

13 Popáleniny

Burns

Cílem kapitoly je porozumět epidemiologii a patofyziologii popáleninového úrazu, porozumět způsobu hodnocení hloubky a rozsahu popálení, pochopit priority léčby u popáleného, rozumět specifickým zvláštnostem termického úrazu, elektrotraumatu i chemické popáleniny (poleptání).



Požár vozidla za I. války v Perském zálivu 1991.

Prohlédni si o obrázek. Na co budeš myslet a co jako první uděláš? Jaké budeš předpokládat problémy, pokud bys řešil situaci s hromadným výskytem popálených?

Kasuistika

Voják vážící 75 kg na sebe v 06,00 hodin převrhl nádobu s horkou vodou a opařil se (měl na sobě polní uniformu). Ke zdravotnickému ošetření se dostavil v 06.30 hod a bylo zjištěno, že má popáleniny v celém rozsahu dolních končetin se smíšeným stupněm hloubky postižení, s erytémem na hýždích a hrázi. Celkový rozsah popálené plochy (Total Body Surface Area – TBSA) byl odhadnut na 36 %. V době hodnocení závažnosti popálenin a zavedení periferních nitrožilních kanyl bylo 07.00 hod.

Jaké jsou neodkladné priority? Jaké jsou požadavky na náhradu tekutin u tohoto zraněného?

Úvod

Popáleniny jsou stresujícím a komplikovaným poraněním. Nedostatek znalostí o úrazu a současně nepříjemný vnější projev popáleniny mohou způsobit, že záchránce zapomene při ošetřování úrazů postupovat podle základních principů. Počáteční ošetřování a léčba popálených se neodlišuje od obecných principů BATLS.

Při termických úrazech dává nejlepší šanci na přežití dodržování principů BATLS.

13.1 Epidemiologie

Většina popálenin ve vojenském prostředí je víceméně náhodná (např. ve Vietnamu 54 % nebo velká část ze 73 civilních popálených léčených v britské polní nemocnici v průběhu válečných bojů v Iráku v roce 2003).

Ve válečných konfliktech se popáleniny historicky vyskytují v rozmezí 5-15 % ze všech zraněných. Ale v operaci Iraqi Freedom (březen 2003 - březen 2004) bylo z celkového počtu 979 zraněných amerických vojáků popálených jen 2 % ze všech zraněných v boji (WIA – Wounded in Action). Většina popáleninových úrazů není příliš významná: asi 80 % popálenin vzniklých na bojišti je v rozsahu menším než 20 % tělesného povrchu. Počet popáleninových úrazů se mění v závislosti na charakteru a typu bojového nasazení, přičemž vyšší počet popálených se objevuje při námořních bitvách.

Popálení v důsledku bojové činnosti mají ve srovnání s většinou zkušeností z civilního prostředí daleko vyšší riziko výskytu přidružených netermických poranění.

Provedená analýza úmrtí a zranění při námořních bitvách ukázala, že příčinou usmrcení bývá nejčastěji blast syndrom, zatímco nejčastější příčinou zranění je ožeh plamenem nebo požár. Ze všech zemřelých se v 86% jedná o následek původních zbraňových účinků (z nich v 84% se jedná o blast a ve 2 % o střepinová poranění); ve 14 % jde o sekundární efekt (nejčastěji účinky kouře a zplodin hoření).

Číselné údaje u zraněných jsou srovnatelné: 79 % je důsledkem primárního efektu zbraně (19 % blast, 51 % ožeh nebo oheň, 6 % střepinová poranění) a 21 % zraněných je důsledkem sekundárního efektu (opět nejčastěji následkem účinku kouře, ale též následkem podchlazení a utonutí při opouštění lodí).

13.2 Patofyziologie

Přímé tepelné trauma vyvolává při teplotě nad 45 C° postupnou smrt buněk, teplota vyšší než 60 C° vyvolá smrt buněk téměř okamžitě. Teplo je rovněž rozvedeno do okolních tkání a způsobuje subletální zánětlivé poranění. Tento zánět se projevuje zvýšenou kapilární propustností a ztrátou tekutin z intravaskulárního prostoru.

Časné chlazení popáleniny může zmenšit závažnost místní zánětlivé reakce.

Klinický dopad zánětu se rozvíjí několik hodin a je v přímém vztahu k celkovému objemu zasažené tkáně. Ten se vyjadřuje v procentech popálení z celkového tělesného povrchu (% Total Body Surface Area Burned - TBSAB). Většina povrchových popálenin způsobuje pouze erytém bez účinku na propustnost kapilár. Tento druh popálenin by se neměl brát v úvahu při kalkulaci celkového popáleného povrchu těla (% TBSAB).

Popáleniny nad 15 % tělesného povrchu (u dětí nad 10 %) způsobují ztrátu intravaskulárních tekutin. V těchto případech by mělo být i.v. podáváno dostatečné množství tekutin. Popáleniny s rozsahem větším než 25 – 30 % tělesného povrchu vyvolávají masivní aktivaci zánětlivých mediátorů, které způsobují rozvoj syndromu systémové zánětlivé reakce (Systemic Inflammatory Response Syndrom - SIRS). Tento děj se vyvíjí postupně několik hodin od vzniku termického poranění. Klinické příznaky SIRS zahrnují nízký krevní tlak, tachykardii a pyrexii, jejich projevy mohou být i zpožděny. Toxiny uvolňované z popáleninové rány nadále stimulují rozvoj SIRS.

Popálenina > 25 % tělesného povrchu může způsobit život ohrožující systémový zánět (SIRS).



Povrchní kožní popáleniny

13.2.1 Inhalační trauma

Inhalační poranění neznamena samostatný syndrom, ale sestává z různých kombinací skutečného popálení dýchacích cest, postižení plic a celkové otravy.

13.3.1.1 Popálení dýchacích cest

Je způsobeno nadechnutím horkých plynů (plamen, kouř nebo pára). Poranění je zpravidla omezeno na horní cesty dýchací a vede ke vzniku otoku s možností úplné obstrukce dýchacích cest. Otok se rozvíjí několik hodin, s maximem mezi 12 a 36 hodinami. Pára způsobuje postižení dolních dýchacích cest (pod hlasovými vazy), a to mnohem častěji než kouř nebo plamen.

13.3.1.2 Postižení plic

Vzniká vdechnutím zplodin hoření do dolních dýchacích cest, kde se tyto zplodiny rozpouštějí v tekutině produkované epitelem bronchiálního stromu a v alveolech. To vede k chemickému postižení plic a různému stupni respiračního selhání. Respirační selhání často vzniká opožděně (hodiny až dny).

13.3.1.3 Celková otrava

Vzniká vstřebáváním vdechnutých zplodin hoření. Jedná se o nejčastější příčinu úmrtí při požárech v uzavřeném prostoru. Nejdůležitějšími toxickými sloučeninami jsou oxid uhelnatý a kyanidy.

Za přítomnosti karboxyhemoglobinu (COHb) jsou údaje na pulsním oxymetru nespolehlivým indikátorem saturace kyslíku (SpO₂).

Není znám žádný způsob měření, jak kvantifikovat závažnost inhalačního poranění, ale jeho přítomnost významně zhoršuje prognózu popáleného.

13.2.2 Hloubka kožních popálenin

Klasifikace popálenin je čistě popisná a jednoduše ukazuje hloubku postižení.

