

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2019

**JASMÍNA
AMOUSSA**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Zástava oběhu po úrazu elektrickým proudem

Cardiac Arrest after Electrical Injury

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Zdravotnický záchranář

Vedoucí práce: Mgr. David Peřan, DiS.

Jasmína Amoussa

Kladno, květen 2019



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Amoussa** Jméno: **Jasmína** Osobní číslo: **469774**
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:

Zástava oběhu po úrazu elektrickým proudem

Název bakalářské práce anglicky:

Cardiac Arrest after Electrical Injury

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude řešení problematiky zástavy oběhu po úrazu elektrickým proudem. V teoretické části budou shrnuty obecné informace o vstupu proudu, fyziologii a anatomii, aspektech určující závažnost traumatu, přičemž budou zmíněny elektro-traumata způsobená jak proudem stejnosměrným, tak i střídavým, a o laické i odborné pomoci v přednemocniční péči. V praktické části bude na kazuistikách ukázán a popsán průběh úrazů elektrickým proudem, péče ZZS v přednemocniční péči, terapie a následná péče v nemocničním zařízení. Na základě kazuistik budou získaná data porovnána s odbornou literaturou. Cílem práce je zmínit komplexní péči o pacienta se zástavou oběhu po úrazu elektrickým proudem v přednemocniční péči a v nemocnici.

Seznam doporučené literatury:

- [1] LIPOVÝ, Břetislav a Yvona KALOUDOVÁ, Ivan SUCHÁNEK, Radomír MAGER, Hana KRUPICOVÁ, Pavel BRYCHTA, Elektrotrauma, Rozhledy v chirurgii, ročník 92, číslo 5, 2013, 288-291 s., Praha: Česká Lékařská Společnost JEP, ISSN 1805-4579
- [2] ALEXANDRESCU Grigore, Electrocutions - treatment strategy, Journal of Medicine and Life, ročník 7, číslo 4, 2014, 623 - 626 s., ISSN 1844-3117
- [3] AUERBACH Paul S. and CUSHING Tracy, A. a HARRIS Stuart, N. , Auerbach's wilderness medicine, ed. 7th ed., 2017, Philadelphia, ISBN 978-0-323-35942-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2017.01.016>

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Mgr. David Peřan, DIS.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

MUDr. Vladimír Nedvěd

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)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student(ka) bere na vědomí, že je povinen(a) vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

28.3.2019
Datum převzetí zadání

J. Amoussa
Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Zástava oběhu po úrazu elektrickým proudem vypracovala 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).

V Kladně dne 11.05.2019

.....
podpis

Poděkování

Touto cestou bych velmi ráda poděkovala Mgr. Davidu Peřanovi za vedení mé bakalářské práce, odborný dohled a cenné rady. Děkuji za věnovaný čas a konstruktivní poznámky, které mi byly během psaní cennými pomocníky. Dále bych chtěla poděkovat MUDr. Vladimíru Nedvědovi za pomoc, užitečné rady a poskytnutí potřebných informací k vypracování praktické části mé bakalářské práce. V neposlední řadě patří velké díky mé rodině a příteli za všechnu podporu.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá případy pacientů se zástavou oběhu po úrazu elektrickým proudem a přístupem záchranářů a nemocničních zdravotnických pracovníků v péči o tyto pacienty. Téma elektrického proudu v běžném životě je a bude vždy aktuální. Je proto důležité, aby nejen posádky ZZS, ale také laická veřejnost měla ponětí a příslušné znalosti o tom, jak postupovat v těchto situacích, a aby díky laické pohotovosti mohli záchranáři navázat a poskytnout pacientovi komplexní přednemocniční neodkladnou péči.

Teoretická část se zabývá terminologií, která úzce souvisí s vybranou tematikou. První část obsahuje odborné poznatky z anatomie a fyziologie orgánů, kterých se tato poranění primárně týkají. Dále se tato část zabývá elektrickým proudem, jeho vlastnostech a vlivech elektrického proudu na lidské tělo z hlediska biofyziky a medicínské fyziky. Důležitou součástí jsou také samotná elektrotraumata a komplikace s nimi spojené. Poslední kapitoly teoretické části jsou věnovány laické, přednemocniční a nemocniční péči, které mají na stav pacienta bezprostředně po úrazu významný vliv a určují směr vývoje osudu pacienta.

Praktická část je založena na čtyřech kazuistikách, které byly pro tuto práci vybrány na základě podobných diagnóz týkající se elektrického proudu, avšak rozdílném přístupu ke každé z nich. Kazuistiky jsou popsány a výsledkem každého případu je jeho analýza, která je porovnávána a doplněna poznatky z odborné literatury. Cílem této práce je popsat komplexní přístup k pacientovi v přednemocniční a nemocniční péči a poukázat na komplikace, které jsou s úrazem elektrickým proudem spojené.

Klíčová slova

Zástava oběhu; elektrický proud; záchranná služba; přednemocniční péče; resuscitace

Abstract

The bachelor's thesis deals with the cases of patients who suffered a cardiac arrest after having been injured by the electrical current and the approach of paramedics and the hospital medical staff to a subsequent care provided to such patients. The electrical current injuries have always been a present topic in everyday life. Therefore, it is essential not only for the ambulance service crew but for the general public as well to be familiar with the correct procedure in these cases and thus enable the paramedics to follow up easily with a complex emergency urgent care.

The theoretical part of the thesis is focused on the terminology that is closely linked to the chosen theme. The first part includes technical knowledge from the anatomy and the physiology of organ systems regarding the electrical injuries. Furthermore, the part also deals with the electrical current, its characteristics, and its effect on a human body from the biophysical and medical physics perspectives. The electric shock traumas and the following medical concerns represent an important part as well. The last theoretical chapters are dedicated to non-professional emergency, professional emergency care, and hospital care, all of which have an immediate effect of the injured and determine their future well-being.

