

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2020

**JAROMÍR
PAVKA**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Komplexní přístup k pacientovi poraněnému elektrickým proudem

Comprehensive Access to a Patient Injured by Electricity

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Zdravotnický záchranář

Vedoucí práce: MUDr. Tomáš Heřman

Jaromír Pavka

Kladno, květen 2020



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pavka** Jméno: **Jaromír** Osobní číslo: **461588**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Zdravotnický záchranář**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Komplexní přístup k pacientovi poraněnému elektrickým proudem

Název bakalářské práce anglicky:

Comprehensive Access to a Patient Injured by Electricity

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude komparace postupů ošetření pacientů poraněných elektrickým proudem. V teoretické části práce se bude student zabývat definicí elektrického proudu a jeho účinky na lidské tělo. Dále bude zahrnovat etiologie úrazu, patofyziologii a klinický obraz způsobený elektrickým proudem. V praktické části student zpracuje tematické rozhovory s vybranými lékaři o jejich praktických zkušenostech s léčebnými postupy. Student vyhodnotí vývoj léčebných postupů a jejich aplikaci na současné přednemocniční neodkladné péči dle doporučených postupů.

Seznam doporučené literatury:

- [1] ROSINA, Jozef, et al. , Biofyzika: pro zdravotnické a biomedicínské obory, ed. 1. vyd., Praha: Grada, 2013, 224 s., ISBN 978-80-247-4237-3
- [2] AUSTIN, Margaret, Rudy CRAWFORD a Vivien J. ARMSTRONG, První pomoc: autorizovaná příručka organizací St John Ambulance, St Andrew's First Aid a British Red Cross, Praha: Slovart, 2015, 288 s., ISBN 978-80-7391-386-1
- [3] KRÄMER, C., R. PFISTER, T. BOEKELS A G. MICHELS, Cardiac monitoring always required after electrical injuries?, Medizinische Klinik – Intensivmedizin und Notfallmedizin, ročník 8, číslo 111, 2016, 708-714 s., ISSN 2193-6218

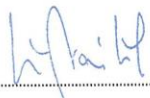
Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

MUDr. Tomáš Heřman

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **18.02.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **20.09.2020**


prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA, dr.h.c.
podpis vedoucí(ho) katedry


prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.
podpis děkana(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Komplexní přístup k pacientovi poraněnému elektrickým proudem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 27.05.2020

.....
podpis

Poděkování

Na tomto místě bych rád srdečně poděkoval MUDr. Tomáši Heřmanovi za odborné vedení, rady, trpělivost a za pomoc při vedení této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval všem respondentům, kteří si na mne našli čas ve svém osobním volnu a zúčastnili se průzkumného rozhovoru.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá komplexním přístupem k pacientovi poraněnému elektrickým proudem. Cílem práce je porovnat terapeutické postupy mezi přednemocniční neodkladnou péčí a nemocniční péčí.

Teoretická část práce pojednává o základních pojmech, které se týkají úrazu elektrickým proudem jako je anatomie a fyziologie srdce, elektrický proud a jeho účinky na organismus. Dále jsou zde popsány popáleniny a terapie.

Praktická část práce se zabývá tematickými rozhovory s vybranými lékaři s různou specializací ve zdravotnictví. Tyto rozhovory jsou dále zpracovány a porovnány s odbornou literaturou.

Klíčová slova

Elektrický proud; poranění elektrickým proudem; elektrotrauma; popáleniny; komplexní léčba.

Abstract

The bachelor thesis is focused on problematics of comprehensive access to a patient injured by electricity. The goal of the thesis is to compare therapeutic procedures between prehospital emergency care and hospital care.

The theoretical part deals with the basic concepts related to electric shock, such as anatomy and physiology of the heart, electric current and its effect on the body. Burns and therapies are also described.

The practical part of the work concerns thematic interviews with selected doctors with various specializations in health care. These interviews are further processed and compared with the literature.

Keywords

Electrical current; electrical injuries; electrical trauma; comprehensive treatment.

Obsah

1	Úvod	10
2	Klinická část	11
2.1	Fyziologie srdce	11
2.1.1	Funkce srdce	11
2.1.2	Srdeční arytmie	13
2.2	Anatomie kůže	14
2.2.1	Epidermis – Pokožka	14
2.2.2	Dermis – Škára	14
2.3	Definice elektrického proudu	15
2.3.1	Stejnoseměrný a střídavý elektrický proud	15
2.4	Účinky elektrického proudu na organismus	16
2.4.1	Druh proudu	16
2.4.2	Velikost proudu	16
2.4.3	Frekvence proudu	17
2.4.4	Velikost napětí	18
2.4.5	Odpor lidského těla	18
2.4.6	Průchod proudu lidským tělem	19
2.4.7	Doba průchodu proudu lidským tělem	20
2.5	Elektrotrauma	21
2.5.1	Poranění bleskem	22
2.5.2	Komplikace vzniklé působením elektrického proudu	24
2.6	Termické trauma	27
2.6.1	Stupně popálenin	28

2.7	Léčba poškození elektrickým proudem	30
2.7.1	Prvotní přístup k pacientovi.....	30
2.7.2	Laická první pomoc	33
2.7.3	Kardiopulmonální resuscitace.....	34
2.7.4	Rozšířená neodkladná resuscitace	34
2.7.5	Následná péče	36
3	Cíl práce.....	40
4	Metodika	41
5	Výsledky.....	42
5.1	Rozhovory s respondenty	42
6	Diskuze	49
7	Závěr	56
8	Seznam použitých zkratek.....	57
9	Seznam použité literatury.....	58
10	Seznam použitých obrázků	63
11	Seznam použitých tabulek.....	64

1 ÚVOD

Elektrický proud je téměř všude kolem nás a jsme denně v kontaktu s přístroji, které pro svůj chod elektrický proud potřebují. V dnešní době jde věda stále dopředu a stále více věcí je závislých na elektrickém proudu. S tím také souvisí riziko nehod spojené s elektrickým proudem, které může narůstat. Tématem bakalářské práce je komplexní přístup k pacientovi poraněnému elektrickým proudem. S poraněním elektrickým proudem jsem se nikdy nesetkal, ať už během praxí v rámci studia či během mé práce na urgentním příjmu. Důvodem výběru tohoto tématu je prohloubení vědomostí této problematiky a také postupů pro svou budoucí práci. Četnost úrazů elektrickým proudem není v populaci tak vysoká, ale následky bývají v mnoha případech fatální. Toto tvrzení také můžu podložit studií Státního úřadu inspekce práce, která od roku 1993 do roku 2011 ukazuje výrazný pokles počtu nehod spojených s elektrickým proudem. Studie nám také ukazuje, že v posledních letech studie jsou úrazy proudem o nízkém napětí v řádu několika desítek a úrazy proudem o vysokém napětí pouze v jednotkách případů. Tato studie ovšem nezahrnuje úrazy elektrickým proudem, které nenastaly během pracovní činnosti, ale je důkazem, že četnost poranění elektrickým proudem v České republice je nízká.

Teoretická část se zabývá fyziologií srdce a anatomii kůže, jelikož tyto orgány patří mezi nejpostiženější tělesné systémy. Dále zahrnuje definici elektrického proudu a účinky elektrického proudu na lidský organismus. Součástí teoretické části je elektrotrauma a termické trauma. V poslední části se pak zabývá léčbou poškození elektrickým proudem. Praktická část je založena na tematických rozhovorech s lékaři o dané problematice a jejich následné zpracování, vyhodnocení a porovnání s doporučenými postupy, které platí pro přednemocniční nedokladnou péči.

2 KLINICKÁ ČÁST

2.1 Fyziologie srdce

2.1.1 Funkce srdce

Malý krevní oběh, plicní oběh

Žilní krev, která je odkysličená, je vpuštěna do pravé předsíně z horní a dolní duté žíly. Do pravé komory je vypuzena skrze trojcípou chlopeň, odkud krev dále putuje přes pulmonální chlopeň do plicního kmene, který se dělí na pravou a levou plicní tepnu vedoucí do plicního řečiště. [1]

Tyto plicní tepny vstupují do plic, kde se dále větví až na kapiláry, které prokrvují plicní alveoly. Pomocí čtyř plicních žil se okysličená krev vrací zpátky do srdce, a to do levé předsíně. [2]

Velký krevní oběh, tělní oběh

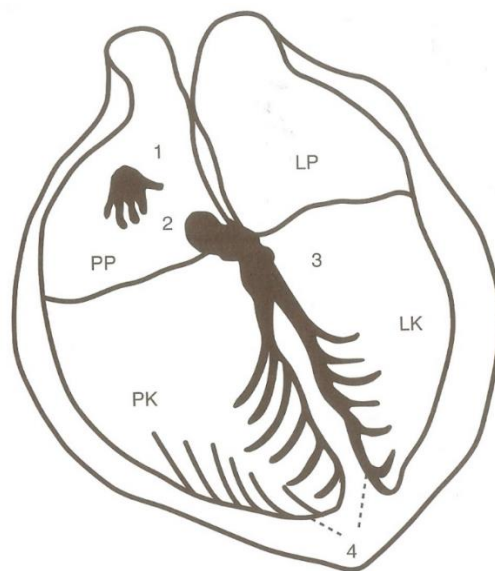
Okysličená krev je vypuzena z levé předsíně do levé komory přes mitrální chlopeň. Stahem pravé komory je krev vyhnána přes aortální chlopeň do aorty, která se dále větví a tato krev okysličuje tělo. Žilami se odkysličená krev vrací zpátky do pravé předsíně. [1]

Kontrakce srdečního svalstva

Systola a diastola je označení pro periodické kontrakce a ochabnutí srdeční svaloviny, které slouží k pohánění krve do malého a velkého krevního oběhu. Stahy jsou koordinovány tak, aby byla zajištěna náplň srdečních komor a následné vypuzení krve do oběhu. Srdeční stahy jsou synchronizovány pomocí převodního systému srdce. [1]

Převodní systém srdeční

Jedná se o specializované buňky myokardu zajišťující vznik vzruchů za účelem zrodu a šíření kontrakce myokardem. Jde o autonomní systém, který nedokážeme z vlastní vůle ovlivnit. Převodní systém srdeční se skládá ze sinoatriálního uzlu (SA), který je základní udavač frekvence vzruchů (pacemaker) a nachází se ve stěně pravé předsíně u ústí horní duté žíly. Udává klidovou srdeční frekvenci asi 70–80 vzruchů za minutu. Atrioventrikulární uzel (AV) se nachází v předsíňovém septu, kde se dělí srdeční předsíň a komory. Jeho úkolem je zpomalení vzruchu a při výpadku SA uzlu udává frekvenci 40–60 vzruchů za minutu. Hisův svazek vychází z AV uzlu a nachází se v mezikomorové přepážce kde dále se dělí na dvě raménka. Pravé Tawarovo raménko směřuje k hrotu srdce a dále se větví u stěny pravé komory na Purkyňova vlákna. Levé Tawarovo raménko také směřuje k hrotu srdce, ale větví se na Purkyňova vlákna ve stěně levé komory. Purkyňova vlákna jsou rozvětvena po stěnách komor a vedou od srdečního hrotu po bázi srdeční. Při poruše vedení vzruchu udávají frekvenci 20–40 vzruchů za minutu. [2]



Obrázek č. 1: Převodní systém srdeční. 1 – SA uzel, 2 – AV uzel, 3 – Hisův svazek, 4 – Purkyňova vlákna, PP – pravá předsíň, LP – levá předsíň, PK – pravá komora, LK – levá komora (převzato z [3])

2.1.2 Srdeční arytmie

Srdeční arytmie jsou poruchy ve vedení nebo vzniku elektrických vzruchů v srdci. Arytmie mohou být vrozené nebo způsobené jinými vlivy. Některé arytmie člověk ani nevnímá, jelikož nemusí být závažné, ale některé ho mohou ohrožovat na životě. Arytmie dělíme na bradyarytmie a tachyarytmie. Nejčastější arytmie, ke které dochází při poranění elektrickým proudem je komorová fibrilace. [4]