13.3.2.1 Popáleniny epidermální (epidermal burns)

Vyvolávají pouze erytém, který je podobný jako při spálení sluncem. Tato poranění se rychle hojí a jejich plocha se nepočítá při kalkulaci celkového popáleného povrchu těla (% TBSAB).

13.3.2.2 Popáleniny povrchní (partial thickness burns)

Dochází k částečnému postižení kůže. Dělí se na povrchní a hluboké dermální.

- Povrchní dermální popáleniny (superficial dermal burns) jsou vlhké a vznikají na nich puchýře. Adnexa uložená hlouběji v dermis jsou zachována. Kůže při stlačení je bělavá a kapilární návrat je zachován. Je-li taková rána řádně ošetřována, popálenina by se měla zhojit do dvou týdnů.
- Hluboké dermální popáleniny (deep dermal burns) jsou tmavší červené barvy, která nebělá. Toto „pevné nastavení“ je způsobeno poškozením hlouběji uložených krevních kapilár i dalších cév. Popáleniny se jen zřídka hojí spontánně do dvou týdnů a často vyžadují kožní transplantace.

13.3.2.3 Popálení v celé síle kůže (full thickness burns)

Tyto popáleniny způsobují celkovou destrukci dermis, vytváří se pevná kožovitá nekrotická vrstva (eschara). Ta může rovněž vypadat voskově bíle nebo červeně jako krab (trvalé zbarvení). Indikátorem je nepřítomnost vlasů a ochlupení nebo snadné uvolnění chlupů jemným tahem. Saze nebo ožehlé tkáně mohou překrývat skutečný vzhled hluboce popálené kůže. V těchto případech je s výjimkou velmi malých plošek vždy nutné chirurgické řešení.



Popálení v celé síle kůže (akutní)

Míra bolesti není spolehlivým ukazatelem hloubky postižení. Popáleniny nejsou homogenní a může se vyskytnout jak erytém, tak částečné dermální postižení a současně i popálení v celé síle.

Hloubka popálení nemá větší vliv na resuscitační požadavky, ale bude později určovat způsob ošetřování rány. Pokoušet se v prvních hodinách přesně definovat hloubku postižení není nutné – to je cílem až dalšího postupu při ošetřování popáleniny.

13.2.3 Rozsah popálené kůže

Odhad rozsahu popálené plochy může být v polních podmínkách obtížný, v těchto situacích je přijatelné určité zjednodušení. Podle odhadu rozsahu popálené plochy se pak řídí náhrada tekutin infuzemi, která může být dále upřesňována v průběhu odsunu jednotlivými zdravotnickými etapami. Pomůckou pro výpočet procenta celkového popáleného povrchu těla (% TBSAB) je pravidlo devíti (příloha A), tabulky podle Lunda a Browdera (příloha B) a **pravidlo sestupného odhadu**. U sestupného odhadu si odpověz postupně na následující otázky, dokud nemůžeš určit rozsah popáleniny:

- je popálena více než polovina těla?
- pokud ne, je popálenina mezi 1/2 a 1/4 tělesného povrchu?

- pokud ne, je popálenina mezi 1/4 a 1/8 tělesného povrchu?
- pokud ne, je popálenina na menší ploše než je osmina tělesného povrchu?

U velmi rozsáhlých popálenin je často jednodušší zjistit jaký rozsah tělesného povrchu není popálen. Pro odhad velikosti u malých popálenin může být použita velikost ruky popáleného se sevřenými prsty, neboť tato plocha odpovídá 1% celkového tělesného povrchu (TBSA) postiženého.

Při neodkladném ošetřování těžkých popálenin není nutné vyhodnocovat hloubku popálení, s výjimkou případů cirkulárního hlubokého popálení, kde je nutno zvažovat neodkladnou escharotomii.

13.3 Bezprostřední opatření a první pomoc

Účinná první pomoc může významně zlepšit další průběh a výsledky léčby popáleninových úrazů.

Prvním úkolem je zamezit účinku tepelné noxy – zastavit hoření. Toho lze nejlépe dosáhnout ponořením postižené tělesné oblasti do chladné vody, svlečením doutnajícího oděvu nebo oděvu prosáklého horkou tekutinou při opaření. Všechny náramky, prsteny, hodinky apod. je nutno sundat, stejně tak boty a opasky.

Je-li podezření na chemické popáleniny, proved' adekvátní dekontaminaci. Po zastavení účinku tepelné noxy pokračuj v chlazení popáleniny. To má jednak analgetický efekt a jednak tlumí lokální zánětlivou reakci. Nejvhodnější je studená voda, přednostně tekoucí (čistá z láhve nebo z vodovodního kohoutku, je-li dostupný). Nepoužívej velmi studenou vodu nebo led. Dlouhodobé chlazení a chlazení velkých ploch může vyvolat až celkové podchlazení a proto postupuj uvážlivě. Maximální požadavek „popáleninu chlad' ale zraněného zahřívěj“ je naprosto oprávněný, ale u rozsáhlých popálenin těžko dosažitelný.

Popáleninu chlad', zraněného zahřívěj!

Je-li dostupný, aplikuj co nejdříve na popálenou plochu krycí foliový obvaz Clingfilm (ale ne na chemické popáleniny před dekontaminací). Neaplikuj Clingfilm na popáleninu cirkulárně (např. na končetinách), může dojít ke konstrikcí způsobené vznikajícím otokem. Jinou možností je nepřítisně naložený kapesní obvaz nebo čistá gáza. Chlazení může pokračovat přes Clingfilm pomocí ob vazů zvlhčených studenou vodou.

Ruce můžeš lehce namazat parafinovým olejem a vložit je do plastických sáčků. Pro krytí obličej e použij zvlhčenou gázu s vystřiženými otvory pro oči a ústa.

V popáleninových centrech Indii se s dobrým efektem používají chlazené banánové listy jako neadherující kryty na ránu. Improvizaci při zachování základních zásad ošetření se meze nekladou.

13.4 Lékařské ošetření

Postupuj standardně podle principů neodkladné péče v polních podmínkách a proved' prvotní vyšetření s využitím postupu <C> z ABCDE. Zraněný mohl utrpět popáleniny při zásahu blastem, při skoku z hořící budovy nebo mohl být vyproštěn z hořícího automobilu v důsledku autohavárie. Níže jsou popsány jednotlivé kroky prvotního vyšetření a ošetření u popálených.

13.4.1 <C> - Masivní zevní krvácení

Cílem tohoto kroku je zástava masivního zevního krvácení (viz příslušné kapitoly).

13.4.2 A – Airway

Otok dýchacích cest postupně od vzniku inhalačního popálení dýchacích cest narůstá (i mnoho hodin) a nemusí být přítomný v době prvotního vyšetření. Proto u zraněných, kde hrozí riziko rozvoje otoku dýchacích cest, na tuto komplikaci včas mysl, předpokládej ji a počítej s ní. Na možnost popálení dýchacích cest ukazuje přítomnost kterékoli z následujících známek:

- vystavení ohni nebo kouři v uzavřeném prostoru,
- vystavení tlakové vlně (blastu),

- kolaps, zmatenost nebo neklid v kterékoli době,
- chrapot nebo jakákoli změna hlasu,
- chrčivý kašel,
- stridor,
- popálenina obličeje plamenem nebo párou,
- ožehlé chlupy v nose,
- saze ve slinách nebo sputu,
- zanícený hltan.