The practical part is based on four clinical cases chosen for the purpose of this thesis according to their similar diagnosis on the one hand, but on the other hand according to a different approach to each individual case. There is a detailed description of each clinical case resulting in its analysis which is subsequently compared and completed with the expert literature. The thesis wishes to describe the complex approach to a patient in emergency urgent care and hospital care, and to emphasise the medical concerns following from the electrical shock injuries.

Keywords

Cardiac Arrest; Electric Current; Emergency Medical Services; Pre-hospital Care; Basic Life Support

Obsah

1	Úvod	10
2	Současný stav	11
2.1	Elektrický proud	11
2.1.1	Pasivní elektrické projevy	11
2.1.2	Aktivní elektrické projevy.....	12
2.2	Anatomie srdce	12
2.3	Fyziologie a patofyziologie srdce.....	14
2.3.1	Poruchy srdečního rytmu	15
2.4	EKG.....	16
2.4.1	EKG svody.....	17
2.5	Fyziologie kůže	19
2.6	Elektrotrauma	20
2.7	Aspekty určující závažnost elektrotraumatu.....	21
2.7.1	Typy proudu	21
2.7.2	Elektrotraumata nízkým a vysokým napětím	22
2.7.3	Intenzita proudu.....	22
2.8	Cesty průchodu elektrického proudu	22
2.9	Proudové známky	23
2.10	Komplikace po úrazu elektrickým proudem.....	23
2.11	Termická poranění	24
2.12	Úraz bleskem	24
2.13	Pitevnický nález	27
2.14	Terapie elektrotraumatu	27

2.14.1	Telefonicky asistovaná neodkladná resuscitace	27
2.14.2	Laická první pomoc.....	28
2.14.3	Přednemocniční péče u úrazu elektrickým proudem	29
2.15	Nemocniční péče.....	30
3	Cíl práce.....	32
4	Metodika	33
4.1	Kazuistika	33
5	Výsledky.....	34
5.1	Kazuistika č. 1.....	34
5.2	Kazuistika č. 2	36
5.3	Kazuistika č. 3	38
5.4	Kazuistika č. 4.....	39
6	Diskuze	40
7	Závěr	49
8	Seznam použitých zkratek.....	50
9	Seznam použité literatury.....	52
10	Seznam použitých obrázků	56
11	Seznamu použitých tabulek	57
12	Seznam Příloh	58

1 ÚVOD

Dnešní svět si bez elektřiny téměř neumí svou existenci představit. Elektrická energie je pro nás neuchopitelná, okem neviditelná, a přesto takřka nepostradatelná. Člověk si na ni snadno zvykl, a i když je používána již desítky let, vždy se najde někdo, koho její účinky a vlastnosti nemile překvapí. Elektřina je, jak se lidově říká, dobrý sluha ale zlý pán.

První zmínky o zdokumentované smrti elektrickým proudem pochází z roku 1879, kdy za neznalost zaplatil životem francouzský tesař. O dva roky později pak lidem v USA připadala smrt Samuela W. Smith natolik bezbolestná, že vedla k zavedení „humánní“ popravky odsouzených na elektrickém křesle. Historie se změnit nedá, ale můžeme se z ní poučit. A lidé se alespoň trochu poučili a naučili, jak s elektřinou zacházet, jak předcházet fatálním následkům kontaktu s elektrickým proudem, popřípadě jak postupovat v situacích, které si žádají okamžitý zásah a pomoc. [1, s. 1]

Ve své bakalářské práci popisuji elektrický proud a jeho vlastnosti na lidské tělo, ale především vliv na srdce člověka, které je v těchto případech často postiženo zástavou. Stručně popisuji anatomii a fyziologii srdce, jakožto důležitou terminologii pojící se k zástavě oběhu. Dále fyziologii kůže, která je působením elektrického proudu termicky zasažena. Zabývám se komplikacemi, se kterými se záchranáři mohou setkat u pacientů se srdeční zástavou indukovanou elektrickým proudem a na jaké aspekty je třeba si dát pozor, nebo je vnímat jako součást anamnézy. Zmiňuji rovněž různé cesty průchodu elektrického proudu, které mají vliv na závažnost samotného poranění. Jako součást el. úrazů zde zařazuji úraz bleskem. V neposlední řadě je součástí mé práce terapie, tedy jak laická, tak i odborná první pomoc, která může mít velký vliv na stav pacienta a jeho další zotavení, což budu demonstrovat v praktické části na příkladech kazuistik z prostředí přednemocniční péče.

2 SOUČASNÝ STAV

2.1 Elektrický proud

Elektrický proud je usměrněný pohyb částic nesoucí elektrický náboj. Nejen, že se lidské tělo může dostat do kontaktu s elektrickým proudem z okolního prostředí, živý organismus je také místem, kde elektrický proud vzniká. Je produktem dějů probíhajících na buněčných membránách svalových a nervových tkání a orgánů. Na rozdíl od všech ostatních živých buněk organismu jsou tyto tkáně vzrušivé a umožňují šíření, změnu a přenos membránového potenciálu, který je obecnou vlastností buněk. [2, s. 167] Elektrické vlastnosti tkání a orgánů se rozdělují do dvou skupin. Vlastnosti pasivní, které charakterizují chování tkání a orgánů v elektrickém poli. A dále vlastnosti aktivní, které popisují elektrické jevy vzniklé na membránách excitovaných buněk. [3, s. 98]

2.1.1 Pasivní elektrické projevy

Pasivní elektrické vlastnosti se odvíjí v závislosti na chování živé tkáně v elektrickém poli. Lidský organismus je mikroskopicky i makroskopicky nehomogenní, anizotropní a velice komplikovaný vodič, což z něho dělá zvláštní typ vodiče odlišujícího se od ostatních druhů vodičů jako je kov či elektrolyty. Cesty vstupu elektrického proudu do organismu jsou především tkáně na samém povrchu těla, tj. potní žlázy a s nimi spojené vlasové folikuly. [2, s. 167] Elektrický proud pak prochází tkáněmi, jejichž chemické prostředí a struktura se liší. Každé tkáňové prostředí má určitou elektrickou vodivost neboli konduktivitu. Měrná elektrická vodivost nitrobuněčného a mezibuněčného prostředí dosahuje vysokých hodnot, zatímco buněčné membrány kladou mnohem větší odpor a jejich konduktivita je mnohem nižší. [3, s. 98]