Možné jiné příčiny arytmii:

- onemocnění srdce – infarkt myokardu
- elektrolytová dysbalance – hypokalémie, hyperkalémie
- vlivem léků – amiodaron, adenosin
- vlivem žláz produkující hormony – štítná žláza
- hypoxie
- infekce [4]

Komorová fibrilace

Tato závažná arytmie bezprostředně ohrožuje pacienta na životě. Kardiomyocyty nejsou schopny synchronizovaně převádět vzruchy, a proto srdce nekontrolovatelně kmitá vysokou frekvencí. Z tohoto důvodu srdce není schopno vypuzovat téměř žádnou krev do těla a dochází k selhání oběhu. Na EKG záznamu (elektrokardiogram) nelze pozorovat QRS komplexy, vlny P a vlny T. Pozorujeme pouze tzv. fibrilační vlnky. Při fibrilaci komor musíme neprodleně zahájit KPR (kardiopulmonální resuscitaci) a co nejdříve podat defibrilační výboj. [4]

2.2 Anatomie kůže

Kůže je rozlehlý zevní orgán, který má ochrannou funkci před vnějšími fyzikálními, chemickými a mikrobiologickými vlivy prostředí. U dospělého jedince může mít plochu až 2 m². Kůže má různou tloušťku na odlišných částech těla. Kůže je nejtenčí na očních víčkách a nejtlustší na dlaních a chodidlech. Kůže má sekreční vlastnosti díky mazovým a potním žlázám, proto se také podílí na termoregulaci těla. V kůži se také vlivem působení světelného záření tvoří vitamín D. [2]

2.2.1 Epidermis – Pokožka

Tato zevní vrstva kůže je tvořena rohovějícím epitelem. Má velmi dobrou regenerační schopnost díky kmenovým buňkám. Z pokožky vznikají deriváty jako je ochlupení, nehty a kožní žlázy. Součástí pokožky jsou také buňky zvané melanocyty, které tvoří melanin a udávají barvu kůže. [2]

2.2.2 Dermis – Škára

Pod vrstvou epidermis se nachází vazivová tkáň (dermis) složená z kolagenních a elastických vláken. Tloušťka škáry je přibližně 0,5–2,5 mm a její hlavní funkcí je mechanická pružnost kůže. [2]

Dále se v ní nachází síť kapilár, které slouží k výživě epidermis. Ve škáře se nachází velké množství nervových zakončení, termoreceptorů, hmatových tělísek a také zde najdeme mazové žlázy, které vedou do vlasových pochev. [1]

2.3 Definice elektrického proudu

Elektrický proud je definován jako usměrněný pohyb částic, které jsou nositeli elektrického náboje. Těmito částicemi jsou elektrony nebo ionty. Elektrický proud je také základní fyzikální veličinou označovanou I a jednotkou ampér (A), která je definována jako velikost náboje (Q) prošlého vodičem za dobu (t) 1 s. [3]

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (2.1)$$

Elektrony se volně pohybují v kovech označovaných jako vodiče I. řádu. V elektrolytech (roztocích) označovaných jako vodiče II. řádu se volně pohybují kladné a záporné ionty. [3]

2.3.1 Stejnoseměrný a střídavý elektrický proud

Podle pohybu částic vodičem se proud dělí na stejnosměrný (DC – direct current) a střídavý (AC – alternating current). U stejnosměrného proudu prochází částice vodičem stále stejným směrem. Velikost proudu je konstantní v celém časovém průběhu, stejnosměrný proud je tedy charakterizován pouze jeho velikostí. Pokud se velikost proudu a směr pohybu částic v průběhu mění, hovoříme o střídavém proudu. Charakterizujeme ho amplitudou proudu (maximální hodnotou v průběhu periody, jednotka ampér) a frekvencí (počet period za sekundu, jednotka hertz (Hz)). V rozvodných sítích do domácností má střídavý proud frekvenci 50 Hz. [3]

2.4 Účinky elektrického proudu na organismus

Účinky elektrického proudu na lidský organismus závisí na několika faktorech:

- druhu proudu
- velikosti proudu
- frekvenci proudu
- velikosti napětí
- odporu lidského těla
- průchodu proudu lidským tělem
- době průchodu proudu [3]

2.4.1 Druh proudu

Proud na živý organismus působí třemi typy účinků podle druhu působícího proudu. Jedná se o účinky elektrolytické, dráždivé a tepelné. Lidské tělo je tvořeno z velké části vodou a ionty v ní obsažené. Lidský organismus tedy vykazuje elektrolytické chování. Účinky stejnosměrného proudu na lidský organismus jsou tedy elektrolytické. Při působení nízkofrekvenčního střídavého proudu se nejvíce projevují dráždivé účinky. Pokud dojde k podráždění organismu, nastává svalová kontrakce. Vysokofrekvenční střídavý proud působí tepelnými účinky a dochází k termickému ohřívání tkáně. [5]

2.4.2 Velikost proudu

Působení střídavého proudu na tkáň se stejnou velikostí v porovnání se stejnosměrným proudem je až třikrát nebezpečnější. Velikost proudu, kdy stejnosměrný proud může být pro lidský organismus ještě bezpečný je do 25 mA a bezpečná hodnota velikosti proudu pro střídavý proud je do 10 mA při nízké frekvenci (50 Hz). [3]

Tabulka 1: Tabulka hodnot velikosti stejnosměrného a střídavého proudu a účinky na lidský organismus při těchto hodnotách [3]

Stejnoseměrný proud	Střídavý proud	Účinek
$\leq 80 \text{ mA}$	$\leq 25 \text{ mA}$	bez vlivu na srdeční aktivitu, výjimečně slabé podráždění dýchacích svalů
80–300 mA (déle než 30 vteřin)	25–80 mA (déle než 30 vteřin)	riziko arytmií až fibrilace komor
300 mA–3 A (déle než 0,3 vteřiny)	80 mA–1 A (déle než 0,3 vteřiny)	nastává fibrilace komor a ohrožení na životě
$\geq 3 \text{ A}$	$\geq 3 \text{ A}$	srdeční zástava a blokáce dýchacího centra

2.4.3 Frekvence proudu

Nejnebezpečnější frekvence pro lidský organismus je v rozmezí od 50 Hz do 300 Hz. Proud o těchto frekvencích může způsobit arytmiie, dokonce i srdeční zástavu. Při zasažení střídavým proudem o frekvenci 50 Hz, je pravděpodobné, že proud způsobí tetanie, které neumožní postiženému se uvolnit od zdroje proudu což výrazně prodlouží dobu průchodu proudu tělem [6]. Frekvence vyšší jak 100 kHz, nejsou pro srdce nebezpečné, mají pouze termický účinek na kůži a mohou se využívat při léčebné diatermii. [7]

2.4.4 Velikost napětí

Postižení jsou rozdělené na nízkonapěťové a vysokonapěťové, kdy hodnota pod 1000 V patří mezi nízkonapěťové a nad 1000 V mezi vysokonapěťové. Napětí může indukovat teploty nad 60 °C, což způsobuje nezvratnou koagulaci proteinů [8]. Nejvíce bývá poškozena kůže, nervy, svaly, kosti a kardiovaskulární systém. Dalšími poškozenými orgány mohou být játra, ledviny a plíce. [9]

Vysokonapěťový stejnosměrný proud vyvolává svalové spasmy a může dojít ke změnám srdečního rytmu v závislosti na fázi srdečního cyklu. Ve většině případů je osoba odhozena od zdroje proudu a tím je doba vystavení průchodu elektrického proudu tělem snížena na minimální. Následkem odhození osoby mohou být způsobena druhotná mechanická poranění. [10]

Napěťové stupně

- malé napětí do 50 V včetně – zkratka mn;
- nízké napětí nad 50 V do 1000 V včetně – zkratka nn
- vysoké napětí nad 1000 V do 52 kV včetně – zkratka vn
- velmi vysoké napětí od 52 kV do 300 kV včetně – zkratka vvn
- zvlášť vysoké napětí od 300 kV do 800 kV včetně – zkratka zvn
- ultravysoké napětí nad 800 kV – zkratka uvn [11]

2.4.5 Odpor lidského těla

Čím větší je odpor tkáně vůči elektrickému proudu, tím větší je šance přeměny elektrické energie na tepelnou v závislosti na typu elektrického proudu. Nervy, které přenášejí elektrické signály, mají nízký odpor stejně jako svaly a cévy. Tím vykazují vysokou vodivost a jsou dobrými vodiči elektrického proudu, díky vysokému počtu iontů a vysokému podílu vody. Kostí, šlachy

a tuk, které obsahují vysoké množství nevodivé hmoty mají vysoký odpor, a proto na těchto tkáních může docházet k přeměně na tepelnou energii a s tím spojené tepelné poškození. [10]

Odpor lidské kůže ve vodě je tisíckrát menší než kůže suché. Součtem odporů vstupů a výstupů kůže spolu s odpory vnitřních tkání získáme odpor lidského těla. Odpor kůže o velikosti o 1 cm^2 je větší než 1000 ohmů. [8]

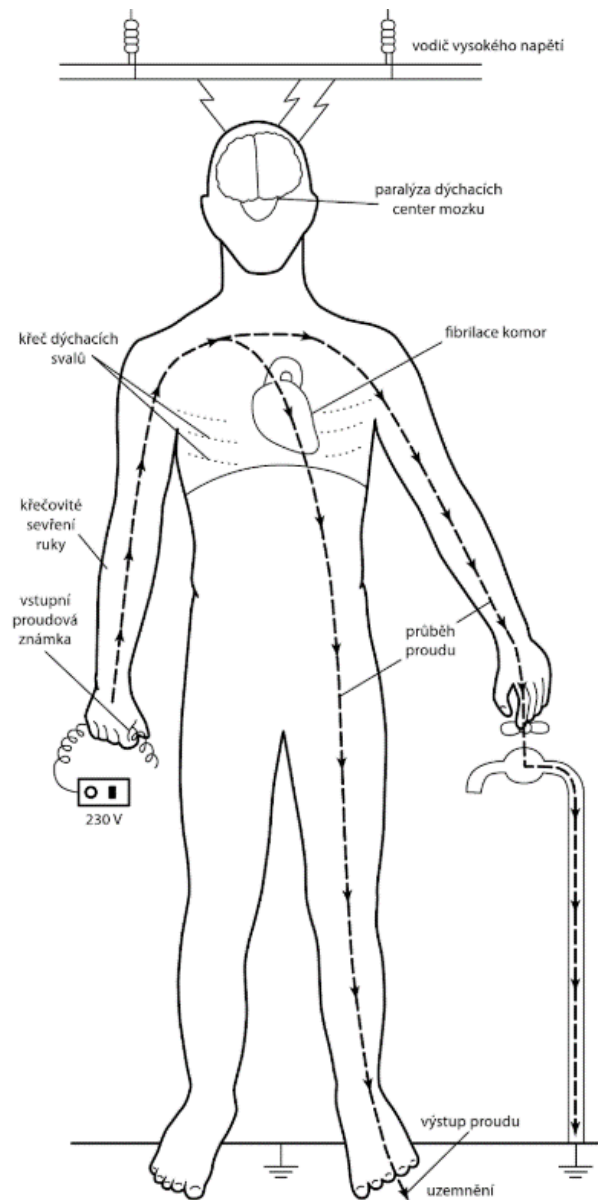
Další tkáně mají střední odpor jako například suchá kůže, u které může odpor dosahovat hodnot 10^4 – 10^5 ohmů. Odpor kůže se liší podle její tloušťky a platí čím je kůže silnější, tím má větší odpor, proto je na chodidlech odpor největší. Pokud je osoba zpocená nebo ve styku s vodou, může být odpor snížen až na hodnotu 10^2 ohmů a vodivost elektrického proudu je zvýšena. [7]