Klíčem ke správné diagnóze inhalačního poranění je včas a dostatečně na něj myslet!

Je-li dostupný, podávej podpůrně kyslík. Odpovědně zhodnot' situaci, kde je vysoké podezření na inhalační poranění, ale nejsou příznaky obstrukce horních dýchacích cest. Pokud se domníváš, že je zraněného s podezřením na inhalační trauma možno transportovat bez nutnosti zabezpečení dýchacích cest, ošetřuj a transportuj ho v poloze vsedě. Je-li zřejmá obstrukce dýchacích cest, zraněného zaintubuj (otok se velmi pravděpodobně rozvine). Ve většině případů jsou nicméně popálení při vědomí a endotracheální intubace by bez předchozí celkové anestézie zraněného byla nemožná. Při resuscitaci v polních podmínkách nebudou anesteziologové k dispozici a dýchací cesty bude nutné zajistit u zraněného při vědomí chirurgickým přístupem (koniopunkce, koniotomie), s využitím lokální anestézie.

13.4.3 B - Breathing

Plicní projevy popálenin se vyskytují bezprostředně po úrazu jen velmi zřídka. Jsou-li dýchací cesty průchodné, jediným pravděpodobným efektem, který může ovlivnit respirační funkce v prvních hodinách po úrazu, je omezení dýchacích pohybů u hlubokých cirkulárních popálenin trupu. Tento stav je indikací pro neodkladné escharotomie.

Hluboké cirkulární popáleniny trupu vyžadují neodkladné provedení escharotomií.

Uvědom si následující: zraněný, který při výbuchu utrpěl současně popáleniny a má postupně se zhoršující dechovou tíseň, může rovněž mít zhmoždění plicní tkáně. U podezření na inhalační trauma změř hodnoty krevních plynů a karboxyhemoglobinu (COHb) (dostupnost analyzátorů na Roli 2 a Roli 3). Znamky těžké otravy CO zahrnují útlum dýchání, hypotenzi a koma. Při inhalaci 100% kyslíku se zkrátí poločas COHb na 40 – 80 minut (při dýchání vzduchu je 4 – 6 hod), při dýchání hyperbarického kyslíku je biologický poločas COHb redukován na pouhých 15 – 30 minut.

Hlavní léčebnou metodou při otravě CO je podávání 100% kyslíku. U zraněných v komatu pro otravu CO je indikován hyperbarický O₂ (je-li k dispozici).

13.4.4 C – Circulation

Hypovolemický šok způsobený popáleninou se vyvíjí v čase (klinické známky se objevují postupně). Pokud má popálený známky popáleninového šoku časně, musí být vyloučeno jiné poranění. Traumatický šok by měl být léčen souběžně a nezávisle na náhradě tekutin nutných pro popáleninový úraz.

Jsou-li časně vyjádřeny známky hypovolemického šoku, musíš vyloučit jiná poranění!

Pro tekutinovou resuscitaci zaveď nitrožilní kanylu, přednostně přes nepostiženou kůži. V nouzové situaci ji můžeš zavést i přes kůži popálenou. V indikovaných případech použij intraoseální vstup nebo preparaci periferní žíly. Poslední možností je kanylace centrálního žilního systému.

Nitrožilní podávání tekutin je nutné u popálenin větších než 15 % celkového tělesného povrchu u dospělých a více než 10 % u dětí. Existuje mnoho různých vzorců či formulí tekutinové resuscitace u popálenin. Některé využívají krystaloidní roztoky, jiné koloidy a některé kombinují oba druhy náhradních roztoků. V současné době používá britská vojenská praxe k tekutinové resuscitaci popálených krystaloidní roztoky. Níže jsou uvedeny příklady výpočtů objemu krystaloidů pro tekutinovou resuscitaci pro prvních 24 hodin od úrazu.

- **Parklandská formule**

*Potřebné množství krystaloidů za prvních 24 hodin (ml) =
4 x hmotnost (kg) x % celkového popáleného tělesného povrchu.*

- **Modifikovaná Brookova formule**

*Potřebné množství krystaloidů za prvních 24 hodin (ml) =
2 x hmotnost (kg) x % celkového popáleného tělesného povrchu.*

Učebnice resuscitace a popáleninové medicíny doporučují „použití 2–4 ml/kg/% celkového popáleného tělesného povrchu“.

Tyto rozdílné vzorce ukazují jak variabilní mohou být požadavky na náhradu tekutin u různých zraněných (anebo dokonce u jednoho nemocného v různé době).

U všech uvedených formulí pro použití krystaloidů platí, že polovina vypočteného množství se podá v prvních osmi hodinách od úrazu a druhá polovina v následujících šestnácti hodinách. Tekutiny se hradí ve formě Hartmannova roztoku.

Požadavky na náhradu tekutin jsou předkalkulovány jak pro dospělé tak pro děti v tzv. popáleninovém kalkulátoru (příloha C). K jeho použití je nutné určení doby od vzniku popálení (k nejbližší celé hodině), stanovení rozsahu popálení (k nejbližším 10%) a odhad tělesné hmotnosti oběti (k nejbližším 10 kg). Popáleninový kalkulátor je založen na principu Parklandské formule.

Tělesnou hmotnost u dětí můžeš určit pomocí vzorce:

$$\text{tělesná hmotnost (kg)} = (\text{věk v letech} + 4) \times 2$$

Parklandská formule „nadhodnocuje“ požadavky na náhradu tekutin u malých popálenin u dětí a „podhodnocuje“ požadavky pro rozsáhlé popáleniny. Popáleninový kalkulátor využívá výpočtu založeného na nomogramu tělesného povrchu u dětí, s cílem vytvořit přesnější odhad požadovaného množství tekutin.

Formule pro náhradu tekutin u popálených poskytují počáteční výpočet pro tekutinovou resuscitaci. Nadále je ale nezbytné monitorování klinických údajů pro adekvátní infuzní léčbu (dechová frekvence, puls, krevní tlak, diuréza) je ale nadále nezbytné.

Nejjednodušším ukazatelem přiměřenosti tekutinové resuscitace je výdej moči. Cílem je udržet hodinovou diurézu mezi 0,5 – 1,0 ml/kg hmotnosti/hodinu, u dětí by tato hodnota měla být dvojnásobná. Rozsáhlé popáleniny v celé síle kůže a ty, které jsou spojeny s inhalačním traumatem, často vyžadují velmi vysoké objemy tekutin pro resuscitaci.

Tekutinová resuscitace vyžaduje trvalé monitorování a podávání tekutin podle reakce zraněného na léčbu!

Další tekutiny podávej jako náhradu krevních ztrát způsobených jinými přidruženými zraněními a k pokrytí bazální denní potřeby tekutin.

13.4.5 D – neurological Deficit

Snížená kvalita vědomí, zmatenost a neklid obvykle znamenají hypoxii. Zvaž možnost dalšího zranění a inhalačního traumatu (zejména otrava CO). I v polních podmínkách uvažuj o možnosti požití léků, resp. drog nebo alkoholu.