Ačkoli je cesta vstupu totožná u stejnosměrného i střídavého proudu, jejich pohyb v živém organismu je naprosto rozdílný. Stejnosměrný proud prochází zejména mezibuněčnými tekutinami, tedy krví, mozkomíšním mokem a svaly, které obsahují

elektrolyty, jakožto nosiče el. proudu. Naprostá většina ostatních tkání, podílejících se na přenosu, vede el. proud jen ze 2-3 %. Těmito tkáněmi jsou buněčné membrány a tuková a vazivová tkáň. Oproti tomu je konduktivita buněčných membrán u nízkofrekvenčního střídavého proudu podstatně nižší než konduktivita extra a intracelulárního prostředí. Zjistilo se, že důvodem je narůstající frekvence střídavého proudu. Čím více frekvence proudu roste, tím snáze je průchod el. proudu přes buněčné membrány a poté i cytoplazmu. V takovém případě mluvíme o vysokofrekvenčním střídavém proudu. V závislosti na funkčním stavu tkáně se buď zmenšuje nebo zvětšuje elektrický odpor tkání. Při hypoxii se setkáváme s vyššími hodnotami el. odporu, naopak při selhání životních funkcí nebo smrti elektrický odpor tkáně rapidně klesá a má za následek rozpad buněčné membrány. [2, s. 167-168]

2.1.2 Aktivní elektrické projevy

Buňka a její membrána může být v klidovém stavu nebo ve stavu činnostním. Tyto jevy popisujeme jako klidový a akční membránový potenciál. Na membránách buněk vzniká elektrická potenciálová diference, která pomáhá udržet celkovou rovnováhu buňky, především díky aktivnímu a pasivnímu transportu iontů přes buněčnou stěnu. Všechny tyto elektrické jevy se podílí na excitaci svalové tkáně, přenosu informací nervovými buňkami či kódování. Při vzniku akčního potenciálu se mění propustnost buněčných membrán následkem podráždění a propustnost pro Na^+ ionty vzroste několik set krát, na rozdíl od iontů draslíku (K^+). Následně dochází v další fázi ke změně, kdy membrána se stává naopak propustnější pro K^+ ionty a na membráně se objevuje klidová hodnota potenciálu. [2, s. 169]

2.2 Anatomie srdce

Srdce je svalová pumpa, která pomocí stahů svalových buněk vypuzuje krev do velkých tepen až po ty nejmenší tepénky, arteriolae. Rytmické stahy srdce jsou

tvořeny pravidelým stažením a ochabnutím, které se při měření tlaku krve projevují systolou (stažení) a diastolou (ochabnutí). Krev je pumpována do krevního systému vedoucího až do tenkostěnných kapilár, kde probíhá výměna kyslíku, která je stěžejní pro funkci lidského organismu. [4, s. 89]

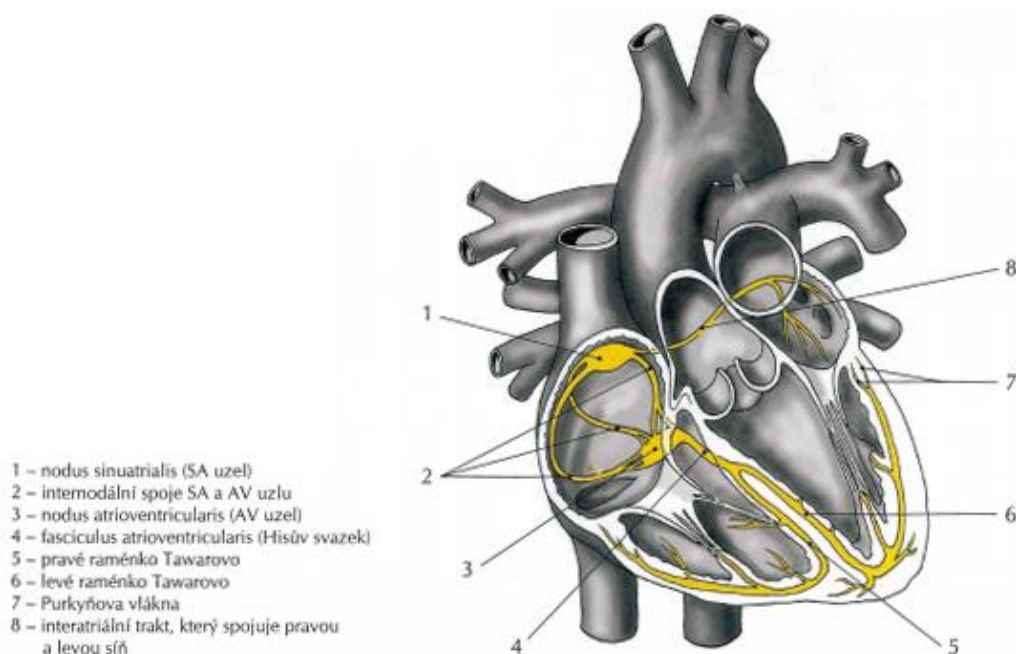
Srdce se nachází mezi dvěma plicními laloky, uložené v mediastinu, za hrudní kostí. Tvar srdce je nepravidelný kužel uložený ve vazivovém obalu, osrdečníku (perikard), díky kterému nasedá na bránici. Tento dutý orgán je v mediastinu uložen šikmo, báze srdeční je otočena směrem dozadu a vzhůru a jeho hrot směřuje dopředu dolů a doleva. [5, s. 8-9] Ze srdeční báze (basis cordis) vystupují a vstupují do srdce důležité cévy a tvoří ji zejména pravá a levá srdeční předsíň, naopak srdeční hrot (apex cordis) je místo, které tvoří pravá a levá srdeční komora. Hlavní věnčité tepny, žíly a lymfatické cévy vedou v místech rýhy sulcus atrioventricularis a sulcus interventricularis. Pravou předsíň a pravou komoru odděluje příčný žlábek na povrchu srdce, sulcus atrioventricularis dexter a v levé části jsou předsíň a komora, odděleny rýhou sulcus atrioventricularis sinister. Podélné žlábký myokardu sulcus interventricularis anterior a posterior dělí srdce na pravou a levou předsíň a pravou a levou komoru. Srdce má několik ploch – přední, zadní, boční, otočenou k žebrům a hrudní kosti, a spodní.