Vysoký obsah podkožního tuku vykazuje vysoký odpor a má za následek, že velká část elektrické energie je přeměněna na tepelnou. Dochází k vnějšímu termickému poškození kůže, ale také k zabránění průniku elektrické energie do vnitřních tkání. [10]

2.4.6 Průchod proudu lidským tělem

Mezi častá místa průchodu elektrického proudu patří úsek vedoucí dolními končetinami. Nastávají křeče svalstva dolních končetin a může dojít k popálení v místě průchodu proudu. Dalším častým místem průchodu je úsek mezi pravou rukou a pravou nohou. Jako u předchozího úseku může nastat spasmus kosterního svalstva a popálení v místě průchodu, ale hlavním nebezpečím je podráždění nervus frenicus (inervace bránice), což může způsobit zástavu dechu. Proud procházející v úseku mezi levou horní končetinou a pravou nebo levou dolní končetinou může vyvolat srdeční arytmiie, dokonce i smrt, protože cesta průchodu vede přes srdce. Stejný stav může nastat při průchodu mezi

horními končetinami. V případě, že místem zasažení je hlava, elektrický proud tak prochází celým tělem. Nastávají svalové křeče, zástava dechu, fibrilace komor a pacient bez první pomoci umírá. Může nastat i tepelné poškození mozku při velkých intenzitách proudu. [3]



Obrázek č. 2: Na obrázku je vyznačen průchod proudu tělem a jeho různé účinky (převzato z [7])

2.4.7 Doba průchodu proudu lidským tělem

Čím delší je doba kontaktu s vysokonapěťovým proudem, tím větší je stupeň poškození tkáně. Pokud tkáň vlivem termického poškození zuhelnatí, odpor

tkáně je tak vysoký, že tkáň ztrácí vodivost a proud nemá, jak procházet. V případě úderu bleskem je doba kontaktu extrémně krátká, postižený je zasažen velmi vysokým proudem. Průchod proudu je velmi krátký, proto nedochází k žádnému nebo malému poškození vnitřní tkáně, naopak u kůže je poškození vysoké. [10]

2.5 Elektrotrauma

Poškození elektrickým proudem patří mezi specifická traumata. Organismus je poškozen krátkým výbojem, nejčastěji se jedná o zasažení bleskem nebo na organismus účinkuje proud delší dobu v případě stejnosměrného či střídavého proudu o různém napětí. Nejzávažnější účinky má elektrický proud na myokard mozek a dechové centrum, dále pak způsobuje termická poškození. [12]

Poškození elektrickým proudem o vysokém napětí větším jak 1000 V, můžeme většinou pozorovat u mužů, a to v důsledku pracovních nehod. S poškozením elektrickým proudem o napětí menším jak 1000 V, se můžeme setkat většinou u domácích nehod, zejména u žen a dětí. Ačkoliv jsou elektrotraumata způsobené vysokým napětím výrazně závažnější, setkáváme se spíše s elektrotraumaty způsobené nízkým napětím. [13]

Úrazy způsobené elektrickým proudem se mohou svou závažností pohybovat od minimálních až po život ohrožující stavy. Dochází k poškození kůže, ledvin, kardiovaskulárního, muskuloskeletálního a nervového systému. Hlavní důvodem úmrtí v důsledku poranění elektrickým proudem je srdeční zástava. Nejzávažnější srdeční arytmie většinou nastávají hned po poranění. [13]

Závažnost a povaha poranění elektrickým proudem závisí na několika faktorech. Primárním elektrickým poraněním jsou popáleniny. Mezi

sekundární poranění patří mechanické poranění způsobené pádem nebo odhozením od zdroje elektrického proudu, vyvolané silnou kontrakcí svalů. [10]

Popáleniny způsobené elektrickým proudem můžeme rozdělit do čtyř kategorií. Mírné popáleniny vznikají při styku s nízkonapěťovým proudem. Vážné popáleniny mohou vzniknout, když se osoba dostane do kontaktu s proudem o vysokém napětí. Prodloužený průchod elektrického proudu může mít za následek vážné popáleniny vnitřní cestou, kterou elektrický proud procházel. Popálení pokožky můžeme rozdělit na povrchové, částečně hluboké a hluboké poškození kůže. [10]

Mezi nejzávažnější poškození elektrickým proudem patří popálení elektrickým obloukem. Elektrický oblouk je elektrický proud, který je mezi dvěma objekty o různém potenciálu, které nejsou spolu v kontaktu. Většinou se jedná o vysoce nabitý zdroj elektrického proudu a zem. Teplota elektrického oblouku může být až 5000 °C a způsobuje hluboké popáleniny. Popáleniny mohou vzniknout z důvodu vysoké teploty elektrického oblouku, průchodu proudu tělem nebo vzplanutím oblečení postiženého. Elektrický oblouk může také způsobit popáleniny celého těla. Tyto popáleniny mohou nastat na značném množství těla, ale jsou většinou povrchové. [10]

2.5.1 Poranění bleskem

Blesk je elektrostatický přírodní výboj, jehož doba trvání je velmi krátká. Hodnota napětí proudu je velmi vysoká a může dosahovat hodnot až 100 kV. Výboj blesku můžeme pozorovat, jelikož je doprovázen vysíláním částic světla. Bleskový kanál má velmi vysokou teplotu, která může dosahovat hodnot až 30000 °C. To je příčinou typického jevu, který vzniká rychlým ohříváním

okolního vzduchu následovaného rychlým rozpínáním vzduchu, který nazýváme hromem. [8] [14]

Blesky může rozdělit na dvě skupiny – pozitivní a negativní. Negativní blesky se vyskytují ve většině případů, a to asi z 95 %. Negativní blesky vznikají mezi povrchem země a dolní hranicí mraků. Trvání negativního blesku je jen několik milisekund. Hodnota proudu výboje blesku je okolo 30 kA a má napěťový rozdíl 100 MV. Zbýlých pět procent patří pozitivním bleskům, které vznikají mezi horní hranicí mraků a zemí. K pozitivním bleskům dochází nejčastěji na konci bouřek. Náboj pozitivního blesku může být šestkrát až desetkrát větší než náboj blesku negativního. Doba trvání pozitivního blesku je přibližně desetkrát větší než u negativního. Dále jsou hodnoty proudu výboje a potenciálního napětí také desetkrát větší, proto můžeme říct, že pozitivní blesk může být až desetkrát nebezpečnější než negativní. [8]

Poranění způsobená zasažením bleskem, jsou podobná poraněním způsobeným proudem o vysokém napětí. Asi 30 % případů poranění bleskem je smrtelných. Důvodem může být paralýza dýchacího centra nebo fibrilace komor. Míra poranění závisí na typu blesku (pozitivní nebo negativní) a také zdali byl postižený zasažen hlavním nebo postranním kanálem blesku, které mají nižší energii. Záleží také na typu zásahu, jestli byl postižený zasažen napřímo nebo krokovým napětím. [8] [14]

Krokové napětí je elektrické pole, které se nachází v místě úderu blesku. Jeho síla slábne s postupnou vzdáleností od místa úderu na metr čtvereční. V místě úderu blesku je střed tzv. ekvipotenciálních linií (linie o stejné hodnotě napětí), které mají většinou tvar kruhu v závislosti na odporu terénu a každá linie představuje určité napětí. Nebezpečí krokového napětí nehrozí osobám stojící oběma nohama ve stejné ekvipotenciální linii. V případě, že se osoba nachází

při chůzi nohama na různých ekvipotenciálních liniích je ohrožena napětím o síle rozdílů potenciálů linií, na kterých se nohy nachází. Při záchraně jedince zasaženého bleskem je potřeba, aby zdravotnický záchranář dodržoval toto pravidlo a přistupoval k postiženému po malých krocích. [8]

Přímý zásah bleskem bývá často smrtelný, jelikož vstupuje do jedince v horní částí těla a prochází celým tělem. Na vstupu můžeme pozorovat kruhovitě popáleniny nebo značné exkoriace, které může doprovázet rána uprostřed podobající se ráně střelné či bodné. Dále se může vyskytovat ruptura ušních bubínků. Poranění akrálních částí těla bývá devastující a je spojené s hlubokou nekrózou. Další z příznaků mohou být tzv. Lichtenbergovy vzorce, které mohou být podobné listu kapradiny. Pravděpodobně vznikají paralýzou cév a rozpadem erytrocytů. Tyto vzorce vymizí v řádu několika desítek hodin. [8] [14]

2.5.2 Komplikace vzniklé působením elektrického proudu

Kardiovaskulární systém

Při poranění elektrickým proudem dochází často k srdeční zástavě vlivem asystolie nebo komorové fibrilace. Vyšetřením EKG lze zjistit další srdeční arytmie jako je supraventrikulární tachykardie, přechodné ST elevace, nespecifické posuny vlny T, komorová extrasystola, síňová fibrilace a blok pravého raménka. Pokud je místem kontaktu proudu hrudní stěna, může nastat infarkt myokardu. [9]

Vaskulární poškození elektrickou energií by mělo být zřejmé kdykoliv. Jelikož arteriemi prochází krev vysokým průtokem, teplo je po těle dobře rozptýleno, tím dochází nejprve k menšímu poškození endotelu a hladké svaloviny cév, později k následnému zhoršení projevem ischemie. Žilami

prochází krev menším průtokem (nízko průtokový systém) a teplo způsobuje rychlejší ohřev krve, následkem tohoto jevu vzniká trombóza. [10]

Výjimečně může dojít ke krvácení i na pozicích odlehlých, kde proud způsobil škody pouze na intimě žil (nejvíce hlubokých žil u nohou), čímž hrozí trombóza těchto žil a plicní embolizace. [9]

Kůže

Nejčastější místa kontaktu se zdrojem elektrického proudu jsou ruce a hlava. Mezi poškozené oblasti patří také paty, jelikož jsou nejčastějším místem dotyku se zemí. Popáleniny u těžkých elektrických nehod jsou často bezbolestné, žlutošedé barvy. Je tvořen punktát s centrální nekrózou, některá místa mohou být mumifikována. Vysokonapěťový proud prochází uvnitř těla tkáněmi a způsobuje velké poškození svalů. Pokud byla doba kontaktu krátká, mohl nastat minimální průchod a viditelné poškození kůže může být jediné poranění. U dětí do čtyř let se také mohou vyskytovat popáleniny úst z důvodu vkládání kabelů domácích spotřebičů připojených do sítě do úst. [10]

Končetiny

Destrukce cév působením elektrického proudu spolu s termickým účinkem je důsledkem mumifikace končetin. Vlivem takto velkého poškození tkáně je nutný chirurgický zákrok, fasciotomie nebo amputace končetin. Masivní uvolnění myoglobinu z poškozené svalové tkáně, může vést k ledvinovému selhání. [9]

Neurologické komplikace

Při poranění vysokým napětím může dojít k přechodné ztrátě vědomí, pokud nastalo mechanické poškození hlavy. Pacienti mohou pociťovat

zmatenost, mohou mít problémy se soustředěním a poruchou krátkodobé paměti. Elektrické poškození centrálního nervového systému může vyvolat záchvat, který může být ojedinělý nebo být počátkem dlouhodobého onemocnění. Neurologické obtíže bývají přechodné a samy se většinou zlepší. [10]

Hlava je běžným místem styku u poranění vysokonapěťovým proudem. Pacient může utrpět popáleniny a neurologická poranění. Jelikož nervová tkáň má nejmenší odpor, je tak velmi dobrým vodičem. Poškození cév může vést k neurologickým poruchám, které se mohou objevit s odstupem času až po dobu tří let. Ovlivňují jak mozkové a míšní funkce, tak periferní nervy. Nervová dysfunkce bez systémových projevů může být jedinou manifestací, proto je nesmírně důležité u všech elektrotraumat provést neurologické vyšetření. Bezprostřední trauma mozku se může projevit bezvědomím, dechovou a pohybovou paralýzou. U elektrotraumat o vysokém napětí může u pacientů dojít k poškození zraku šedým zákalem s obdobím latence od několika měsíců až po několik let. Samovolné zlepšení zraku je téměř nemožné. [9]