13.4.6 E – Exposure, Environment and Extremities

U zraněného vyšetři celé tělo (kromě popálenin je možná přítomnost i dalších úrazů), nezapomeň na prevenci hypotermie. Odkryj postupně vždy jen jednu končetinu s cílem zabránit podchlazení. Někdy je možné zhodnotit popáleninu i bez odstranění dříve přiloženého Clingfilmu. Zajisti, aby na zraněném nezůstaly předměty nebo součásti oděvu, které mohou působit zaškrcení krevního oběhu - náušnice, prsteny, obuv a opasek. Je-li to možné, udržuj příjemnou vyšší teplotu prostředí. U cirkulárních popálenin na končetinách postihujících celou tloušťku kůže, které

nepříznivě ovlivňují prokrvení distálních částí, je nutno provést escharotomii (incise přes celou tloušťku popálené kůže).

Popálení ztrácejí schopnost termoregulace. Pokud je zraněný obnažen v chladné místnosti, na vyšetřovně či na operačním sále, hypotermie se stává významným rizikovým faktorem.

Popáleniny jsou velmi bolestivé a pacienti jsou často vyděšení. Podle potřeby podávej analgeika i.v. (morfin, ketamin).

13.5 Odsunové třídění

Odsunuj podle následujících priorit:

- Podezření na inhalační trauma T1
- Popáleniny na více než čtvrtině povrchu T1
- Escharotomie provedeny nebo nutno provést T1
- Popáleniny v rozsahu 1/4-1/8 tělesného povrchu T2
- Chemické / elektrické popáleniny T2
(pokud není současně faktor indikující T1)
- Popáleniny na méně než osmině tělesného povrchu T3

13.6 Další opatření

U popálenin s rozsahem větším než 25 % tělesného povrchu je nutno zavést nasogastrickou sondu a permanentní močový katétr.

13.6.1 Antibiotická profylaxe

Popáleniny jsou obvykle zpočátku sterilní a infekce během několika prvních dnů nebývá běžná. U nekomplikovaných popálenin „civilního“ typu není nutno provádět antibiotickou profylaxi. V polních podmínkách se ale předpokládá kontaminace rány a antibiotika jsou indikována.

13.6.2 Escharotomie (uvolňující nářezy)

Nekrotická vrstva hluboce popálené kůže se stává pevnou a nepoddajnou. Narůstá otok hlubších tkání, eschara (krusta) odolává otoku a ve tkáních narůstá tlak. Jde-li o cirkulární postižení, může být porušena perfuze distálních částí končetin a na trupu dojde k omezení ventilace (dýchacích pohybů). Léčebným výkonem je chirurgické protěti zaschlé krusty (eschary) – „escharotomie“. Cirkulární popáleniny trupu, které omezují ventilaci, představují chirurgicky neodkladný stav. V této situaci je nezbytné provést uvolňující nářezy trupu (Role 1 nebo Role 2).

V průběhu prvních několika hodin se escharotomie končetin obvykle neprovádí, nejlepší je provést tento zákrok v adekvátních podmínkách operačního sálu. Jsou-li uvolňující nářezy řádně provedeny, pak významně krvácí a je nezbytné provádět hemostázu. Pokud nehrozí významné zpoždění v odsunu, má být tento operační výkon proveden až na Roli 3. Linie volby k provedení escharotomií jsou znázorněny na obrázku níže. Vzhledem k tomu, že normální ventilace se realizuje pomocí pohybů bránice, je důležité provést i horizontální uvolňující nářez nad horní polovinou břicha.



Linie k provádění uvolňujících nářezů (tečkovaná čára).

Vyvaruj se incizím nad klouby.

13.7 Elektrické popáleniny

Průchod elektrického proudu organismem vyvolává teplo, které může způsobit popáleniny. Typ poranění závisí na elektrickém napětí.

Nízké napětí (méně než 1000 voltů). Zahrnuje normální domácí elektrický proud 240 voltů. Elektrotrauma vede ke kontaktním kožním popáleninám v místě vstupu a výstupu proudu. Poškození tkání zasahuje přes celou sílu kůže tak, že mohou být postiženy hluboké struktury bezprostředně pod ranami.

Vysoké napětí (vyšší než 1 000 voltů). Místa vstupu a výstupu jsou masivně pohmožděna. Mohou být přítomny mnohočetné rány vstupu a výstupu, protože elektrický proud může vytvořit elektrický oblouk přes klouby. Tak jak proud proniká i hlubokými tkáněmi, vzniká jejich rozsáhlé poškození. Mohou být zničeny celé kompartmenty, někdy bez zasažení nad nimi ležící kůže. Velmi často v důsledku zničení svalů vzniká kompartment syndrom, a proto musí být končetiny pravidelně sledovány zejména z pohledu neurovaskulárních poruch. Práh bolesti jak pro escharotomie tak pro fasciotomie by měl být nízký.

Zřetelná kožní rána bude jen nepatrným projevem skutečného rozsahu elektrotraumatu.

Spoléhání na Parklandskou formuli může vést k nedostatečné resuscitaci tekutinami. Zvýšenou pozornost je třeba věnovat sledování hodinové diurézy. U rozsáhlých elektrotraumat dochází k vylučování rozpadových produktů hemoglobinu a myoglobinu, které jsou příčinou možného vzniku ledvinového selhání. Prevencí ledvinového selhání je podávání dalších tekutin infuzemi s cílem dosáhnout hodinové diurézy alespoň 2 ml/kg/hodinu.

Zásah elektrickým proudem vede často k pádům a k silným tetanickým křečím, je zde proto vysoké riziko vzniku přidružených poranění. Poruchy srdečního rytmu mohou být následkem průchodu elektrického proudu přes hrudník. Srdeční zástava je často reverzibilní a na místě je dlouhodobá KPR.

Ve všech případech zasažení elektrickým proudem je nutno provést 12-ti svodové EKG.

13.8 Chemické popáleniny

Při ošetřování kontaminovaných či poleptaných zraněných vzniká značné riziko i pro zasahující. Všichni, kteří pracují s takto zraněnými, se musí chránit příslušnými ochrannými pomůckami. Veškerý oděv a materiál zasažených (i použitá voda k oplachům a omývání) se považují za kontaminované a musí se s nimi takto zacházet. Základním způsobem léčby je v každém případě dlouhodobé oplachování zasažených ploch velkým množstvím vody. Najdeme-li zbytky chemické látky, musí být nejdříve odstraněny. Pak se odstraňuje zasažený oděv včetně spodního prádla. Použití mýdel je nesprávné, nutností je dlouhodobá irigace vodou.

Hlavním způsobem léčby chemických popálenin je dlouhodobé omývání množstvím vody.

Řešením potřísnění je ředění! (The solution to pollution is dilution!)

Omývání vodou musí trvat alespoň 20 – 30 minut. Kyseliny způsobují koagulační nekrózu a vznikající krusta napomáhá zmírňovat penetraci činidla. Louhy vyvolávají kolikvační nekrózu, proto je průnik činidla do hlubších tkání daleko závažnější a irigace vodou zde má trvat delší dobu – alespoň jednu hodinu. Nezapomeň přitom na riziko vzniku podchlazení. Jakmile se podařilo zastavit chemickou reakci způsobující popálení (poleptání), je další léčebný postup stejný jako u jiných popálenin. Krytí chemické popáleniny Clingfilmem by na kůži zadrželo všechny zbytky chemického činidla a došlo by k dalšímu tkáňovému poškození. Je proto absolutně nutné se přesvědčit, že před aplikací Clingfilmu byly všechny zbytky chemické látky odstraněny. Použití neutralizačních činidel může vyvolat exotermickou reakci a ještě zhoršit stávající popáleninovou ránu, proto se všeobecně jejich použití nedoporučuje. Zpočátku zdánlivě neškodné poranění se může vyvinout ve velmi závažný stav. Někdy je nutno podat specifická antidota. Chemické popáleniny se mají odborně konzultovat, kdykoli je to možné. Poleptání očí vyžaduje velmi dlouhé

vyplachování vodou. Doporučujeme časnou konzultaci a odborné vyšetření a ošetření oftalmologem.