V srdci popisujeme 4 srdeční dutiny. Všechny tyto dutiny jsou od sebe navzájem odděleny svalovými septy, jejichž tloušťka se liší v závislosti na tom, co oddělují. Septum mezi předsíněmi (septum interatriale) od sebe dělí předsíně, mezikomorové septum (septum interventriculare), se nachází mezi komorami a je silnější. [4, s. 91-93]

Srdeční stěna je složena ze tří vrstev: endokard, myokard a perikard. Endokardium je vazivová vrstva připojená na myokard, jeho povrch je nesmáčivý, hladký a lesklý. Můžeme ho najít jako výstelku v srdečních dutinách a na chlopních. Levá polovina srdce a síně mají vrstvu endokardu silnější než ostatní části. Myokard je tvořen specializovanými buňkami, příčně pruhovanou svalovinou

a interkalárními disky. Tato kombinace umožňuje srdečnímu svalu rychlý přenos vzruchu na jednotlivé buňky. [4, s. 95-96]

Převodní systém srdeční je tvořen speciálními buňkami, které tvoří vzruch, na základě kterého dochází ke kontrakci srdce. Činnost srdce, respektive jeho rychlost je ovlivněna nervy. Vzruch vytvořený v myokardu prochází následně celým srdcem, vzniká v sinusovém uzlu, který udává rytmus. Postupuje do atrioventrikulárního síňokomorového uzlu k atrioventrikulárnímu uzlu a Hissově svazku, do stěn předsíní. V septu se truncus fasciculi atrioventricularis rozděluje na pravé a levé Tawarovo raménko a síť Purkyňových vláken. [5, s. 32-34]



Obrázek 1 Převodní systém [4, s. 97]

2.3 Fyziologie a patofyziologie srdce

Srdce jako pumpa vykonává práci přečerpáváním krve z žilního řečiště do tepenného. Jeho hlavní funkcí je zajistit dostatečnou perfúzi všem tkáním a orgánům. Odkysličená krev se ze systémového řečiště vrací do pravé srdeční síně, protéká pravou komorou a je plicnicí vypuzena do plicního řečiště, které vede do plic, kde je okysličená a odkud se krev vrací do levého srdce a je pumpována zpět

do těla, systémového řečiště. O správný směr toku krve se starají srdeční chlopně, které se nacházejí mezi síněmi a komorami a na vstupu a výstupu ze srdce. Cípaté chlopně jsou dvojího typu. Dvojcípá (mitrální), která se nachází mezi levou síní a levou komorou, a trojcípá (trikuspidální) mezi pravou síní a pravou komorou. Chlopně nacházející se na vstupu a výstupu ze srdce pak nazýváme chlopeň aortální a chlopeň plicnice. [6, s. 123-124]

Tento orgán je schopen vzniku vzruchů a stahů, na což může mít vliv buď externí prostředí nebo tělu vlastní autonomní nervový systém. Této vlastnosti srdce říkáme autonomie, ke které se pojí další základní vlastnost automacie. Automacie se zaslouhuje o pravidelný rytmus střídání systoly a diastoly. Tyto dvě vlastnosti ovšem nejsou jediné, kterými srdce disponuje. Chronotropie, kterou popisujeme jako vlastnost zrychlit nebo zpomalit srdeční frekvenci, může být zapříčiněna zvýšenou aktivitou sympatiku, parasympatiku anebo farmakologickou cestou. Dále inotropie, týká se síly kontrakcí srdečního svalu, batmotropie, jakožto ovlivnění dráždivosti myokardu a dromotropie, která popisuje jakou rychlostí se šíří elektrická informace. Všechny tyto vlastnosti mohou být ovlivněny různými faktory, od vlivu autonomního nervového systému, endokrinních změn až přes patologické změny, úrazy či farmakologickou terapii. [6, s. 124]

2.3.1 Poruchy srdečního rytmu

Převodní systém srdeční zajišťuje vznik vzruchu v sinoatriálním uzlu a také určuje srdeční frekvenci. Vliv na rychlost srdeční frekvence a činnost srdce mají vegetativní nervy, které přizpůsobují činnost srdce měnícím se potřebám organismu. Vegetativní nervy sympatikus a parasympatikus mají značný vliv na elektrické děje v srdečním svalu a mohou mít na svědomí i arytmiie. [7, s. 135-136]

Autonomní nervový systém obecně slouží převážně v situacích, které mohou nějakým způsobem ohrožovat lidský organismus nebo reagují na změny v nepříznivých podmínkách. Sympatikus má své centrum v míše, vede organismus buď k útěkové nebo obranné reakci. Jeho hlavními účinky jsou zvýšení srdeční

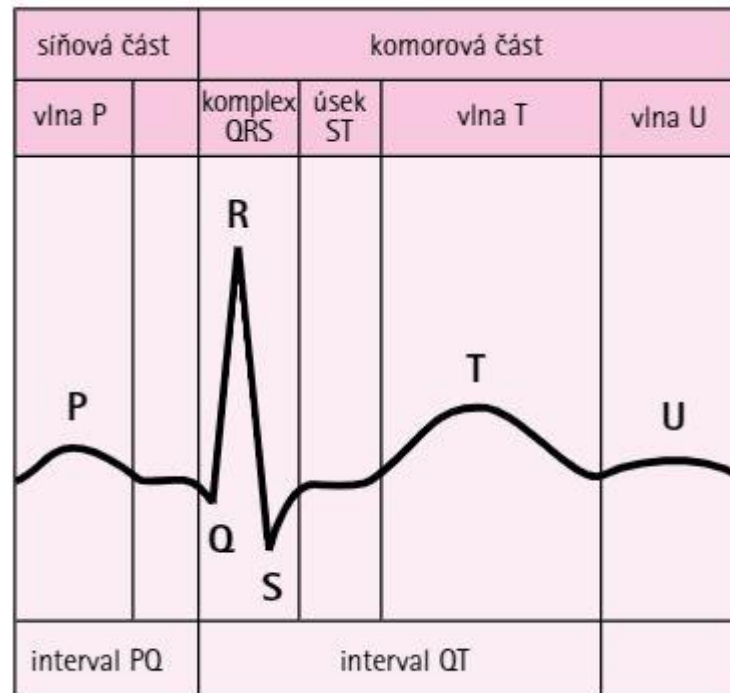
frekvence, hypertenze, rozšíření cév, v tomto případě koronárních tepen, snížení motility střev a bronchodilatační účinky. Parasimpatikus má oproti sympatiku přesně opačné účinky, při jeho aktivaci se snižuje krevní tlak, srdeční akce a pozitivně stimuluje trávicí soustavu. [4, s. 259]