Renální komplikace

Důsledkem velkého elektrotraumatu nastává akutní selhání ledvin. Nastává snížení renální filtrace v důsledku elektrotermického poškození. Dochází k poruše výměny iontů v tubulech nebo k myorenálnímu syndromu. [9]

Gastrointestinální komplikace

Při přímém kontaktu zdroje elektrického proudu s břišní stěnou, může nastat v místě kontaktu nekróza vnitřních orgánů, což může být příčinou náhlé příhody břišní. [9]

Pulmonální komplikace

Příčinou pulmonálních komplikací je poškození plic z důvodu kontaktu zdroje s hrudníkem. Může nastat ruptura pleury s fluidotoraxem (hydrotorax nebo hemotorax). Současně může být příčinou pneumotoraxu fraktura žeber z důvodů odhození těla od zdroje elektrického proudu. [9]

2.6 Termické trauma

Termické trauma nastává přímým nebo nepřímým účinkem tepelné energie, která má vyšší teplotu, než kterou jsou buňky organismu schopny snést. Nastává částečné nebo celkové poškození kůže nebo vnitřních tkání. Závažnost termického poškození závisí na intenzitě tepelné energie a délce působení. Teploty nad 60 °C mají ireverzibilní srážlivý účinek bílkovin, což zapříčiní úmrtí buněk. Poškozený je ohrožen na životě v důsledku rozvoje hypovolemického šoku a příčinou ztráty plazmy do extracelulárních prostor, což způsobí snížení náplně cévního řečiště. Dále může nastat inhalační trauma z důvodů termického poškození plic, otravou zplodinami, které vznikají při hoření a akutní zánětlivou systémovou reakcí. Rozsah popálenin se vyhodnocuje nejčastěji podle „pravidla devíti“. V přednemocniční neodkladné péči, a především u dětí se dá také použít „pravidlo dlaně“, kdy dlaň pacienta je rovna 1 %. [15]

Povrch těla se rozděluje podle pravidla devíti na tyto oblasti:

- hlava a krk 9 %
- jedna horní končetina 9 %
- přední horní část trupu 9 %
- přední dolní část trupu 9 %
- zadní horní část trupu 9 %
- zadní dolní část trupu 9 %

- jedna dolní končetina 18 %
- genitál 1 %

2.6.1 Stupně popálenin

I. stupeň

První stupeň popálenin se projevuje zarudnutím a otokem v místě poškození v závislosti na míře předané energie a citlivosti pacienta. Reakce se podobá symptomům zánětu, kterými jsou začervenání, otok, teplota a bolest. Když přestane plocha pálit, zůstane jen mírný otok a začervenání několik dní. Při prvním stupni nedochází k defektu bazální membrány ani vrstvy bazálních buněk. [8]

Ia. stupeň

Pro Ia. stupeň popálení je charakteristické vytvoření tzv. popáleninové buly neboli puchýře. Poškození zasahuje i do části dermis. Je narušena bazální membrána s odloučením bazálních buněk. Bula je naplněna lymfou a filtrátem plazmy, bez červených krvinek a fibrinu. Množství fibrinu závisí na rozsahu poškození kapilárních stěn. V místě poškození je zachován kapilární návrat. U popálenin II. stupně by nemělo docházet k trvalým následkům. [8]

Iib. stupeň

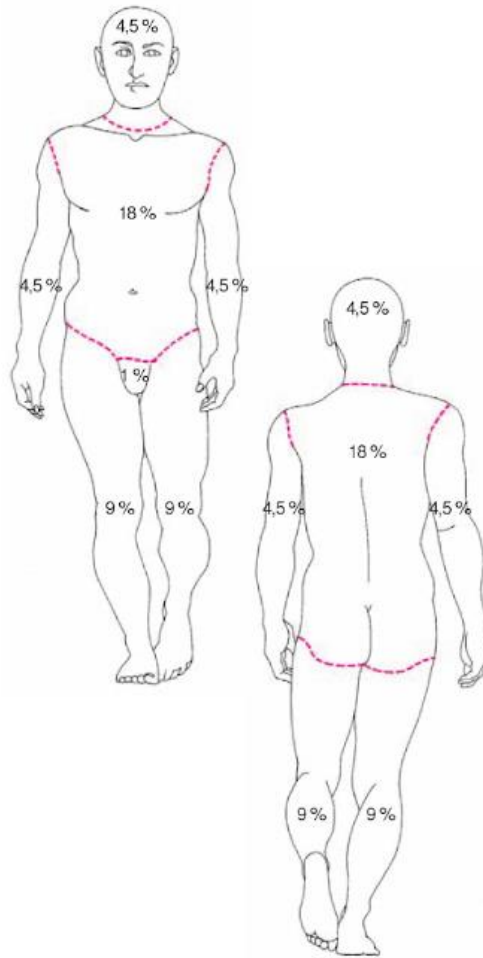
Druhým stupněm jsou označovány hluboká postižení, jelikož je postižena značná část dermis a epidermis je zcela zničena. Dochází zde k poškození nervových zakončení a kapilární návrat se zde nenachází. Spodina v místě protržených puchýřů bývá bledá, bělavá nebo zažloutlá. Poškození kůže u Iib. stupně bývá většinou trvalé, projevující se jako hladké nebo hypertrofující jizvy. [8]

III. stupeň

Při popáleninách III. stupně dochází vždy k nekróze kůže ve všech jejích vrstvách. Ve vážných případech může nastat i nekróza svalů a vzácně dokonce i k nekróze kostí. Takto vážné popáleniny se vyskytují zejména u popálenin způsobené elektrickým proudem o vysokém napětí nebo při bezvědomí či intoxikacích spojených s dlouhým kontaktem s hořícími předměty. Nekróza se musí odstranit a tkáň musí být nahrazena. Trvalé následky se vyskytují vždy v podobě nepravidelných jizev. [8]

Tabulka 2: Stupně popálenin a jejich příznaky (převzato a upraveno z [15] [16])

Stupeň popálenin	Symptomy	Poznámka
I	zarudnutí	hojení několik dní
IIa	zarudnutí, tvorba puchýřů	nejbolestivější, hojení několik týdnů
IIb	zarudnutí, bez kapilárního návratu	hojení několik týdnů, příp. chirurgická léčba
III	nekróza tkáně	bez bolesti, hojení několik měsíců



Obrázek č. 3: Pravidlo devíti procent popálenin těla (převzato z [17])

2.7 Léčba poškození elektrickým proudem

2.7.1 Prvotní přístup k pacientovi

Nejprve je potřeba se ujistit, že pacient není v kontaktu s elektrickým proudem. Pokud ano, je potřeba zdroj vypnout nebo počkat, dokud někdo zdroj nevypne, jinak hrozí poškození i zachránci. Jestliže nelze vypnout zdroj elektrického proud, můžeme postiženého vyprostit pomocí nevodivého materiálu (například dřevěnou tyčí), ale ještě před tím se musíme postavit na suchý nevodivý materiál (například stoh knih). Dalším manévrem pro vyproštění postiženého může být například uvázání smyčky kolem kotníku postiženého a odtažení jej pryč. Tento manévr může být riskantní z důvodu možného doteku s postiženým, který je stále v kontaktu se zdrojem. Když víme,

že kontakt postiženého a zdroje byl přerušen nebo byl zdroj vypnut, můžeme přistoupit k vyšetření a zavolání Zdravotnické záchranné služby. [18]

Když je postižený mimo kontakt elektrického proudu a záchráncům nehrozí žádné nebezpečí, prvotní přístup k pacientovi by měl být zaměřen na dýchací cesty, dýchání, oběh a inline mobilizace páteře dle protokolu ATLS (Advanced trauma life support) a dále postupovat dle algoritmu ABCDE. Protokol ATLS je mezinárodně uznávaným školicím programem pro lékaře na urgentních příjmech nebo lékaře pracující v terénu vytvořený American College of Surgeons. Protokol je složen z komplexního systému standardizovaných metod neodkladné péče o pacienty. Hlavním důvodem inline mobilizace je druhotné poranění způsobené odhozením těla od zdroje proudu, které může způsobit fraktury páteře a dalších kostí. Dále si musíme dávat pozor a brát v potaz skrytá poranění. Zajištění žilního vstupu, monitorace srdce a saturace by měli být zahájeny co nejdříve. Náhrada tekutin je nejdůležitějším aspektem resuscitace u poškození elektrickým proudem. Důvodem jsou velké posuny tekutin v těle spolu s poškozením tkání a acidózou. Fraktury by měli být zajištěny dlahou a popáleniny sterilním krytím. [19]

Algoritmus ABCDE:

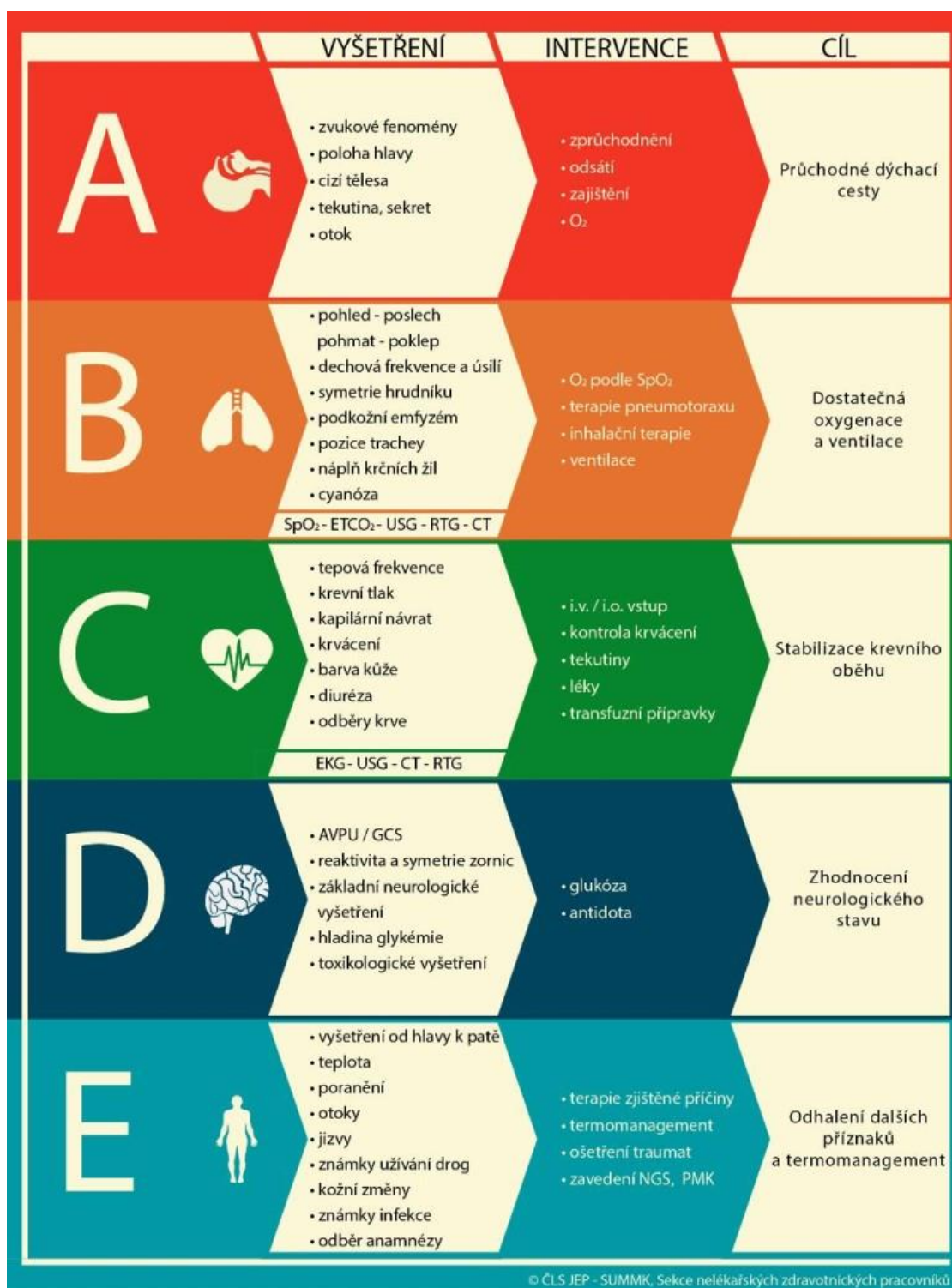
A – Airway – Dýchací cesty

B – Breathing – Dýchání

C – Circulation – Krevní oběh

D – Disability – Stav vědomí

E – Exposure – Celkové dovyšetření



Obrázek č. 4: ABCDE postup vyšetření (převzato z [20])