Benzín, petrolej a nafta způsobují chemické popáleniny, které se zpočátku jeví jako povrchní ale mohou se zhoršovat a vyvíjet až k hlubokému poškození v celé síle kůže.

Rozsáhlá popálená plocha nebo dlouhodobá expozice vedou k rozvoji celkových toxických příznaků. Léčba je stejná jako u jiných chemických popálenin.

13.8.1 Popáleniny fosforem

Bílý fosfor ulpívá na povrchu předmětů i těla a hoří jasným žlutým plamenem, přičemž vzniká hustý bílý kouř. Hoří rychle a vznikající teplota je obvykle dostatečná ke vznícení vojenského oděvu a podobných materiálů. Voda materiál prudce ochladí a zmírní dočasně hoření bílého fosforu, ale neodstraní jej z povrchu, kde lpí. Jakmile voda oschne a fosfor je opět vystaven vzduchu, dojde opět k jeho vznícení.

Ošetření fosforové popáleniny

Většina popálenin bílým fosforem vzniká při výbuchu munice, přičemž vznikají i další přidružená poranění. Kožní popáleniny způsobené bílým fosforem jsou kombinací chemické a termické popáleniny.

- Prvotní ošetření - uhas hoření a zabývej se život ohrožujícím poraněním.
- Odstraň viditelné částičky fosforu, dbej bezpečnostních pravidel.
- Odstraň veškerý potřísněný oděv ještě než bílý fosfor zasáhne kůži.
- Ránu pečlivě oplachuj vodou, přilož obklad s mýdlem a udržuj ho neustále vlhký (dokud se zraněný nedopraví na chirurgické pracoviště). Tato prevence opětovného vznícení je důležitá zejména při transportu z místa poskytnutí prvotního do místa definitivního ošetření nebo na operační sál.
- Používej studenou vodu (bílý fosfor má nízký bod tání a samovznícení).
- Pevné částice fosforu umísti do sklenice studené vody k zabránění opětovného vznícení při vysušení (nepoužívej polní láhev na vodu!).

Červený fosfor se chová inertně a může být odstraněn jednoduše omytím a oplachem vodou (povrchové potřísnění, spolknutí). Zamez účinku jiných fyzikálních faktorů na červený fosfor (např. teplo, sluneční světlo, tření). Mohly by vyvolat jeho vznícení nebo přeměnu na bílý fosfor

Chirurgická péče

Odstranění všech částic fosforu je často nutné provést chirurgickým způsobem (debridement). Nepokoušej se o definitivní uzavření rány, dokud není dokonale mechanicky vyčištěna a dekontaminována. Tento postup je dále rozveden v příloze D.

Roztoky modré skalice

Podle současných znalostí je u popálenin bílým fosforem použití síranu měďnatého neopodstatněné. Toto je rovněž zmiňováno v příloze D.

Poranění fosforovým kouřem

Nejčastějším poraněním je podráždění spojivek a sliznic. Tato poranění nejsou zpravidla závažná a mají tendenci upravit se spontánně po jednoduchém omytí poskytnutí první pomoci, pokud ovšem nejsou stejná místa současně přímo zasažena bílým fosforem,.

13.9 Popáleniny při hromadném neštěstí

Při poskytnutí adekvátní léčby je možné i u rozsáhlých popálenin dosáhnout přežití zraněného a zajištění dobré kvality jeho života. Dnes již není přijatelné svévolně zvolit určité procento rozsahu popáleniny a ve všech případech s vyšší hodnotou rozsahu považovat léčbu za marnou. Nicméně vysoké nároky na léčbu popálenin vyžadují pečlivé zhodnocení a provedení třídění jednotlivých popálených za situací, kdy jsou zdroje omezené. Faktory, které významně snižují šanci na přežití termického úrazu, jsou:

- inhalační trauma (kromě izolovaného orofaryngeálního otoku),
- hluboké popáleniny většího rozsahu než 80 % celkového tělesného popáleného povrchu,
- věk vyšší než 60 roků,
- významné přidružené nemoci nebo úrazy.

Přítomnost dvou nebo více těchto faktorů by měla být v rámci třídění prvním kritériem pro uvažování o stanovení kategorie T 4. S cílem uvolnění omezených zdrojů v podmínkách hromadného neštěstí lze u popálenin k léčbě využít pouhý perorální příjem tekutin (u popálených s rozsahem 20 % tělesného povrchu a více). K tomu mohou být využity Moyerův roztok nebo patřičné roztoky pro perorální rehydrataci. Stejně tak efektivní může pravděpodobně být i podání normální diety s doplňky vody navíc. Problémem je, že u některých popálených může zánětlivý proces ovlivnit zažívací trakt a může interferovat s perorální absorbcí.

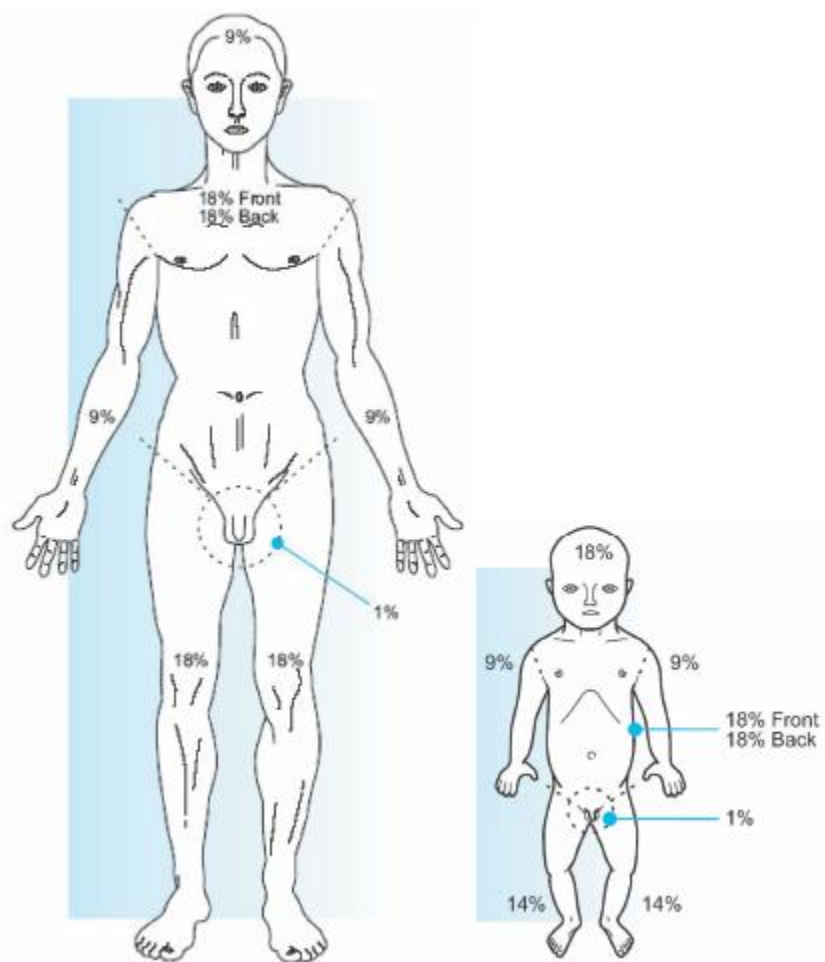
13.10 Závěr

Přemýšlej o případu uvedeném na začátku kapitoly.