Poruchy srdečního rytmu mohou být kardiálního nebo extrakardiálního původu. Kardiální příčiny poruch srdečního rytmu vznikají přímo v srdci. Nejčastější příčinou je ischémie myokardu, která vede ke změně akčního a klidového potenciálu a k nedostatku energie. [6, s. 137] Energie buňky je potřebná pro správnou funkci sodíko-draselné pumpy, jsou-li ionty v nerovnováze, hrozí pokles napětí na buněčných membránách a nastává změna batmotropie, schopnosti vést vzruch a jiných vlastností buněk. [7, s. 136] Do extrakardiálních příčin řadíme poruchu plazmatických iontů a endokrinní poruchy, které mají vliv na myokard. Terapie konkrétními léky může svými primárními či vedlejšími účinky také působit potíže. Díky elektrokardiogramu jsme schopni rozpoznat poruchy srdečního rytmu či ischemie. EKG křivka je hodnocena dle několika kritérií (10) jako je srdeční akce, srdeční frekvence, srdeční rytmus, vzhled a jednotlivé amplitudy výchylek na křivce. [6, s. 136-139] Mezi nejznámější poruchy činnosti myokardu, se kterými se můžeme setkat v přednemocniční péči jsou např. ramínkové blokády, AV blokády, tachykardie a bradykardie různého typu. [8, 266-270]

2.4 EKG

EKG křivka se skládá z několika úseků, jejichž popis je důležitý a pomáhá diagnostikovat změny stavu srdečního svalu. Vlna P znázorňuje depolarizaci síní, jejich repolarizace není na EKG záznamu viditelná. Následuje QRS komplex, který odpovídá depolarizaci komor. U izoelektrického ST úseku za patologických podmínek popisujeme deprese či elevace. Nastává repolarizace komor, která je charakterizována vlnou T. Za vlnou T se občas objevuje vlna U. Všechny úseky EKG mají fyziologicky dané rozmezí intervalů, které při překročení značí patologii. Dalšími důležitými faktory, které je třeba v souvislosti s EKG hodnotit je srdeční

akce, srdeční frekvence, srdeční rytmus, elektrická osa srdeční a amplitudy křivky.
[6, s. 131-132]



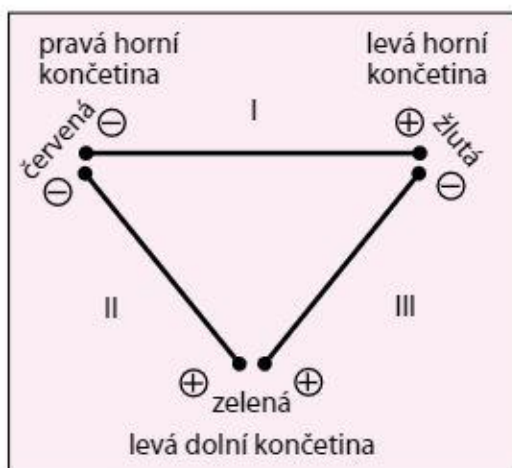
Obrázek 2 Popis fyziologické křivky EKG [8, s. 12]

2.4.1 EKG svody

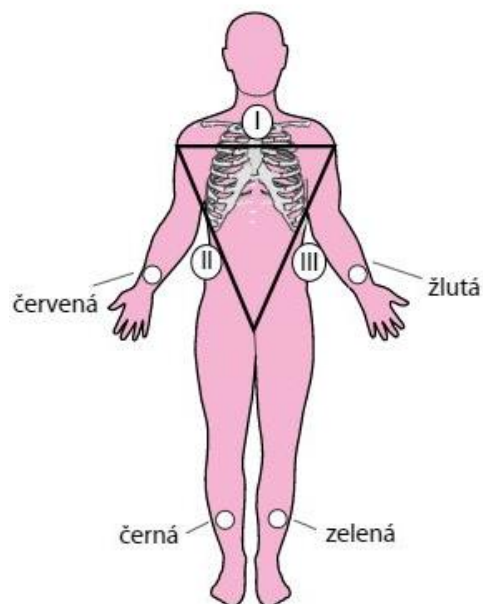
Při diagnostice pomocí EKG využíváme tři druhy svodů.

