti bez známek života vynechána nebo ukončena, pokud je riziko pro zachránce nepřijatelně vysoké nebo je vyčerpán, nebo pokud resuscitaci nelze provést kvůli extrémním podmínkám prostředí. KPR by neměla být prováděna, pokud oběť utrpěla zranění neslučitelná se životem, jako je dekapitace, přefixnutí trupu, pokud je tělo zcela zmrzlé nebo pokud byla sepsána příslušná prohlášení [67].

Souhrn

Úmrtnost zcela zasypaných obětí lavin je přibližně 50 %. Nejčastější příčinou smrti je asfyxie, následovaná úrazem, zatímco hypotermická zástava srdce je vzácná. Těžká hypotermie má však neuroprotektivní účinek a hypotermická srdeční zástava je spojena s příznivým výsledkem. Oběť laviny, u níž byla pozorována zástava srdce až po záchraně, má obzvláště velkou šanci, že přežije bez neurologického poškození. Pokyny pro resuscitaci obětí lavin a kontrolní seznam pro resuscitaci obětí lavin pomáhají rozlišit mezi normotermickou a hypotermickou srdeční zástavou a optimalizovat tak péči o pacienta a záchranářské zdroje. Pravidelný výcvik lavinových týmů SAR je pro optimální péči o oběti lavin nesmírně důležitý.

LITERATURA:

- [1] Techel F, Jarry F, Kronthaler G et al. Avalanche fatalities in the European Alps: long-term trends and statistics. *Geographica Helvetica* 2016; 71: 147-59.
- [2] Brugger H, Dürer B, Elsensohn F et al. Resuscitation of avalanche victims: Evidence-based guidelines of the international commission for mountain emergency medicine (ICAR MEDCOM): intended for physicians and other advanced life support personnel. *Resuscitation* 2013; 84: 539-546.
- [3] Atkins D. 10 years of avalanche rescues in the United States, 2003/04 to 2012/13. *Avalanche Rev* 2015: 22^1.
- [4] Schweizer J, Lütschg M. Characteristics of human-triggered avalanches. *Cold Regions Science and Technology* 2001; 33: 147-162.
- [5] Rainer B, Frimmel C, Sumann G et al. Correlation between avalanche emergencies and avalanche danger forecast in the alpine region of Tyrol. *Eur J Emerg Med* 2008; 15: 43-47.

- [6] Strapazzon G, Schweizer J, Chiambretti I et al. Effects of Climate Change on Avalanche Accidents and Survival. *Front Physiol* 2021; 12: 639433.
- [7] Strapazzon G, Paal P, Schweizer J et al. Effects of snow properties on humans breathing into an artificial air pocket - an experimental field study. *Sci Rep* 2017; 7: 17675.
- [8] Brugger H, Dürer B, Adler-Kastner L et al. Field management of avalanche victims. *Resuscitation* 2001; 51: 7-15.
- [9] Haegeli P, Falk M, Brugger H et al. Comparison of avalanche survival patterns in Canada and Switzerland. *Cmaj* 2011; 183: 789-795.
- [10] Van Tilburg C, Grissom CK, Zafren K et al. Wilderness Medical Society Practice Guidelines for Prevention and Management of Avalanche and Nonavalanche Snow Burial Accidents. *Wilderness Environ Med* 2017; 28: 23—42.
- [11] Falk M, Brugger H, Adler-Kastner L. Avalanche survival chances. *Nature* 1994; 368: 21.
- [12] Procter E, Strapazzon G, Dal Cappello T et al. Burial duration, depth and air pocket explain avalanche survival patterns in Austria and Switzerland. *Resuscitation* 2016; 105: 173-176.
- [13] Strapazzon G, Brugger H, Paal P, Brown D. Reconsidering the air pocket around mouth and nose as a positive outcome predictor in completely buried avalanche victims. *Resuscitation* 2020; 152:208-209.
- [14] Strapazzon G, Putzer G, Dal Cappello T et al. Effects of hypothermia, hypoxia, and hypercapnia on brain oxygenation and hemodynamic parameters during simulated avalanche burial: a porcine study. *Journal Appl Physiol* 2021; 130: 237-244.
- [15] Brugger H, Etter HJ, Boyd J, Falk M. Causes of death from avalanche. *Wildness Environ Med* 2009; 20: 93-96.
- [16] Paal P, Strapazzon G, Braun P et al. Factors affecting survival from avalanche burial - a randomised prospective porcine pilot study. *Resuscitation* 2013; 84: 239-243.
- [17] Brugger H, Sumann G, Meister R et al. Hypoxia and hypercapnia during respiration into an artificial air pocket in snow: implications for avalanche survival. *Resuscitation* 2003; 58: 81-88.
- [18] Strapazzon G, Gatterer H, Falla M et al. Hypoxia and hypercapnia effects on cerebral oxygen saturation in avalanche burial: A pilot human experimental study. *Resuscitation* 2021; 158: 175-182.
- [19] Boyd J, Brugger H, Shuster M. Prognostic factors in avalanche resuscitation: a systematic review. *Resuscitation* 2010;81: 645-652.
- [20] Lott C, Truhlář A, Alfonzo A et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation* 2021; 161: 152-219.
- [21] Eidenbenz D, Techel F, Kottmann A et al. Survival probability in avalanche victims with long burial (>60 min): A retrospective study. *Resuscitation* 2021; 166: 93-100.
- [22] Paal P, Gordon L, Strapazzon G et al. Accidental hypothermia - an update: The content of this review is endorsed by the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MEDCOM). *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2016; 24:111.
- [23] Locher T, Walpoth BH. [Differential diagnosis of circulatory failure in hypothermic avalanche victims: retrospective analysis of 32 avalanche accidents]. *Praxis (Bern 1994)* 1996; 85: 1275-1282.
- [24] Oberhammer R, Beikircher W, Hormann C et al. Full recovery of an avalanche victim with profound hypothermia and prolonged cardiac arrest treated by extracorporeal re-warming. *Resuscitation* 2008; 76: 474-480.
- [25] Mittermair C, Foidl E, Wallner B et al. Extreme Cooling Rates in Avalanche Victims: Case Report and Narrative Review. *High Alt Med Biol* 2021; 22: 235-240.
- [26] Hohlrieder M, Brugger H, Schubert HM et al. Pattern and severity of injury in avalanche victims. *High Alt Med Biol* 2007; 8: 56-61.
- [27] Brugger H, Durrer B, Adler-Kastner L. On-site triage of avalanche victims with asystole by the emergency doctor. *Resuscitation* 1996; 31: 11-6.
- [28] Brugger H, Durrer B. On-site treatment of avalanche victims ICAR-MEDCOM-