Zasahoval bys do způsobu léčby?

Měnil bys požadavky na náhradu tekutin, které jsi zpočátku odhadoval?

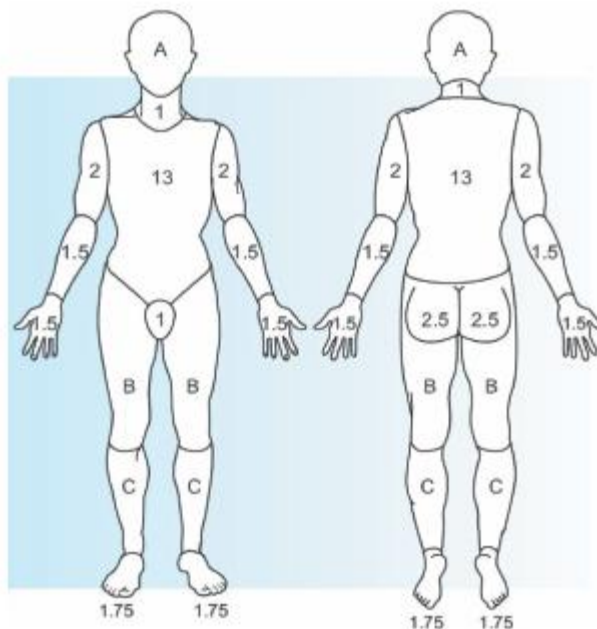
Příloha A: Pravidlo devíti



Dospělý

Dítě

Příloha B: Tabulka podle Lunda a Browdera



Nezapočítávej prostý erytém.

Postižení částečné.

Postižení v celé síle kůže.

Věk	A%	B%	C%
0	9,5	2,75	2,5
1	8,5	3,25	2,5
5	6,5	4	2,75
10	5,5	4,5	3
15	4,5	4,5	3,25
Dospělý	3,5	4,75	3,5

Oblast	%
Hlava	
Krk	
Trup zepředu	
Trup zezadu	
Horní končetina pravá	
Horní končetina levá	
Hýždě	
Genitál	
Dolní končetina pravá	
Dolní končetina levá	
Celkem	

Příloha C: Kalkulátor popálenin

NÁVOD

A. DEFICIT TEKUTIN PO POPÁLENÍ

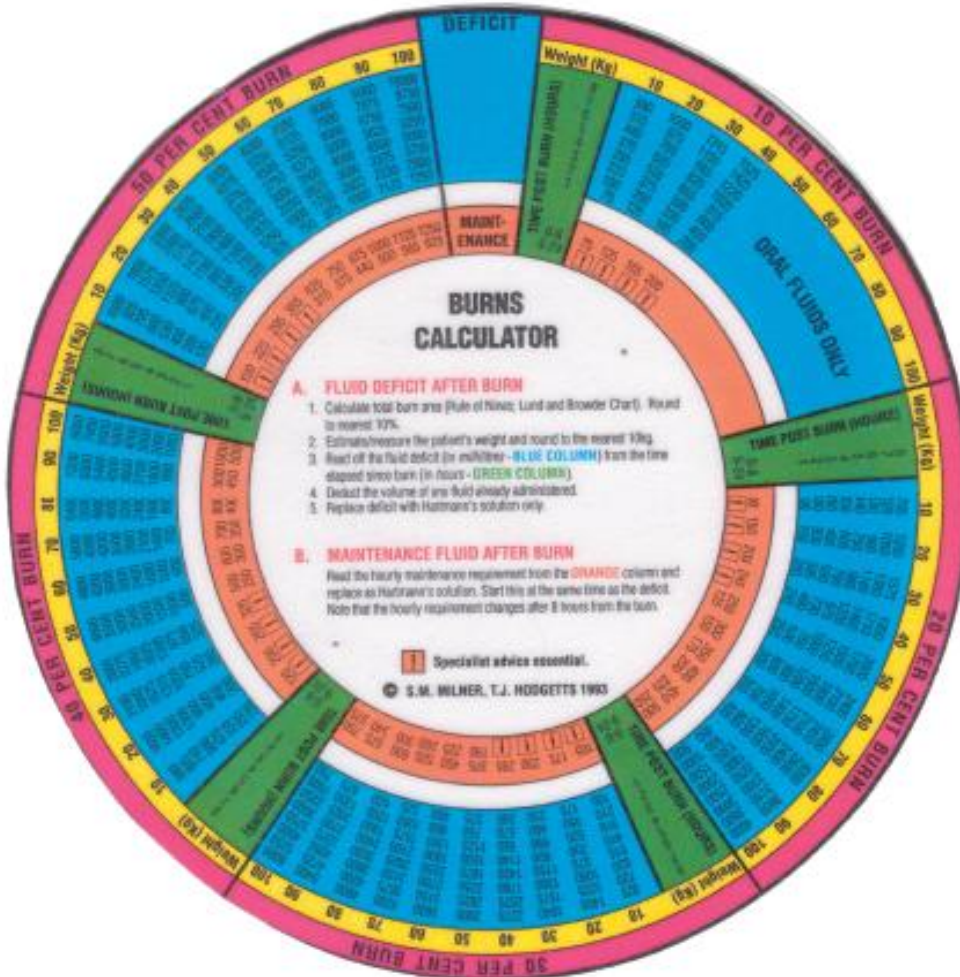
1. Stanov celkovou popálenou plochu, zaokrouhli k nejbližším 10 %.
(Pravidlo devíti; tabulky podle Lunda a Browdera).
2. Zvaž zraněného nebo odhadni jeho váhu. Zaokrouhli ji k nejbližším 10 kg.
3. Zjisti deficit tekutin (v mililitrech - MODRÝ SLOUPEC) podle času uplynulého od vzniku popáleniny (v hodinách – ZELENÝ SLOUPEC).
4. Zjisti objem již podaných tekutin.
5. Nahraď zjištěný deficit pouze krystaloidním roztokem (Hartmannův roztok).