1. Einthovenovy bipolární končetinové svody – I, II, III

Bipolárně zapojené elektrody snímající rozdíly potenciálů mezi dvěma končetinovými elektrodami. Einthoven vytvořil model trojúhelníku znázorňující toto měření. [8, s. 13]



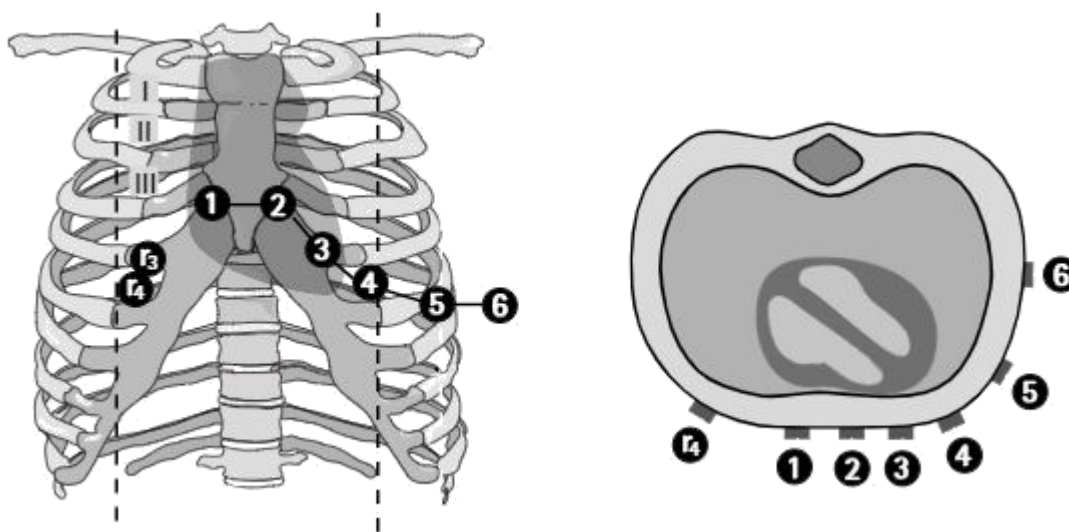
Obrázek 3 Einthovenův trojúhelník [8, s. 13]



Obrázek 4 Rozložení elektrod [8, s. 13]

2. Wilsonovy unipolární hrudní svody – V₁-V₆

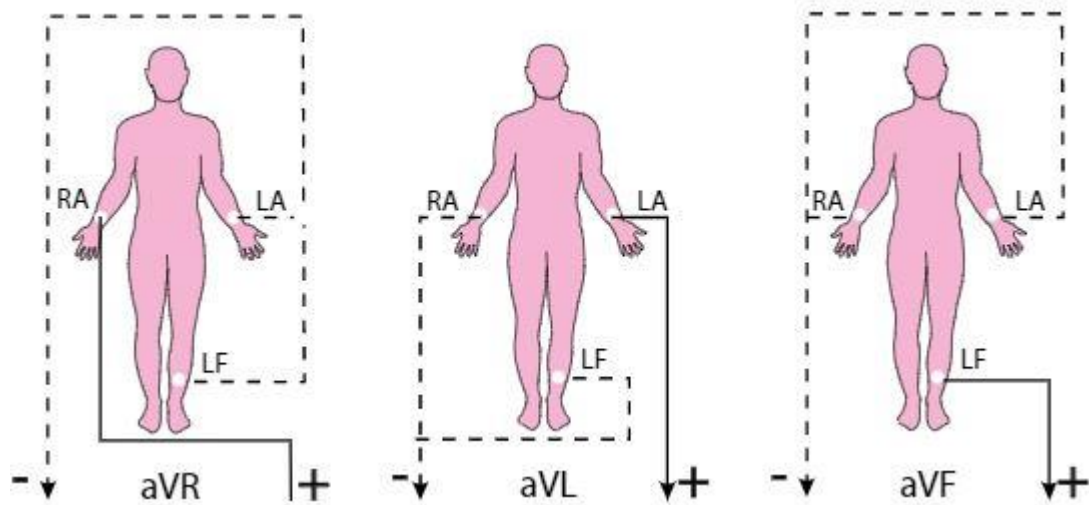
Tyto unipolární svody měří potenciál na končetinové elektrodě vůči elektroneutrálnímu bodu uprostřed hrudníku. Svody se umisťují na přesně určená místa na hrudníku. [8, s. 14]



Obrázek 5 Pozice jednotlivých unipolárních Wilsonových svodů [8, s. 14]

3. Goldbergovy unipolární končetinové zesílené svody – aVR, aVL, aVF

Goldbergovy svody jsou v podstatě modifikované Wilsonovy svody. Elektroneutrální bod byl ze zapojení odebrán a byly propojeny končetinové svody. [8, s. 15]



Obrázek 6 Goldbergovy svody [8, s. 15]

2.5 Fyziologie kůže

Kůže je největší orgán těla. Lidský organismus a jeho vnitřní prostředí je chráněno touto schránkou, chrání jej před fyzikálními, chemickými a jinými vlivy. Ne všem těmto hrozbám je schopna stoprocentně odolat, ale minimálně zmírní přímý účinek na vnitřní orgány. Mezi vlastnosti kůže patří produkce vitamínu D₃, schopnost ochrany těla před UV zářením díky své pigmentaci a v neposlední řadě termoregulace. [4, s. 327] Kůže se skládá ze tří základních částí, z pokožky (epidermis), škály (corium) a podkožního vaziva (subcutis). Všechny tyto části a jejich hranice je třeba znát pro posouzení hloubky popálenin a určení popáleninového stupně.

Epidermis je tvořena mnohvrstevným dlaždicovým epitelem. Postupně odrůstá a tvoří se nové a nové buňky, které se diferencují, mění se jejich tvar. Postupné odumírání a následné odlupování těchto kožních buněk se nazývá keratinizace. Hlavní funkcí epidermis je ochrana těla před infekcí a cizorodými látkami, pro které je epitel neprostupný. Touto vrstvou neprochází žádné cévy a veškerá výživa epidermis probíhá prostřednictvím difuze z dermis. [6, s. 627]

Epidermis a další vrstva dermis jsou od sebe odděleny bazální membránou. V této vrstvě nachází fagocytující buňky pohlcující tělu neprospěšné částice a také buňky, které mají schopnost v případě potřeby vyvolat zánětlivou reakci. Je zde poměrně hustá síť kapilár, která se částečně podílí na udržování a regulaci tělesné teploty. Důležitou součástí dermis jsou také receptory pro hmat, teplo, nervová zakončení a také uložení vlasových folikulů a potních a mazových žláz. [6, s. 628]

Dalšími vrstvami jsou corium a subcutis. Tyto dvě vrstvy neobsahují mnoho kapilár ani makrofágů. Důležitou vlastností coria je přítomnost tlakových a tahových receptorů. Tloušťka vrstvy tukové tkáně je dána zejména pohlavím, u mužů tato vrstva bývá většinou tenčí než u žen, v obou případech ale slouží jako ochrana svalů a nervů. [6, s. 628]