recommendation. *High Alt Med Biol* 2002; 3: 421—425.

- [29] Soar J, Perkins GD, Abbas G et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 8. Cardiac arrest in special circumstances: Electrolyte abnormalities, poisoning, drowning, accidental hypothermia, hyperthermia, asthma, anaphylaxis, cardiac surgery, trauma, pregnancy, electrocution. *Resuscitation* 2010; 81: 1400-1433.
- [30] Vanden Hoek TL, Morrison LJ, Shuster M et al. Part 12: cardiac arrest in special situations: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2010; 122: S829-S861.
- [31] Monsieurs KG, Nolan JP, Bossaert LL et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 1. Executive summary. *Resuscitation* 2015; 95: 1-80.
- [32] Mair P, Frimmel C, Vergeiner G et al. Emergency medical helicopter operations for avalanche accidents. *Resuscitation* 2013; 84: 492-495.
- [33] Wallner B, Moroder L, Brandt A et al. Extrication Times During Avalanche Companion Rescue: A Randomized Single-Blinded Manikin Study. *High Alt Med Biol* 2019; 20: 245-250.
- [34] Grasegger K, Strapazzon G, Procter E et al. Avalanche Survival After Rescue With the RECCO Rescue System: A Case Report. *Wilderness Environ Med* 2016; 27: 282-286.
- [35] Strapazzon G, Beikircher W, Procter E, Brugger H. Electrical heart activity recorded during prolonged avalanche burial. *Circulation* 2012; 125: 646-647.
- [36] Strapazzon G, Procter E, Paal P, Brugger H. Pre-hospital core temperature measurement in accidental and therapeutic hypothermia. *High Alt Med Biol* 2014; 15: 104-111.
- [37] Pasquier M, Paal P, Kosinski S et al. Esophageal Temperature Measurement. *N Engl J Med* 2020; 383: e93.
- [38] Strapazzon G, Procter E, Putzer G et al. Influence of low ambient temperature on epitympanic temperature measurement: a prospective randomized clinical study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2015; 23: 90.
- [39] Spahn DR, Bouillon B, Cerny V et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: fifth edition. *Critical Care* 2019; 23: 98.
- [40] Sumann G, Moens D, Brink B et al. Multiple trauma management in mountain environments - a scoping review: Evidence based guidelines of the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MedCom). Intended for physicians and other advanced life support personnel. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2020; 28: 117.
- [41] Papenhausen M, Burke L, Antony A, Phillips JD. Severe hypothermia with cardiac arrest: complete neurologic recovery in a 4-year-old child. *J Pediatr Surg* 2001; 36: 1590-1592.
- [42] Osborne L, El-Din AK, Smith J. Survival after prolonged cardiac arrest and accidental hypothermia. *BMJ* 1984; 289: 881.
- [43] Gillen JR, Vogel MF, Holterman RK, Skiendzielewski JJ. Ventricular fibrillation during orotracheal intubation of hypothermic dogs. *Ann Emerg Med* 1986; 15: 412-416.
- [44] Danzl DF, Pozos RS, Auerbach PS et al. Multicenter hypothermia survey. *Ann Emerg Med* 1987; 16: 1042-1055.
- [45] Soar J, Böttiger BW, Carli P et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Adult advanced life support. *Resuscitation* 2021; 161: 115-151.
- [46] Gruber E, Oberhammer R, Balkenhol K et al. Basic life support trained nurses ventilate more efficiently with laryngeal mask supreme than with facemask or laryngeal tube suction-disposable - a prospective, randomized clinical trial. *Resuscitation* 2014; 85: 499-502.
- [47] Musi ME, Sheets A, Zafren K et al. Clinical staging of accidental hypothermia: The Revised Swiss System: Recommendation of the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MedCom). *Resuscitation* 2021; 162: 182-187.
- [48] Thomassen O, Faerevik H, Osteras O et al. Comparison of three different prehospital wrapping methods for preventing hypothermia - a crossover study in humans. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2011; 19: 41.