Pacient často není schopen podat informace ohledně úrazu, z důvodů závažnosti zranění, šoku, hypoxie nebo bezvědomí. Proto je velmi důležité získat informace ohledně zranění od svědků nehody nebo od rodiny, od které zároveň můžeme získat také osobní a rodinnou anamnézu. Důležité

jsou zejména informace, jakým typem proudu a jak dlouho byl proudu poškozený vystaven. Někdy může pacient podávat přesné informace o své historii, ale to nemusí znamenat, že neutrpěl poškození mozku jako například u tupého poranění hlavy. Všichni pacienti poranění elektrickým proudem by měli být převezeni do nemocnice, pro další vyšetření. [21]

2.7.2 Laická první pomoc

Nejdůležitějším úkonem je třeba zajistit kvalitní krevní oběh pomocí srdeční masáže.

- Nejprve zastavíme působení elektrického proudu, pro svou ochranu.
- Pokud postižený hoří, tak jej uhasíme.
- Pokud neleží postižený na zádech, opatrně ho přetočíme.
- Poté zkontrolujeme základní životní funkce: zdali je člověk při vědomí, dýchá a má srdeční akci. U postiženého provedeme záklon hlavy a přiložíme ucho nad jeho ústa a zároveň pozorujeme, zdali se mu zvedá hrudník. Pozorujeme jej alespoň 10 vteřin. Lapavé dechy (gaspings) považujeme za bezdeší.
- V případě, že postižený je dospělá osoba, neprodleně voláme Zdravotnickou záchrannou službu (telefonní číslo 155) a pak zahájíme resuscitaci s pomocí operátora. Pokud se jedná o dítě, nejprve 1 minutu resuscitujeme a až potom voláme Zdravotnickou záchrannou službu.
- Nikdy nesmíme strhávat oblečení, které se k postiženému přiškvařilo.
- V resuscitaci pokračujeme do příjezdu Zdravotnické záchranné služby a dokud nám záchranář nebo lékař neřekne, kdy máme přestat. Ukončit resuscitaci můžeme, pokud se postiženému obnoví krevní oběh a dýchání (kašel, začne mluvit nebo se bránit).
- Při obnově oběhu a dýchání, opatříme postiženému tepelný komfort a vyčkáme do příjezdu Zdravotnické záchranné služby. [18]

2.7.3 Kardiopulmonální resuscitace

- Zaklekneme k hrudníku postiženého. Položíme dlaň jedné ruky na střed hrudníku (v místě hrudní kosti).
- Druhou ruku položíme na hřbet první ruky a propleteme prsty.
- Nakloníme se nad postiženého a s propnutými pažemi stlačujeme hrudník asi 5–6 cm. Ruce musí zůstat na místě a necháváme hrudník, aby se vrátil do normální polohy, až potom stlačíme znovu.
- Provádíme komprese hrudníku o frekvenci 100–120 stlačení za minutu. Rychlost kompresí a uvolnění hrudníku by se měla rovnat.
- S kompresemi pokračujeme i po příjezdu Zdravotnické záchranné služby a přestáváme až na výzvu záchranářů. [18]

2.7.4 Rozšířená neodkladná resuscitace

- Pacient nereaguje a nedýchá, zahájíme KPR v poměru 30:2, nalepíme elektrody defibrilátoru nebo připojíme pacienta na monitor. Minimalizujeme přerušení kompresí.
- Zhodnotíme srdeční rytmus. [22]

V případě nedefibrilovatelného rytmu:

- Pokračujeme v KPR v poměru 30:2.
- Zajistíme dýchací cesty a žilní vstup.
- Co nejdříve podáme 1 mg adrenalinu, potom každých 3 až 5 minut, dokud se pacientovi neobnoví oběh. [22]

V případě defibrilovatelného rytmu:

- Pacient nereaguje a nedýchá, zahájíme KPR v poměru 30:2, nalepíme elektrody nebo připojíme pacienta na monitor. Minimalizujeme přerušení kompresí.

- Zhodnotíme srdeční rytmus.
- Podáme výboj o síle 150–200 J u bifázických defibrilátorů a pokračujeme 2 minuty v KPR v poměru 30:2.
- Zajistíme dýchací cesty a žilní vstup, pokud jsou na daný výkon prostředky a dostatečný čas.
- Kontrolujeme rytmus.
- Při přetrvávající VF (komorová fibrilace–ventricular fibrillation)/pVT(komorová tachykardie bez hmatného pulzu–pulsless ventricular tachycardia) provedeme další výboj o síle 150–360 J a pokračujeme další 2 minuty v KPR v poměru 30:2.
- Následuje další kontrola rytmu.
- Při přetrvávající VF/pVT provedeme další výboj o síle 150–360 J, pokračujeme v KPR v poměru 30:2 další 2 minuty a během toho podáváme 1 mg adrenalinu a 300 mg amiodaronu, adrenalin podáváme každých 3 až 5 minut.
- Kontrolujeme rytmus.
- V případě přetrvávající VF/pVT podáváme další výboj o síle 150–360 J, následuje KPR v poměru 30:2.
- Kontrolujeme rytmus.
- Při přetrvávající VF/pVT provedeme další výboj o síle 150–360 J, pokračujeme v KPR v poměru 30:2.
- Zvážíme podání 150 mg amiodaronu.
- Při přetrvávající VF/pVT opakovat algoritmus s podáváním adrenalinu každých 3 až 5 minut. [22]

Nedostatky při resuscitaci:

- Nesprávný záklon hlavy u dětí a dospělých.
- Nesprávné provádění umělého dýchání.

- Zanedbání monitoringu pohybů hrudníku a kvality nepřímé srdeční masáže na periferních arteriích.
- Příliš velký objem vzduchu při prodechování dětí.
- Nedostatečně dlouhá KPR. [8]

2.7.5 Následná péče

Důležitým faktorem u závažných poranění elektrickým proudem je náhrada tekutin. Nejčastěji používaným roztokem je Ringer-laktát. U pacienta by měl být také zaveden močový katetr, z důvodů sledování diurézy. Cílená diuréza u pacientů, u kterých nalezneme myoglobin v moči by měla dosahovat 1 ml–1,5 ml/kg/h. Diuréza u pacientů bez myoglobinurie by měla být cílena na 0,5 ml–1 ml/kg/h. U pacientů se srdečním selháním nebo suspektním intrakraniálním poškozením by se přísun tekutin, měl spíše redukovat. Důvodem je možnost vzniku plicního edému nebo vysokého intrakraniálního tlaku. Náhrada tekutin by měla být dvakrát až třikrát větší v závislosti, jak moc velká část kůže je poškozena. V případě hematurie nebo tmavé moči by měla být diuréza vyšší, aby nedošlo k tubulární nekróze vyvolané myoglobinem. V tomto případě by měla být cílená diuréza 2 ml–3 ml/kg/h. K dosažení této hodnoty diurézy lze použít manitol v množství 1 ml/kg. [21]

Nejčastější příčinou poranění nízkým napětím bývá rozvodná síť v domácnostech a s tím spojené elektrospotřebiče. Rozsahově můžeme tyto poškození řadit mezi mírná a vyskytující se zpravidla pouze v místě kontaktu nebo ve většině případů tvoří hluboká postižení. Poškození mohou být lidé všech věkových skupin. Zranění se nejčastěji nachází na dlaních a prstech ruky. U batolat může někdy nastat poškození rtů a obličeje. Ty jsou u nás vyšetřeny komplexně pediatrem a následně po ohraničení nekrotizovaných oblastí operovány. V zahraničí jsou děti vyšetřeny pediatrem, ošetřeny antibakteriálním krémem a předány

do domácí péče s ambulantními kontrolami. Důvodem může být finanční nebo psychologická otázka, která se nedá přesně určit. [8]

U všech věkových skupin jsou nekrotizované části tkání odstraněny a nahrazeny dočasnými kryty. Dle stavu tkání po převazu je rozhodnuto o následující péči a konečném ošetření poškozené tkáně. U mírného poškození, které nepoškodilo hluboké struktury, ale pouze kůži a podkoží, lze využít autotransplantaci nebo přímou suturu dle rozsahu a umístění poškození. Pokud dojde následkem poranění k odstranění všech měkkých tkání a tím k obnažení šlach, kloubů a kostí, je potřeba ztrátu této tkáně nahradit lalokem. [8]

Při celkovém poranění je nutná monitorace EKG a s tím spojená léčba poruch srdečního rytmu. Pokud během úrazu nastalo bezvědomí, je důležité zajistit konzultaci s neurologem z důvodu kombinace termického a ischemického poranění mozku. V případě poruchy vnitřního prostředí je třeba upravit pH a zajistit elektrolytovou rovnováhu. Dále by se měl podávat pacientům nízkomolekulární heparin subkutánně. [8]

S poraněním vysokým napětím se nejčastěji setkáváme u profesí elektrikářů nebo u osob nedodržujících výstražné pokyny. Těmi mohou být například osoby, které vnikli do trafostanic nebo vylezli na stožáry vysokého napětí či na vagony vlaků. Postup ošetření u těchto pacientů musí být individuální, z důvodů míry, hloubky a umístění tkáňového poškození. Dalšími faktory, na které je potřeba brát během vyšetření zřetel, jsou přidružená zranění, věk a pohlaví pacienta i osobní a rodinná anamnéza. Následkem vysokonapěťových poranění jsou zpravidla hluboké devastace tkání s termickým poškozením. U pádů je potřeba vyloučit polytrauma a zlomeniny dlouhých kostí, pánve, lebky a páteře. [8]

Zásady terapie elektrotraumat:

- „Stabilizovat poraněného – podpora vitálních systémů.
- Urgentní zajištění polytraumatu.
- Adekvátní náhrada tekutin – prevence poškození ledvin: včasné a zvýšené podání krystaloidních roztoků (Hartmannův roztok, Ringer-laktát), forsírovaná diuréza manitolem (20 %, 250 ml u dospělých), korekce pH séra i moči, ve smyslu alkalizace, mikrodávky dopaminu (3–5 µg/kg/min).
- Analgetika, sedativa.
- Antibiotika se profylakticky nepodávají, jen při poranění střeva.
- Heparinizace (pokud jsou vyloučena vnitřní krvácení) – injektómatem kontinuálně.
- Postižená místa chránit před infekcí – sterilně krýt.
- Chirurgická léčba: mezi neodkladné výkony patří dekomprese tkání, eventuelně revize vnitřních orgánů po přijetí v nemocnici.“ [8]

Terapie u poranění bleskem je stejná jako u elektrotraumatu:

- prodloužená doba resuscitace
- infuzní terapie s podporovou zvýšené diurézy při pigmenturii nebo pomocí osmotických diuretik (mannitol 20 %)
- úprava metabolické acidózy a balance minerálů
- antikoagulační léčba
- podání antibiotik
- rehabilitace [8]

„Prováděná vyšetření při elektrotraumatu:

1. základní laboratorní soubor
hemokoagulační vyšetření
vyšetření acidobazické rovnováhy

2. *EKG, RTG plic a srdce*
3. *interní, neurologické, oční*
4. *CT mozku, EEG, EMG*
5. *sonografie břicha – parenchymatosní orgány*
6. *dopplerovské vyšetření končetinových cév, invazivní měření tlaku v končetinových kompartmentech*
7. *magnetická rezonance končetin“ [23]*

Při závažném poranění elektrickým proudem je nutná kontinuální monitorace všech základních životních funkcí, jako jsou například krevní tlak, EKG, tepová frekvence, SpO₂, frekvence dechu, tělesná teplota a stav vědomí. [23]

U všech pacientů poraněných elektrickým proudem by mělo být provedeno EKG vyšetření. Pacienti, u kterých nejsou pozorovány žádné EKG abnormality, ztráta vědomí a žádné další poranění, které by vyžadovali hospitalizaci, mohou být po základním vyšetření propuštěni. V případě ztráty vědomí, změn na EKG nebo u poranění vyžadující hospitalizaci, by měli být pacienti přijati do nemocniční péče na pozorování nebo další léčbu v závislosti na závažnosti poranění. [24]

3 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je komparace terapeutických postupů v přednemocniční neodkladné péči a nemocniční péči. Na základě výsledků bude vyhodnocen vývoj léčebných postupů přednemocniční neodkladné péče.