2.6 Elektrotrauma

Úrazy elektrickým proudem si žádají velice komplexní přístup z hlediska jejich léčby. Elektrotraumata se liší v závislosti na velikosti elektrického napětí. Následky elektrotraumatu mohou být lokální v místě vstupu elektrického proudu, ale při vysokém napětí se projevuje mnohem závažnějším postižením, elektrický proud devastuje hlubší struktury. [9, s. 288] Elektrotraumata zahrnují poranění bleskem a zásahy vysokým a nízkým napětím. Existují tři hlavní mechanismy úrazu tohoto typu poranění. Prvním mechanismem jsou tkáňová poškození na základě klidového membránového potenciálu vyvolávající stav zvýšené dráždivosti (tetanie). Dalším problémem, který vzniká u elektrotraumat je přeměna elektrické energie na energii tepelnou a s tím spojená termická poranění. Třetím mechanismem jsou mechanická

poranění způsobená následkem traumatu nebo násilnou svalovou kontrakcí. Faktory, které udávají stupeň závažnosti poranění, jsou zejména množství elektrické energie, odpor, druh proudu, cesta průchodu proudu a doba vystavení elektrickému výboji. [10, s. 623]

2.7 Aspekty určující závažnost elektrotraumatu

Mezi aspekty mající vliv na závažnost stavu pacienta po úrazu elektrickým proudem řadíme zejména velikost napětí proudu, jeho charakter (střídavý, stejnosměrný), dobu vystavení jedince účinkům proudu, rezistenci tkání a místa vstupu, kontaktu a výstupu el. proudu. Všechny tkáně kladou elektrickému proudu určitý odpor. Největší odpor klade kostní tkáň, nejmenší pak tkáň nervová. Čím větší odpor je tkání kladen, tím větší je rozsah následného postižení, proto nejzávažnějším postižením bývá myonekróza v paraoseální oblasti provázena edémem, který může následkem ischemie svalové tkáně vyústit v kompartment syndrom. V případě elektrotraumatu způsobeného elektrickým výbojem, jehož typickým příkladem je blesk, dochází k závažnému lokálnímu poranění. V těchto případech ovšem nedochází k tak výraznému poškození vzdálených tkání a orgánů, protože nedochází k průchodu proudu. [9, s. 289]

2.7.1 Typy proudu

Stejnoseměrný a střídavý proud se od sebe liší, nejen svými vlastnostmi, ale také svými účinky na lidský organismus. Stejnoseměrný proud má směr elektricky nabitých částic stále stejný, na rozdíl od střídavého proudu, jak už název napovídá, u kterého se směr periodicky střídá. U střídavého proudu je důležitou hodnotou také frekvence. Nízkofrekvenční střídavý proud má za následek dráždivý účinek. Při rostoucí frekvenci nad 100 Hz (v síti 50 Hz) dráždivý účinek klesá a postupně okolo 10 kHz vymizí. Hlavními účinky na organismus při průchodu střídavého proudu s vysokou frekvencí jsou tepelné účinky, dráždivé a elektrolytické účinky jsou v tomto případě zanedbatelné. U stejnosměrného proudu naopak na lidské tělo

působí především elektrolytické účinky, tepelné se projevují až při vysoké intenzitě proudu. [3, s. 97-101]

2.7.2 Elektrotraumata nízkým a vysokým napětím

Úraz elektrickým proudem o nízkém napětí, tedy o nižší hodnotě než 1000 V ohrožuje především kardiovaskulární systém člověka. I proud dosahující 50 V už je pro člověka nebezpečný. Při vyšších hodnotách okolo 100-120 V způsobuje proud fibrilaci komor. Vysoké napětí (nad 1000 V) je charakteristické svou vysokou teplotou až 3000 °C. Tato vlastnost umožňuje proudu s vysokým napětím i případnou absenci kontaktu se zdrojem a stále schopnost způsobit hluboká a rozsáhlá poranění kožního krytu a tkání. Tomuto ději, kdy nedochází ke kontaktu se zdrojem, se říká elektrický oblouk. [3, s. 175]

2.7.3 Intenzita proudu

Hranice intenzity stejnosměrného proudu, která je pro lidský organismus bezpečná, je stanovena na 25 mA, při rostoucí intenzitě na 200-250 mA je intenzita stejnosměrného proudu život ohrožující. Hodnoty střídavého proudu jsou nebezpečné už při podstatně nižších hodnotách a to 10 mA. [2, s. 175] U střídavého proudu je však velice důležité určit jeho frekvenci, nejvíce citlivé je tělo na hodnoty 50-300 Hz. Pokud bychom chtěli u stejnosměrného proudu dosáhnout stejného efektu jako u střídavého, museli bychom znásobit intenzitu stejnosměrného proudu až 3-4 krát. [11, s. 203]

2.8 Cesty průchodu elektrického proudu

Cesta vstupu, výstupu a průchodu elektrického proudu jsou důležitými faktory pro účinek elektrického proudu. Určují míru styku a přiblížení se životně důležitým orgánům. Jedná-li se o vstup proudu skrz horní končetinu, která je v kontaktu se zdrojem a místem výstupu proudu je buď opačná ruka nebo dolní končetina, dochází k průchodu proudu srdcem. Následkem toho, vznikají srdeční arytmie, nejčastěji komorové fibrilace. Pokud proud prochází dutinou hrudní a břišní, což

nebývá tak časté, taktéž dochází k malfunkci srdečního svalu, zároveň však postižený trpí křečí mezižeberních svalů a bránice, které brání dýchání, a oběti často umírají na dechové selhání. V případě, že je jedinec zasažen proudem (zvláště o vysokém napětí) do hlavy či krku, vzhledem k lokalizaci dechového a srdečního centra, může dojít k přímému vyřazení těchto center z provozu, a tím k zástavě srdce i dechu. [11, s. 203-204]