B. PODÁVÁNÍ TEKUTIN PO POPÁLENÍ

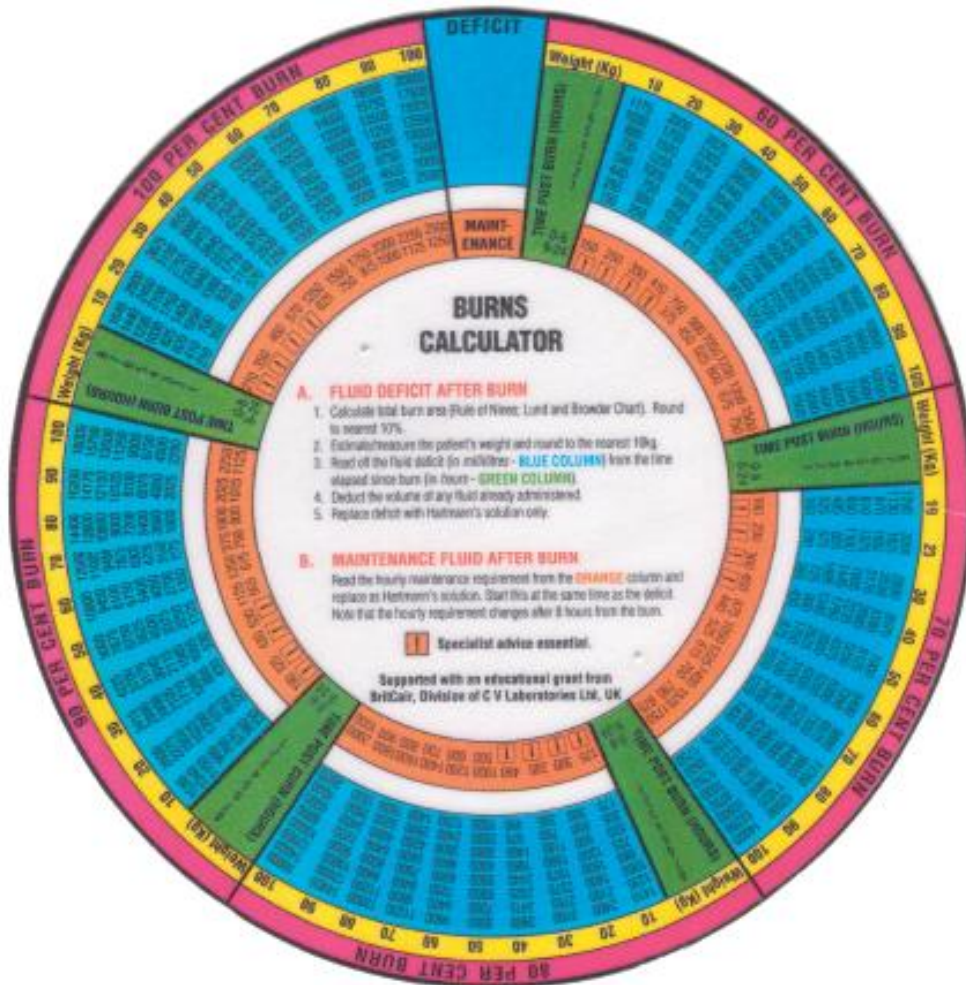
1. Zjisti požadované hodinové množství tekutin (ml) na ORANŽOVÉM sloupci a v tomto množství podávej Hartmannův roztok.
2. Zahaj tuto náhradu ve stejné době kdy je deficit nahrazen.
3. Uvědom si, že požadavky na náhradu hodinového množství tekutin se změni po 8 hodinách od úrazu.
4. Koloidní roztoky se podávají po prvních 8 hodinách od úrazu u dětí a po prvních 24 hodinách u dospělých.

(!) Nezbytná je konzultace odborníka na léčbu popálenin (!).

Popáleninový kalkulátor – 10 – 50 procent



Popáleninový kalkulátor – 60 – 100 procent



Příloha D: Popáleniny fosforem

Úvod

Následující text je shrnutím znalostí o fosforu, jeho účincích a možnostech léčby popálenin způsobených fosforem.

Fyzikálně-chemické vlastnosti fosforu

V přírodě se fosfor volně nevyskytuje. Tvoří mnoho sloučenin, které se mohou využívat ve vojenském i civilním prostředí. Fosfor existuje v několika formách, z nichž nejčastější jsou bílý fosfor (nebo žlutý fosfor) a červený fosfor (nebo amorfní fosfor). Černý fosfor je stabilní při pokojové teplotě, nemá však zvláštní využití.

Fosfor snadno vytváří tetrahydrogenové molekuly (P_4), které vytváří voskově tuhou nebo viskózní tekutinu. Jedná se o bílý fosfor (ačkoliv ve své čisté podobě je průhledný a bezbarvý), tuto formu vytváří při redukci na čistý prvek. Někdy se o něm hovoří jako o žlutém fosforu kvůli žlutému zabarvení, který získává při obsahu zbytkového množství fosforu červeného.

Bílý fosfor je extrémně toxický. Má nízký bod tání (44°C), kterého může dosáhnout pouze v nepřítomnosti kyslíku. Jeho teplota samovznícení (při níž může dojít ke vznícení a hoření i bez přítomnosti zapalovacího zdroje) je 30°C . Při teplotě vyšší bílý fosfor okamžitě mění skupenství na plynné ve formě hustého kouře oxidu fosforečného (P_2O_5). Bílý fosfor se proto skladuje pod vodní hladinou, aby se zabránilo kontaktu s kyslíkem.

Červený fosfor vzniká při pomalém zahřívání bílého fosforu s jodovým katalyzátorem při teplotě kolem 240°C za nepřítomnosti kyslíku. Při pokojové teplotě je červený fosfor stabilní, při 280°C dochází k jeho sublimaci. Je nerozpustný a netoxický. Červený fosfor může konvertovat zpět na bílý fosfor působením tepla, slunečního světla nebo tření. Dochází ke konverzi jen jeho malého množství, protože vzniklý bílý fosfor se okamžitě vznítí a dojde k hoření zbývajícího množství fosforu červeného. Pokud za nepřítomnosti kyslíku hoří červený fosfor, odpařovaný fosfor kondenzuje jako bílý a jakmile to podmínky dovolí, dojde k jeho opětovnému vznícení. Podobně jako bílý, tak i červený fosfor hořením vytváří kouř oxidu fosforečného. Kouř

ve vlhkém vzduchu nebo ve vodě hydrolyzuje a vytváří několik kyselin fosforu, které při termickém poranění fosforem mohou vyvolat chemické popálení.

Vojenské využití fosforu

Bílý fosfor má dvojitý účinek – vytváří kouř a je zápalnou látkou. Zpravidla se rozšiřuje pomocí výbušné munice. Kouř oxidu fosforečného je jeden z nejúčinnějších zadýmovačů a vytváří účinnou kouřovou clonu. Je možno ho používat také jako kouřové značkovače.

Chemiluminiscence bílého fosforu (nebo červeného fosforu po konverzi) může být využita u svítících střel. Je vysoce pravděpodobné, že určité malé množství fosforu zůstane na projektilu a může být zdrojem potenciálního vznícení při expozici vzduchu nebo vysušení.

Bílý fosfor ulpívá na jakémkoli povrchu a hoří jasným žlutým plamenem, přičemž se tvoří hustý bílý dým. Hoří rychle a teplota hoření je obvykle dostatečná k zapálení vojenského oděvu a podobných materiálů. Voda hořící bílý fosfor jen dočasně uhasí, ale neodstraní ho. Jakmile látka oschne a je obnoven přístup vzduchu, dojde k jejímu opětovnému samovznícení.

Zraňující mechanismy

Kožní rány způsobené bílým fosforem představují nepříjemné kombinované chemické a termické popálení. Za optimálních podmínek by měl být fosfor omýván z rány nepolárním rozpouštědlem, které je rovněž nehořlavé. Taková rozpouštědla bývají sama o sobě toxická nebo mají významné vedlejší účinky.

Bílý fosfor v ranách nadále podléhá oxidaci, dokud není odstraněn, neutralizován či zcela spotřebován. Přitom dochází k hoření charakteristickým žlutým plamenem s bílou párou a zápachem po česneku, vzniká smíšená termická a chemická popálenina.