Výzkumné otázky

1. Setkal jste se během své praxe s úrazem elektrickým proudem?
(jak často/kolikrát)
2. Jak velký vliv má prvotní přístup k pacientovi na jeho léčbu v nemocničním prostředí?
3. Jaké jsou dle Vašeho názoru nejčastější chyby v přednemocniční neodkladné péči?
4. Jaký by byl Váš postup při příjmu pacienta poraněného elektrickým proudem?
5. Myslíte si, že jste v této problematice dostatečně proškolen a máte zájem o další edukaci spojenou s poraněním elektrickým proudem?

4 METODIKA

Pro svůj výzkum jsem se rozhodl použít metodu polostrukturovaného rozhovoru z důvodu nízkého počtu případů. Dle mého názoru by bylo velmi složité hledat kazuistiky.

Výzkum byl proveden formou polostrukturovaného rozhovoru se šesti lékaři z různých pracovišť, aby byl výsledek co nejvíce objektivní. Rozhovor byl veden kontaktní formou nebo video hovorem přes počítač. Rozhovor obsahoval pět otázek navržených tak, aby respondenti s různou specializací v medicíně mohli na tyto otázky odpovědět. Z důvodů GDPR vydané Evropskou unií jsem od některých respondentů nezískal souhlas k uvedení jejich identity, proto jsem se rozhodl neuvádět identitu u žádného z respondentů. Přepisy rozhovorů byly pro věcnost zkráceny a jsou vloženy v kapitole 5 Výsledky.

5 VÝSLEDKY

V následující části budou uvedeny výsledky výzkumu zaměřené na znalosti lékařů na téma bakalářské práce.

5.1 Rozhovory s respondenty

Respondent číslo 1

První dotazovaný je muž ročník 1969 pracující jako ředitel u Zdravotnické záchranné služby hlavního města Prahy, které zastává téměř pět let. Jeho praxe jako lékaře trvá 28 let. Působil na několika pracovištích, a to včetně urgentního příjmu dospělých Fakultní nemocnice v Motole.

Otázka č. 1: Setkal jste se během své praxe s úrazem elektrickým proudem?
(jak často/kolikrát)

„Jsou to jednotky případů, není to tak frekventované na území České republiky.“

Otázka č. 2: Jak velký vliv má prvotní přístup k pacientovi na jeho léčbu v nemocničním prostředí?

„V nemocničním prostředí je důležité nepodcenit úraz elektrickým proudem, protože vždycky záleží na mechanismu úrazu a je velmi důležité rozhodnout o jaký typ proudu šlo. Vždycky je tam nějaká popálenina a samozřejmě se jedná o vnitřní zranění, včetně možnosti arytmie, proto jsou pravidla pro úraz elektrickým proudem přísná a musí být dodržována.“

Otázka č. 3: Jaké jsou dle Vašeho názoru nejčastější chyby v přednemocniční neodkladné péči?

„Chyby podcenění rozsahu úrazu a inkompletní vyšetření. Je třeba postupovat dle ATLS a pátrat po vstupu a výstupu a po rozsahu průchodu proudem.“

Otázka č. 4: Jaký by byl Váš postup při příjmu pacienta poraněného elektrickým proudem?

„Klasicky dle ABCDE s ATLS přístupem a nikdy bych se k traumatickému pacientovi nechoval jinak. Po celou dobu kontinuální monitorace srdeční činnosti, protože hrozí arytmie. Další postup bych rozhodoval podle síly proudu a rozsahu popáleninového traumatu a jak moc bude velké elektrické trauma.“

Otázka č. 5: Myslíte si, že jste v této problematice dostatečně proškolen a máte zájem o další edukaci spojenou s poraněním elektrickým proudem?

„Kontinuální vzdělávání do přednemocniční a urgentní péče patří, a to že jsou certifikáty ATLS časově omezené je jednou z velkých plus tohoto systému standardizovaného školení a úraz elektrickým proudem do něj patří.“

Respondent číslo 2

Druhým respondentem je žena ročník 1967 pracující jako lékařka jednotky intenzivní péče kliniky popáleninové medicíny Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, kterou zastává více než 20 let.

Otázka č. 1: Setkala jste se během své praxe s úrazem elektrickým proudem? (jak často/kolikrát)

„Ano setkala jsem se v několika případech, ale nebývá to časté. Tyto případy zahrnují 1-5 % přijatých případů.“

Otázka č. 2: Jak velký vliv má prvotní přístup k pacientovi na jeho léčbu v nemocničním prostředí?

„Přístup zdravotníků v přednemocniční péči má velký vliv na jeho léčbu v nemocničním prostředí. Je třeba znát správné postupy ošetření, aby pacientovy nebyla způsobena ještě větší újma na zdraví, co se týče popálenin. Postup je vlastně jednoduchý, popáleniny stačí jen sterilně krýt a pacienta transportovat.“

Otázka č. 3: Jaké jsou dle Vašeho názoru nejčastější chyby v přednemocniční neodkladné péči?

„Jelikož se přednemocniční péčí nezabývám, tak dle mého názoru to může být chyba v postupu ošetření pacienta.“

Otázka č. 4: Jaký by byl Váš postup při příjmu pacienta poraněného elektrickým proudem?

„Vzhledem k tomu, že transport pacientů do popáleninových center je většinou v těchto případech promptní, tedy do 2-3 hodin od úrazu, tak ten přístup je v podstatě stejný jako k jakémukoliv rozsáhle popálenému pacientovi. Prvotní zajištění je vždy stěžejní. V případech elektrotraumatů o vysokém napětí je třeba počítat i s přidruženými poraněními. Což se někdy může podcenit. Je nezbytné, aby pacienti byli vyšetřeni celotělovým CT.“

Otázka č. 5: Myslíte si, že jste v této problematice dostatečně proškoleni a máte zájem o další edukaci spojenou s poraněním elektrickým proudem?

„Celoživotní vzdělávání do medicíny patří a bez toho by to ani nešlo. Některá školení jsou nepovinná, ale já si myslím, že když se lékař s nějakým případem může setkat, byť jen v několika případech, tak by měl o tom něco vědět.“

Respondent číslo 3

Třetím respondentem je muž ročník 1953 pracující jako lékař kardiologické kliniky Fakultní nemocnice v Motole. Jeho doba praxe na tomto oddělení činí již 27 let.

Otázka č. 1: Setkal jste se během své praxe s úrazem elektrickým proudem? (jak často/kolikrát)

„Za dobu mé praxe jsem se setkal pouze s jedním pacientem poraněným elektrickým proudem.“

Otázka č. 2: Jak velký vliv má prvotní přístup k pacientovi na jeho léčbu v nemocničním prostředí?

„Úraz elektrickým proudem, může mít smrtelné účinky na život člověka, proto je prvotní přístup velmi důležitý a může člověku v mnoha případech zachránit život.“

Otázka č. 3: Jaké jsou dle Vašeho názoru nejčastější chyby v přednemocniční neodkladné péči?

„Nejčastější chyby v přednemocniční péči si vůbec nedovolím komentovat, jelikož se přednemocniční péčí vůbec nezabývám.“

Otázka č. 4: Jaký by byl Váš postup při příjmu pacienta poraněného elektrickým proudem?

„Pracuji na kardiologické klinice, kde řešíme vliv na srdce, hlavně ve vztahu k arytmiím, takže pacientům s podezřením na úraz elektrickým proudem monitorujeme kontinuálně EKG, odebíráme troponin jako selektivní marker poškození srdečního svalu.“

Otázka č. 5: Myslíte si, že jste v této problematice dostatečně proškolen a máte zájem o další edukaci spojenou s poraněním elektrickým proudem?

„Proškolen bych mohl být klidně více, co se této problematiky týče.“

Respondent číslo 4

Čtvrtým respondentem je muž ročník 1979 pracující jako lékař II. interní kliniky kardiologie a angiografie Všeobecné fakultní nemocnice v Praze. Tuto pozici na oddělení zastává již 17 let.

Otázka č. 1: Setkal jste se během své praxe s úrazem elektrickým proudem? (jak často/kolikrát)

„Ano, setkal jsem se, a to ve třech případech.“

Otázka č. 2: Jak velký vliv má prvotní přístup k pacientovi na jeho léčbu v nemocničním prostředí?

„Prvotní přístup k pacientovi má vliv na jeho celkový stav.“

Otázka č. 3: Jaké jsou dle Vašeho názoru nejčastější chyby v přednemocniční neodkladné péči?

„Já si myslím, že chyb v přednemocniční neodkladné péči není. Bud' má člověk zástavu a musí se resuscitovat anebo se už nic neděje a přivezou ho. Tady se nedá už nic splést.“

Otázka č. 4: Jaký by byl Váš postup při příjmu pacienta poraněného elektrickým proudem?

„Standardně ve smyslu EKG, odběry, získání anamnézy a následující vyšetření a vždycky poté nastává observace 24 hodin.“

Otázka č. 5: Myslíte si, že jste v této problematice dostatečně proškolen a máte zájem o další edukaci spojenou s poraněním elektrickým proudem?

„Proškolen dostatečně nejsem, protože se jedná o poměrně dost vzácné věci a další edukace by byla jistě vhodná.“

Respondent číslo 5

Pátým respondentem je muž ročník 1981 pracující jako lékař kardiologické kliniky Fakultní nemocnice v Motole. Tuto pozici na oddělení zastává již 12 let.

Otázka č. 1: Setkal jste se během své praxe s úrazem elektrickým proudem? (jak často/kolikrát)

„Ano, setkal jsem s poraněním elektrickým proudem, ale pouze v jednom případě.“

Otázka č. 2: Jak velký vliv má prvotní přístup k pacientovi na jeho léčbu v nemocničním prostředí?

„Prvotní přístup má zejména vliv na jeho následnou péči a celkový stav pacienta.“

Otázka č. 3: Jaké jsou dle Vašeho názoru nejčastější chyby v přednemocniční neodkladné péči?

„Tak to vůbec netuším, protože se přednemocniční péčí vůbec nezabývám. Možná snad v tom, že poranění vzniklá elektrickým proudem, mohou být i vnitřní a na první pohled nemusí být zřejmá a může se to bagatelizovat.“

Otázka č. 4: Jaký by byl Váš postup při příjmu pacienta poraněného elektrickým proudem?