- [49] Brown DJ, Brugger H, Boyd J, Paal P. Accidental hypothermia. N Engl J Med 2012; 367: 1930-1938.
- [50] Lott C, Truhlář A, Alfonzo A et al. Kreislaufstillstand unter besonderen Umständen. Notfall + Rettungsmedizin 2021; 24: 447-523.
- [51] Mair P, Brugger H, Mair B et al. Is extracorporeal rewarming indicated in avalanche victims with unwitnessed hypothermic cardiorespiratory arrest? High Alt Med Biol 2014; 15: 500- 503.
- [52] Rauch S, Strapazzon G, Brodmann M et al. Implementation of a mechanical CPR device in a physician staffed HEMS - a prospective observational study. Scand J Trauma Resusc Emerg Med 2018; 26: 36.
- [53] Holmberg MJ, Issa MS, Moskowitz A et al. Vasopressors during adult cardiac arrest: A systematic review and metaanalysis. Resuscitation 2019; 139: 106-121.
- [54] Finn J, Jacobs I, Williams TA et al. Adrenaline and vasopressin for cardiac arrest. Cochrane Database Syst Rev 2019; 1: Cd003179.
- [55] Corssen G, Allarde R, Brosch F, Arbenz G. Ketamine as the sole anesthetic in open-heart surgery. A preliminary report. AnesthAnalg 1970; 49: 1025-1031.
- [56] Lundgren P, Henriksson O, Naredi P, Björnstig U. The effect of active warming in prehospital trauma care during road and air ambulance transportation - a clinical randomized trial. Scand J Trauma Resusc Emerg Med 2011; 19: 59.
- [57] Buzello W, Pollmaecher T, Schluermann D, Urbanyi B. The influence of hypothermic cardiopulmonary bypass on neuromuscular transmission in the absence of muscle relaxants. Anesthesiology 1986; 64: 279-281.
- [58] Withington D, Menard G, Harris J et al. Vecuronium pharmacokinetics and pharmacodynamics during hypothermic cardiopulmonary bypass in infants and children. Can J Anaesth 2000; 47: 1188-1195.
- [59] Laycock JR, Loughman E. Suxamethonium-induced hyper-kalaemia following cold injury. Anaesthesia 1986; 41: 739- 741.
- [60] Pasquier M, Hugli O, Paal P et al. Hypothermia outcome prediction after extracorporeal life support for hypothermic cardiac arrest patients: The HOPE score. Resuscitation 2018; 126: 58-64.
- [61] Pasquier M, Rousson V, Darocha T et al. Hypothermia outcome prediction after extracorporeal life support for hypothermic cardiac arrest patients: An external validation of the HOPE score. Resuscitation 2019; 139: 321-328.
- [62] Brugger H, Bouzat P, Pasquier M et al. Cut-off values of serum potassium and core temperature at hospital admission for extracorporeal rewarming of avalanche victims in cardiac arrest: A retrospective multi-centre study. Resuscitation 2019; 139: 222-229.
- [63] Strapazzon G, Plankensteiner J, Mair P et al. Triage and survival of avalanche victims with out-of-hospital cardiac arrest in Austria between 1987 and 2009. Resuscitation 2012; 83.
- [64] Strapazzon G, Migliaccio D, Fontana D et al. Knowledge of the Avalanche Victim Resuscitation Checklist and Utility of a Standardized Lecture in Italy. Wilderness Environ Med 2018; 29: 56-60.
- [65] Kottmann A, Blancher M, Spichiger T et al. The Avalanche Victim Resuscitation Checklist, a new concept for the management of avalanche victims. Resuscitation 2015; 91: e7- e8.
- [66] Darocha T, Kosinski S, Moskwa M et al. The Role of Hypothermia Coordinator: A Case of Hypothermic Cardiac Arrest Treated with ECMO. High Alt Med Biol 2015; 16: 352-355.
- [67] Paal P, Milani M, Brown D et al. Termination of cardiopulmonary resuscitation in mountain rescue. High Alt Med Biol 2012; 13:200-208.

KONTAKTNÍ ADRESA

Dr. Simon Rauch PhD EDIC

Institut für alpine Notfallmedizin, EURAC Research und

Abteilung für Anästhesie u. Intensivmedizin, Krankenhaus Meran Drususallee 1

I - 39100 Bozen

simon.rauch@eurac.edu