Poškození tkání vzniká důsledkem:

- tepla uvolněného vznikajícím oxidem fosforečným,
- hygroskopické podstaty oxidu fosforečného,

- korozivního účinku různých kyselin fosforu vznikajících ve tkáních a hydrolyzou oxidu fosforečného,
- konvenčního popálení vzniklého hořícím oděvem.

U otevřených poranění se na vlhkém vzduchu horký hustý kouř oxidu fosforečného konvertuje na kyseliny fosforu. V závislosti na koncentraci nebo hustotě kouře a trvání expozice může kouř způsobit různé místní projevy dráždění. Nejčastějším projevem je podráždění očních spojivek a slizničních membrán. Tyto projevy zpravidla nebývají (při nepřítomnosti bílého fosforu ve stejných lokalizacích), vážnějšího rázu a odeznívají spontánně po pouhém omytí a poskytnutí první pomoci. Dlouhodobá expozice vysoké dávce bílého fosforu může vyvolat celkovou intoxikaci. Ta se obvykle projeví dráždivými zažívacími potížemi včetně bolestí břicha, nausey a průjmu. Některé zprávy uvádějí i zbarvení dechu česnekovou vůní. Stav se může vyvíjet až k poškození jater a ledvin, což se projeví anémií a žloutenkou. Dlouhodobá expozice může způsobit až „phossy-jaw“ (fosforovou čelist) - kostní nekrózu, která má tendenci postihovat mandibulu. Mezi všemi vojenskými úrazy jsou tyto příznaky extrémně vzácné.

Způsob ošetření

Většina poranění bílým fosforem jsou důsledkem výbuchů speciální munice, přičemž velmi často vznikají sdružená poranění. Úvodní fáze léčby znamená zabránit hoření a léčit život ohrožující zranění.

Na místě úrazu musí být odstraněn veškerý kontaminovaný oděv dříve, než se bílý fosfor dostane do kontaktu s kůží. Léčba zahrnuje odstranění viditelných částic fosforu, přičemž je třeba dbát bezpečnosti zachránců, kteří mají používat příslušné osobní ochranné pomůcky. Rána by měla být pečlivě oplachována vodou a kryta navlhčeným obvazem, který musí být udržován vlhký až do doby příjezdu na chirurgické pracoviště. Zabránění opakovanému samovznícení je důležité zejména po dobu transportu z místa úrazu na místo definitivního ošetření.

Poznámka v British Military Pocket Book (2004) popisuje identifikaci fosforu v ráně omýváním rány 1% roztokem síranu měďnatého, což vede ke změně barvy fosforu na

černou. Obsahuje také důrazné upozornění připojené k návodu na použití síranu měďnatého, který je toxický, je-li celkově vstřebán a zdůrazňuje nutnost odstranit veškerý síran měďnatý z rány a vyvarovat se užití obvazů se síranem měďnatým. Podle současných odborných názorů se jakékoli použití síranu měďnatého nedoporučuje.

Pokusy na zvířatech jasně prokázaly, že mohutné oplachování vodou je nejlepší ze všech způsobů místní léčby. Studená voda se používá vzhledem k nízkému bodu tání a samovznícení bílého fosforu. V ráně se snadněji pracuje s pevnými částicemi než s tekutinou. Pevné částice by měly být k zabránění samovznícení při vyschnutí umístěny ve sklenici studené vody.

Chirurgická léčba

K odstranění všech solidních fosforových částic je často nutné provést chirurgické ošetření (debridement). Někteří autoři doporučují ošetřované rány kontrolovat alespoň dvakrát denně a při nálezů dalších částic nebo doutnajících míst provést další debridement. Definitivní krytí rány štěpeným kožním autotransplantátem se nemá provádět, dokud není dokončena kompletní dekontaminace a debridement rány. Částice bílého fosforu zanořené v tkáních se nejlépe detekují pomocí ultrafialového světla v zatemněné místnosti, i když některé hlouběji uložené částice mohou být i takto obtížně identifikovatelné. Pod lampou ultrafialového světla částice fluoreskují. Bezpečnější metodou identifikace fosforových částic než použití síranu měďnatého je využití dusičnanu stříbrného. Nicméně rychlá dekontaminace vodou a časné chirurgické debridement s anebo bez použití Woodovy lampy by měly být dostatečným způsobem k ošetření většiny ran bez použití dalších roztoků.

Účinky fosforu

Bílý fosfor je mimořádně jedovatý, smrtelná dávka pro dospělého člověka se pohybuje mezi 50 – 150 mg, toxická dávka je přibližně 1mg/kg. Dokonce i v menších dávkách může způsobit závažné patofyziologické změny, navíc někteří jedinci mohou mít zvýšenou úroveň rizika celkové toxicity fosforu. Diskuse o fyziologických

následcích a léčbě popálenin bílým fosforem je podrobně rozvedena v literatuře a následující text shrnuje podstatné z tohoto zdroje.

Celkové důsledky fosforových popálenin zahrnují hyponatrémii, hypokalcémii, oligurii a hematurii, generalizované petechie, ikterus a změny na EKG podobné ischemickým změnám. Hypokalcémie anebo hyperfosfátémie mohou nastat v průběhu jedné hodiny od úrazu a mohou způsobit ohrožení života. Náhlé a nečekané úmrtí může nastat i u popálenin v rozsahu 10 – 15 % tělesného povrchu! Přitom neexistuje spolehlivá pomůcka k určení těch zasažených, u nichž je zvýšené riziko elektrolytové dysbalance. Všichni pacienti musí být pečlivě monitorováni zejména s ohledem na hladinu vápníku a fosforu v séru nejméně 48 – 72 hodin po úrazu.

Roztoky síranu měďnatého

Použití roztoku síranu měďnatého v léčbě fosforových popálenin zůstává kontroverzní. Historický přehled provedl *Barillo a spolupracovníci*. Původně se síran měďnatý považoval za antidotum a neutralizující prostředek fosforu, neboť produkt jeho reakce za přítomnosti bikarbonátu sodného pokrýval zevní plochy fosforových částic a mohl zastavit jeho hoření. Nověji se však síran měďnatý již nepovažuje za antidotum nebo neutralizující látku fosforu, ale spíše za pomůcku k identifikaci fosforových částic, které se jeho působením mění na černé, a tedy viditelné.

Celková absorpce síranu měďnatého může nicméně vést k intravaskulární hemolýze, hematurii, oligurii, akutnímu ledvinnému selhání, oběhovému selhání a smrti. Byly provedeny pokusy ke snížení toxicity síranu měďnatého redukcí jeho koncentrace nebo irigací dalšími roztoky (bikarbonát sodný) po jeho aplikaci, ale účinnost těchto postupů nebyla dostatečně prokázána. Bylo popsáno i alternativní použití suspence síranu měďnatého, která snižovala toxicitu, ačkoliv jiné studie prokázaly, že tato léčba vede k otravě mědí a úmrtí. K dosažení jasných závěrů je nutný další podrobný výzkum.

Na základě současných znalostí *Barillo a spol.* docházejí k závěru, že „použití síranu měďnatého nemá v soudobém způsobu ošetřování popálenin způsobených bílým fosforem místo“.

Alternativní roztoky

Jako bezpečnější náhrada použití síranu měďnatého k usnadnění identifikace fosforových částic v ranách byl navržen 1-3% roztok dusičnanu stříbrného. Použití jodidu lithia bylo spojeno s těžkou toxicitou, dokud se nesnížila významně koncentrace lithia, čímž však jeho interakce s fosforem byla již neúčinná.