„Postup by byl následovný, kontinuální monitorace EKG, celkové odběry a další vyšetření podle stavu pacienta a závažnosti poranění a následná monitorace po dobu 24 hodin.“

Otázka č. 5: Myslíte si, že jste v této problematice dostatečně proškolen a máte zájem o další edukaci spojenou s poraněním elektrickým proudem?

„V rámci této problematiky proškolen určitě dostatečně nejsem, jelikož se jedná jen o malé procento případů a další edukace by neuškodila.“

Respondent číslo 6

Šestým respondentem je muž ročník 1985 pracující jako lékař II. interní kliniky kardiologie a angiografie Všeobecné fakultní nemocnice v Praze. Tuto pozici na oddělení zastává již 8 let.

Otázka č. 1: Setkal jste se během své praxe s úrazem elektrickým proudem? (jak často/kolikrát)

„Během své praxe jsem se setkal s úrazem elektrickým proudem pouze jedenkrát, pacienta jsme obseroovali a monitorovali mu EKG.“

Otázka č. 2: Jak velký vliv má prvotní přístup k pacientovi na jeho léčbu v nemocničním prostředí?

„Když se pacient dostane do nemocnice tak je v podstatě potřebná hlavně monitorace EKG na akutním příjmu a event. na oddělení a kontrola minerálů – především Kalemie (vychýlené hodnoty predisponují k arytmiím) a samozřejmě je potřeba řešit přídatné problémy typu popálenin.“

Otázka č. 3: Jaké jsou dle Vašeho názoru nejčastější chyby v přednemocniční neodkladné péči?

„Chyby v přednemocniční neodkladné péči nejsem schopen posoudit, jde to mimo moji hlavní pracovní náplň, protože nepracuji na akutním příjmu.“

Otázka č. 4: Jaký by byl Váš postup při příjmu pacienta poraněného elektrickým proudem?

„Pacienta pouze monitorujeme, jestli se neobjeví nějaké arytmie a zkontrolujeme mu laboratoř, jinak není žádná specifická léčba nutná.“

Otázka č. 5: Myslíte si, že jste v této problematice dostatečně proškoleni a máte zájem o další edukaci spojenou s poraněním elektrickým proudem?

„Dostatečně proškolený nejsem a jakékoli školení, které je dobře prakticky pojaté stojí za to.“

6 DISKUZE

Tato bakalářská práce se zabývá komplexním přístupem k pacientovi poraněnému elektrickým proudem. Mezi poranění elektrickým proudem patří všechna poranění ať už jsou přímá nebo nepřímá. Přímá poranění zahrnují přímý kontakt se zdrojem elektrického proudu a mezi nepřímá poranění lze řadit zranění způsobená elektrickým obloukem a druhotná traumata jako jsou pád a odhození těla. Poranění elektrickým proudem nepatří mezi častá zranění. Toto tvrzení je podloženo statistikami Státního úřadu inspekce práce a také mým výzkumem. Otázkou je, ke kolika poraněním skutečně došlo, jelikož ne všechny případy jsou hlášeny na linku 155. Sám jsem se s několika případy setkal, kdy můj otec, povoláním elektrotechnik, pracoval doma na rozvodech a zasáhl ho výboj o velikosti 230 V. Otec se cítil v pořádku a ani si nepřál, aby mu byla pomoc volána. Proto si dovolím tvrdit, že skutečný počet případů je pravděpodobně vyšší, ale nelze to nijak dokázat. Jak uvádí Franěk ve svém článku První pomoc při úrazu elektrickým proudem. Běžné parametry proudu v rozvodné síti jsou 230 V/50 Hz, a právě tyto parametry jsou pro lidský organismus z hlediska možnosti vzniku poruchy srdečního rytmu vysoce rizikové. Přístup k pacientovi, který je poraněn elektrickým proudem, se liší případ od případu. Léčba tohoto poranění je u každého pacienta individuální. Úraz elektrickým proudem má mnoho faktorů, podle kterých se způsob a doba léčby odvíjí. Postižení elektrickým proudem mohou být všech věkových skupin.

První otázka měla zjistit, jak často se lékaři setkávají s poraněním elektrickým proudem. Získané výsledky jsem porovnal s daty ze studie od Státního úřadu inspekce práce, která se vztahuje pouze na pracovní úrazy. Dle studie Státního úřadu inspekce práce z let 1993–2011, můžeme sledovat výrazný pokles četnosti úrazů elektrickým proudem, kdy v roce 1993 byl počet úrazů proudem

o nízkém napětí 167 a o vysokém napětí 78. V roce 2011 byly hodnoty četností výrazně nižší a to 72 pro úraz elektrickým proudem o nízkém napětí a osm pro vysoké napětí. Výsledky výzkumu nejsou nijak překvapivé, z rozhovorů vychází, že se každý z lékařů setkal minimálně jednou s úrazem elektrickým proudem. S nejvíce případy se setkali pravděpodobně respondenti číslo jedna a dva, ale nebylo mi podáno exaktní číslo, tak se o tomto můžu jen domnívat. Napovídá tomu i skutečnost, že respondent číslo jedna je lékařem zdravotnické záchranné služby, u které je větší pole působnosti a respondent číslo dva pracuje na popáleninové klinice, kam je pravděpodobně převezena většina pacientů s těžkými popáleninami způsobenými elektrickým proudem. Tento nízký počet případů může být následkem větších nároků inspektorů bezpečnosti práce na zaměstnavatele a s tím spojené lépe a častěji vedené BOZP (bezpečnost a ochrana zdraví při práci) pro zaměstnance. Dle mého názoru to může být jeden z důvodů proč počet úrazů elektrickým proudem klesá.

Prvotní přístup k pacientovi má vliv především na jeho prognózu. Je velmi důležité, aby se postupovalo dle doporučených postupů a nic se nepřehlédlo, jelikož mohou nastat fatální následky. Z hlediska důležitosti prvotního přístupu k pacientovi jsem získal různé odpovědi. Ve dvou případech respondenti uvedli, že prvotní přístup k pacientovi má velký vliv na jeho léčbu v nemocničním prostředí a také může zachraňovat životy. Respondent číslo šest si pravděpodobně špatně vyložil otázku a odpověděl jaký by byl postup ošetření pacienta v nemocničním prostředí, což by se hodilo více do otázky číslo čtyři. Od respondenta číslo jedna jsem získal nejkomplexnější odpověď, ve které uvádí, jaká jsou rizika úrazu elektrickým proudem a na co si dávat při ošetření pozor. Nicméně jeho odpověď nepodává skutečnost, jak důležitý je prvotní přístup. Dále z výzkumu můžeme vyčíst, že respondenti mají odlišný přístup k pacientovi. Důvodem je pravděpodobně skutečnost, že respondenti s různou specializací se zaměřují pouze na terapie pacienta dle své odbornosti.

Pouze první respondent uvedl odpověď s komplexním přístupem, který je u úrazu elektrickým proudem potřeba, protože se jedná o poranění, které může být komplikované a může zasahovat více tělesných systémů.

Dle odborné literatury je několik chyb, které mohou nastat v přednemocniční neodkladné péči. Některé odpovědi respondentů mě u této otázky překvapily, jelikož ve dvou případech mi byla podána odpověď na základně domněnky s vysvětlením, že se přednemocniční péčí nezabývají. V dalších dvou případech mi nebyla podána odpověď na mou otázku se stejným zdůvodněním jako u předchozích případů. Nejlepší odpověď podal respondent číslo jedna, jelikož je lékařem zdravotnické záchranné služby a pro něj byla tato otázka nejbližší. Naopak velmi kontroverzní odpověď podal respondent číslo čtyři, podle jehož názoru chyby v přednemocniční neodkladné péči nejsou. S touto odpovědí nesouhlasím, protože jsme všichni lidé a ti občas chyby dělají, i když v medicíně místo pro chyby není, jelikož to někdy může mít fatální následky.

Mezi nejčastější chyby, které se mohou vyskytovat v přednemocniční neodkladné péči patří například: nesprávný sběr anamnézy, opomenutí fyzikálního vyšetření, soustředění se pouze na primární symptomy a zanedbání sekundárních symptomů, nevyhovující vědomosti a obeznámenost s problematikou, nesprávný úsudek a také utvoření mylného závěru, jak uvádí Bydžovský ve své knize Diferenciální diagnostiky nejčastějších stavů. [25]

Elektrický proud může mít na tělo různorodé negativní účinky. Nejčastějším účinkem, který elektrický proud způsobuje, je elektrotrauma, ale mohou nastat i tepelná a tupá poranění. Jakýkoliv z těchto účinků může mít smrtelné následky poškozené osoby, proto je u elektrotraumatu vyžadován komplexní přístup k pacientovi, jak uvádí článek Cardiology letters. [26]

Se slovy autorů tohoto článku plně souhlasím. Myslím, že k jakémukoliv elektrotraumatu by se mělo přistupovat komplexně a nic nepodceňovat. Dále je třeba brát v úvahu kontinuální monitoraci srdečního rytmu, i když v prvotním vyšetření se nevyskytovaly žádné změny rytmu. Ve vzácných případech může dojít k opožděné změně rytmu, která může způsobit zástavu oběhu, jak popisuje kazuistika tohoto článku.

Z této kazuistiky je zřejmé, že i když pacient na první pohled může po úrazu elektrickým proudem vykazovat známky toho, že je bez vážnějšího traumatu, ošetřující personál i přesto musí provést komplexní vyšetření spolu s kontinuální monitorací srdečního rytmu. Proto jsem byl překvapen, že u respondentů z řady kardiologů pouze jeden uvedl kontinuální monitoraci po dobu 24 hodin. Další odpovědi respondentů mne nijak nepřekvapili, jelikož ve většině případů by jednali podle odborné literatury. V odpovědích najdeme různé postupy u respondentů číslo jedna a dvě oproti respondentům tři až šest, jelikož se jejich zaměření v medicíně liší, proto by jejich postup v ošetření pacienta byl jiný. Všichni respondenti by se zaměřili na kontinuální monitoraci srdečního rytmu s výjimkou respondenta číslo dva. Všichni respondenti se shodly na tom, že další postup závisí na závažnosti poranění a podle něj by se odvíjela další léčba. Zajímavým zjištěním byl fakt, že ani jeden z respondentů nezmínil podání analgetik či sedativ, jelikož je to velmi významná část terapie pacienta. Jak uvádí přehledový článek Holmana *Electrical Injuries*, srdeční komplikace se vyskytují přibližně ve 4–17 % a většina arytmií bývá nezávažná. Zpravidla se objevují v prvních hodinách od úrazu a projevují se jako ramínkové blokády, atrioventrikulární blokády, prodloužení QT intervalu, změny v ST úseku nebo fibrilace síní, která se vyskytuje nejčastěji. U pacientů s úrazem o nízkém napětí bez synkopy či bolestí na hrudi literatura spíše nepodporuje nutnost EKG monitorace. Přestože obdobná nejednoznačná doporučení se uvádí i pro úraz elektrickým proudem o vysokém napětí, řada

odborníků doporučuje monitoraci přinejmenším po dobu šesti až osmi hodin právě z důvodů pozdějších kardiálních komplikací.

Cílem páté otázky bylo zjistit, jestli jsou lékaři dostatečně proškoleni v problematice úrazu elektrickým proudem. U této otázky jsem dostal jasné ano pouze u jednoho z respondentů, a to u respondenta číslo jedna. Důvodem je skutečnost, že respondent číslo jedna má certifikát ATLS, který zahrnuje úraz elektrickým proudem. Tento certifikát je pouze na omezenou dobu s čímž je spojeno kontinuální vzdělávání, pokud je o tento certifikát nadále zájem. Respondent číslo dvě podal taky kladnou odpověď s odkazem na to, že medicína patří mezi obory, kde je nutné celoživotní vzdělávání, jehož součástí jsou různé kurzy a školení. Byl jsem překvapen odpovědí respondentů tři až šest, kteří jsou dle jejich názoru nedostatečně proškoleni v této problematice, s odůvodněním, že se jedná o případy s nízkou četností. Na druhou stranu pozitivní věcí na jejich odpovědi byl fakt, že všichni projevili zájem o další edukaci týkající se této problematiky.

Terapeutické postupy přednemocniční neodkladné péče se liší v mnoha aspektech od terapeutických postupů nemocniční péče. V přednemocniční péči je hlavním úkolem pacienta stabilizovat a co nejrychleji jej transportovat do nejbližšího nemocničního zařízení. Je třeba dbát také na své bezpečí, jelikož pacient může být stále v kontaktu se zdrojem proudu. Někdy může nastat i prodlení ošetření pacienta, jelikož zdroj vysokého napětí může vypnout jen pracovník mající oprávnění k tomuto úkonu. Hlavním rozdílem je přístup k pacientovi, který je v přednemocniční péči dle algoritmu ABCDE. V nemocniční péči se většinou tímto algoritmem ve většině případů lékaři neřídí, což také vyplývá z mého výzkumu. Dalším rozdílem jsou například vyšetřovací metody. Zatímco u přednemocniční neodkladné péče se musíte spolehnout na fyzikální vyšetření což je pohled, pohmat, poklep a poslech

(případně per rectum), které v nemocniční péči také provádíme, ale je zde mnohem více přístrojů zobrazovacích metod jako jsou například RTG, sonografie, CT, magnetická rezonance, které se v přednemocniční péči nenacházejí. Další věc, která je velmi důležitá a kterou nelze provádět v přednemocniční neodkladné péči jsou rozbory krve, které mohou být klíčové pro určení akutního koronárního syndromu bez změn na EKG. Dalším rozdílem je terapeutický postup popálenin. V přednemocniční péči je doporučeno popáleninové rány pouze sterilně krýt a pacienta transportovat. V nemocniční péči je léčba pečlivě promyšlena a vybrán nejlepší způsob terapie. Při mírných stupních popálenin je zvolen konzervativní způsob léčby spolu s antibakteriálními krémy a krytím. U pacientů s tímto poraněním je taktéž zvýšená potřeba tekutinového managementu. Rovněž je doporučena kontinuální řízená infuzní terapie před bolusovou infuzní terapií, aby se minimalizoval tkáňový otok, který by mohl zhoršit tkáňové poškození. Tuto léčbu je vhodné zahájit již v přednemocniční neodkladné péči. Řada doporučení uvádí začít infuzní terapii roztokem Ringer-laktát. V závažnějších případech se musí nekrotizovaná tkáň odstranit chirurgicky. Ve velmi vážných případech je třeba někdy i končetiny amputovat. V čem se ale naopak přednemocniční neodkladná péče od nemocniční neliší, je většina základních vyšetření, mezi které patří saturace krve, kapnometrie, fyzikální vyšetření, EKG, krevní tlak, kapilární návrat, zajištění cévního vstupu, neurologické vyšetření, hodnota glykémie a tělesná teplota.

Z výzkumu vyplývá, že chyby v přednemocniční neodkladné péči nejsou četné. Také jsem zjistil, že zdravotnický personál není dostatečně proškolen v této problematice, což je pravděpodobně způsobeno nízkým výskytem úrazů elektrickým proudem. Péče o tyto pacienty začíná v přednemocniční neodkladné péči, případně navazuje v zdravotnických zařízeních v rukách několika specialistů dle povahy poranění. Proto by i aktualizace v této

problematice, kterým je nakloněna řada lékařů, mohly být součástí celoživotního vzdělávání řady odborností, nejen v urgentní medicíně. Realitou je, že vzácnější případy lékaři studují více z vlastní iniciativy a důležitou roli zde hraje dostupnost aktuálních informací.

7 ZÁVĚR

Smyslem této bakalářské práce bylo porovnat terapeutické postupy mezi přednemocniční neodkladnou péčí a nemocniční péčí a také s doporučenými terapeutickými standardy dle odborné literatury. Dále v této práci objasňuji důvody komplexního přístupu k pacientovi, který byl poraněn elektrickým proudem.

Hlavním důvodem výběru tohoto tématu bylo, že je můj otec povoláním elektrotechnikem a k elektřině jsem nikdy neměl daleko. Také jsem se mnohokrát setkal s porušením předpisů mého otce, kdy byl zasažen elektrickým proudem na štěstí bez následků. Proto jsem se rozhodl prohloubit své znalosti v této problematice, abych věděl, jak se mám v budoucím profesním a osobním životě v této situaci správně zachovat.

Tímto výzkumem jsem zjistil, jaké jsou rozdíly mezi přednemocniční neodkladnou péčí a nemocniční péčí a v čem se terapeutické postupy podobají.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

A – ampér

ATLS – advanced trauma life support

AV – atrioventrikulární uzel

BOZP – bezpečnost a ochrana zdraví při práci

CT – computer tomography (počítačová tomografie)

EEG – elektroencefalografie

EKG – elektrokardiogram

EMG – elektromyografie

Hz – hertz

I – elektrický proud

J – joule

KPR – kardiopulmonální resuscitace

mn – malé napětí

nn – nízké napětí

pVT – pulsless ventricular fibrillation (komorová fibrilace bez hmatného pulzu)

Q – elektrický náboj

RTG – rentgen

SA – sinoatriální uzel

TANR – telefonicky asistovaná neodkladná resuscitace

uvn – ultravysoké napětí

V – volt

VF – komorová fibrilace (Ventricular fibrillation)

vn – vysoké napětí

vvn – velmi vysoké napětí

ZOS – zdravotnické operační středisko

zvn – zvlášť vysoké napětí

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
- [2] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3*. 3. vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-9552-2.
- [3] ROSINA, Jozef. *Biofyzika: pro zdravotnické a biomedicínské obory*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4237-3.
- [4] SOVOVÁ, Eliška. *EKG pro sestry*. Praha: Grada, 2006. Sestra (Grada). ISBN 80-247-1542-2.
- [5] BENEŠ, Jiří, Daniel JIRÁK a František VÍTEK. *Základy lékařské fyziky*. 4. vydání. V Praze: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2645-1.
- [6] ŠTĚTINA, Jiří. *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4578-7.
- [7] ŠTEFAN, Jiří a Jiří HLADÍK. *Soudní lékařství a jeho moderní trendy*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3594-8.

- [8] KÖNIGOVÁ, Radana a Josef BLÁHA. *Komplexní léčba popáleninového traumatu*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1670-4.
- [9] POKORNÝ, Jiří. *Urgentní medicína*. 1. vyd. Praha: Galén, 2004. ISBN 80-7262-259-5.
- [10] PRICE, Timothy a Mary COOPER. Electrical and Lightning Injuries. *Rosen's Emergency Medicine – Concepts and Clinical Practice* [online]. Elsevier, 2010, s. 1893-1902 [cit. 2019-04-15]. DOI: 10.1016/B978-0-323-05472-0.00140-7. ISBN 9780323054720. Dostupné z: <https://lightninginjury.lab.uic.edu/Electr&Ltn.pdf>
- [11] BERKA, Štěpán. *Elektrotechnická schémata a zapojení v praxi*. 1. vydání. Brno: Computer Press, 2015. ISBN 978-80-251-4598-2.
- [12] TICHÁČEK, Milan a Jarmila DRÁBKOVÁ. Úraz elektrickou energií: Doporučené postupy pro praktické lékaře. In: *Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně* [online]. [cit. 2019-04-17].
- [13] KRÄMER, C., R. PFISTER, T. BOEKELS a G. MICHELS. Cardiac monitoring always required after electrical injuries?. *Medizinische Klinik - Intensivmedizin und Notfallmedizin* [online]. 2016, **111**(8), 708-714 [cit. 2019-04-27]. DOI: 10.1007/s00063-015-0107-y. ISSN 2193-6218. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00063-015-0107-y>
- [14] HIRT, Miroslav a František VOREL. *Soudní lékařství*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2015-2016. ISBN 978-80-247-5680-6.

- [15] BRYCHTA, Pavel, Yvona KALOUDOVÁ, Ludomír BROŽ a Zuzana KAPOUNKOVÁ. Přednemocniční péče o termický úraz: Doporučené postupy pro praktické lékaře. In: *Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně* [online]. [cit. 2019-04-17].
- [16] BYDŽOVSKÝ, Jan. *Předlékařská první pomoc*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2011. Zdraví & životní styl. ISBN 978-80-247-2334-1.
- [17] *Sestra a urgentní stavy*. 1. české vyd. Praha: Grada, 2008. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-2548-2.
- [18] AUSTIN, Margaret, Rudy CRAWFORD a Vivien ARMSTRONG. *První pomoc: autorizovaná příručka organizací St John Ambulance, St Andrew's First Aid a British Red Cross*. 1. vydání. Přeložil Petr STRÍBRNÝ. V Praze: Slovart, 2015. ISBN 978-80-7391-386-1.
- [19] DALEY, Brian a Juan GALLEGOS. Electrical Injuries. In: *Medscape* [online]. University of Tennessee: Medscape, 2017 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://emedicine.medscape.com/article/433682-treatment#showall>
- [20] KODET, Jiří a D. PEŘEN. A B C D E, POSTUP VYŠETŘENÍ V GRAFICKÉ PODOBĚ. In: *Modrá hvězda života* [online]. Mikulov: Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně, 2016 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <http://modrahvezdazivota.cz/wp-content/uploads/2016/04/ABCDE.jpg>
- [21] COOPER, Mary. Emergent Care of Lightning and Electrical Injuries. *Seminars in Neurology*. 1995, **15**(03), 268-278. DOI: 10.1055/s-

2008-1041032. ISSN 0271-8235. Dostupné z: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2008-1041032>

- [22] *Urgentní medicína: Doporučené postupy pro resuscitaci ERC 2015: Souhrn doporučení* [online]. MEDIPRAX CB s.r.o, 2015, **18** [cit. 2019-04-029]. ISSN 1212-1924. Dostupné z: https://cprguidelines.eu/sites/573c777f5e61585a053d7ba5/content_entry573c77e35e61585a053d7baf/57e192854c84860895c389dd/files/DOPORUC_ENE_POSTUPY_PRO_RESUSCITACI-ERC2015_Souhrn_doporuc_eni_CZE.pdf
- [23] BRYCHTA, Pavel a Milada FRANČŮ. Vybrané kapitoly z plastické chirurgie a popáleninové medicíny. *Učební texty z traumatologie* [online]. Brno: Centrum popálenin a rekonstrukční chirurgie, 2001 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://www.med.muni.cz/Traumatologie/Popaleniny/Popaleniny.htm>
- [24] ARNOLDO, Brett, Matthew KLEIN a Nicole GIBRAN. *Practice Guidelines for the Management of Electrical Injuries*. 2006, **27**(4), 439-447. DOI: 10.1097/01.BCR.0000226250.26567.4C. ISSN 1559-047X. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jbcr/article/27/4/439-447/4605406>
- [25] BYDŽOVSKÝ, Jan. *Diferenciální diagnostika nejčastějších symptomů*. 2., rozšíř. vyd. Praha: TRITON, 2017. Lékařské repetitorium. ISBN 978-80-7553-451-4.

- [26] *Cardiology letters: Opožděná fibrilace komor po úrazu elektrickým proudem nízkého napětí.* Bratislava: Slovenská kardiologická spoločnosť SLS, 2019, **28**(2-3), 109-113 s. ISSN 1338-3655.

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Převodní systém srdeční.....	12
Obrázek 10: Průchod proudu tělem s jeho účinky.....	20
Obrázek 3: Pravidlo devíti procent popálenin těla	30
Obrázek 4 ABCDE postup vyšetření	32

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1: Tabulka hodnot proudů s účinky	17
Tabulka 2: Stupně popálenin a jejich příznaky	29