2.9 Proudové známky

Proudové známky vznikají v místech vstupu a výstupu elektrického proudu na lidském těle. Známky mohou být kdekoli na těle, nejčastěji však na prstech horní končetiny, často jsou tak malé, že je člověk snadno přehlédne. Mohou vypadat jako malé oděrky kůže, ale většinou mají specifický vzhled, který vypadá jako kráter v kůži, kulatého až oválného tvaru, někdy vypadající jako spálenina. V mnoha případech mohou mít proudové známky tvar velice podobný s tvarem vodiče. V případě proudu s vysokým napětím mohou být proudové známky asociovány s popáleninami. Nemusí dojít k přímému kontaktu s vodičem a dochází k elektrickému oblouku, který má především termické účinky. Proudové známky výstupu elektrického proudu bývají různého tvaru a velikostí a jsou podobné jako rány a poškození, které vznikají při vstupu proudu do těla. [12, s. 103]

2.10 Komplikace po úrazu elektrickým proudem

Úrazy elektrickým proudem se mohou v průběhu doby léčení projevovat různými potížemi. Tyto komplikace mohou být akutní, ale mohou se také vyvinout v problémy chronické, a tudíž mít dlouhodobé následky. Velmi častou příčinou smrti po elektrotraumatech bývají kardiopulmonální komplikace, zejména fibrilace komor a infarkt myokardu. Může dojít k nekrotám v důsledku proudových známek a následného průchodu proudu postiženými částmi těla. Další možnou komplikací může být pneumotorax, tamponáda srdeční, ruptura bránice apod. V důsledku kompenzačních mechanismů, které se dějí v těle v průběhu průchodu proudu

lidským tělem, může hrozit pacientovi i renální selhání. Z existujících tří renálních příčin vzniku ledvinového selhání se zde setkáváme se dvěma, prerenálním, v důsledku hypovolémie a s ní spojenou šokovou ledvinou, a renální. Elektrotraumata také zatěžují cévní soustavu, způsobují ischemie, trombózy a vedou k závažné plicní embolii. [9, s. 290]

2.11 Termická poranění

Termická poranění k elektrotraumatům neodmyslitelně patří. Z hlediska diferenciální diagnostiky může být v určitých případech důležité rozlišovat mezi proudovými známkami a termickým poraněním samotným proudem. Jedno z kritérií je dávat pozor na útvary se zvýšenými okraji a také možnou změnu barvy vnitřní části léze. V závislosti na intenzitě proudu můžeme často pozorovat tmavá, spálená místa, nejčastěji na prstech. Jedná se o tzv. metalizaci, kdy na kůži ulpívají drobné částičky uvolněné z materiálu vodiče, velmi často pozorovatelné pomocí mikroskopické analýzy. Nejvýznamnější termická poranění pozorujeme u vysokého napětí. Většinou se objevují popáleniny 3. stupně na exponovaných místech jako je například obličej, skalp vlasů a ožehnutí obočí, řas a vousů. V případech elektrického oblouku je možné se setkat s tzv. „roztavenými korálky“ na kostní tkáni, které jsou způsobeny fosforečnanem vápenatým vystaveným vysokým teplotám. Další z termických příčin pozorovatelné na člověku vystavenému vysokovoltážnímu elektrickému proudu jsou například hemoragické petechie na spojivce, sliznici horních dýchacích cest a na tváři. Rozsáhlé popáleniny na kůži, které pokrývají tělo po celé jeho délce jsou způsobeny převážně elektrickým obloukem, popáleniny někdy končí náhle tam, kde se setkaly s izolující částí oblečení, např. boty s gumovou podrážkou. [13, s. 213-218]

2.12 Úraz bleskem

Blesk je pro člověka nebezpečný převážně kvůli vysokým teplotám, které sebou nese, méně pak kvůli síle otřesu. Blesk může způsobit nepřímá zranění skrz lesní

požár, hořící objekty, exploze, nebo padající objekty. Zaměříme-li se na přímá poranění bleskem, existuje 5 mechanismů, jak může být člověk zasažen. [13, s. 87]

1. Přímý úder bleskem

Oběť je zasažena bleskem přímou dráhou. Tyto nehody se stávají nejčastěji na otevřeném prostranství, kdy jedinec neměl dostatek času najít bezpečné místo před bouří. [13, s. 87]

2. Zásah kontaktem

Tyto situace nastávají, když je oběť v kontaktu, drží se objektu, do kterého posléze udeří blesk. [13, s. 87]

3. Boční zásah

Jedním z častějších mechanismů úrazu bleskem. Boční zásah nastává v případě, že blesk udeří do objektu, například stromu nebo, budovy, směřuje dál k zemi a část energie „přeskočí“ na poblíž se vyskytující oběť. Boční zásah se může vyskytnout i u dvou lidí, kdy je energie rozdělena z člověka na člověka. [13, s. 87]

4. Krokové napětí

V momentě, kdy blesk vstoupí do země, je jí veden stejně jako v jakémkoli jiném vodiči. Pokud se člověk nachází v aktivním poli krokového napětí, je zasažen do nohou, mezi kterými je také veden, a proud bude pokračovat do dolní poloviny těla. U čtyřnohých zvířat je poškození mnohem horší než u člověka, protože proud prochází mezi předními i zadními končetinami a může tak zasáhnout i srdce. [13, s. 87]

5. Stoupající výboj

Jeden z nejvíce podceňovaných mechanismů poranění bleskem. Jedná se o výboj, který stoupá ze země a poté se spojí s hlavní větví blesku jdoucího z oblohy. [13, s. 88]

Úrazy způsobené bleskem bývají ve 20-30 % smrtelné. [11, s. 206] Rozdíl v uměle vyrobené elektřině a blesku je hlavně v délce trvání výboje, blesk trvá cca čtvrt sekundy, a ve velmi vysoké intenzitě a napětí pohybující se od 10^6 až 10^7 V.

V důsledku zasažení bleskem mohou vznikat různé kožní defekty, lineární či bodové až kruhové popáleniny a časté tzv. bleskové obrazce. [14, s. 86]

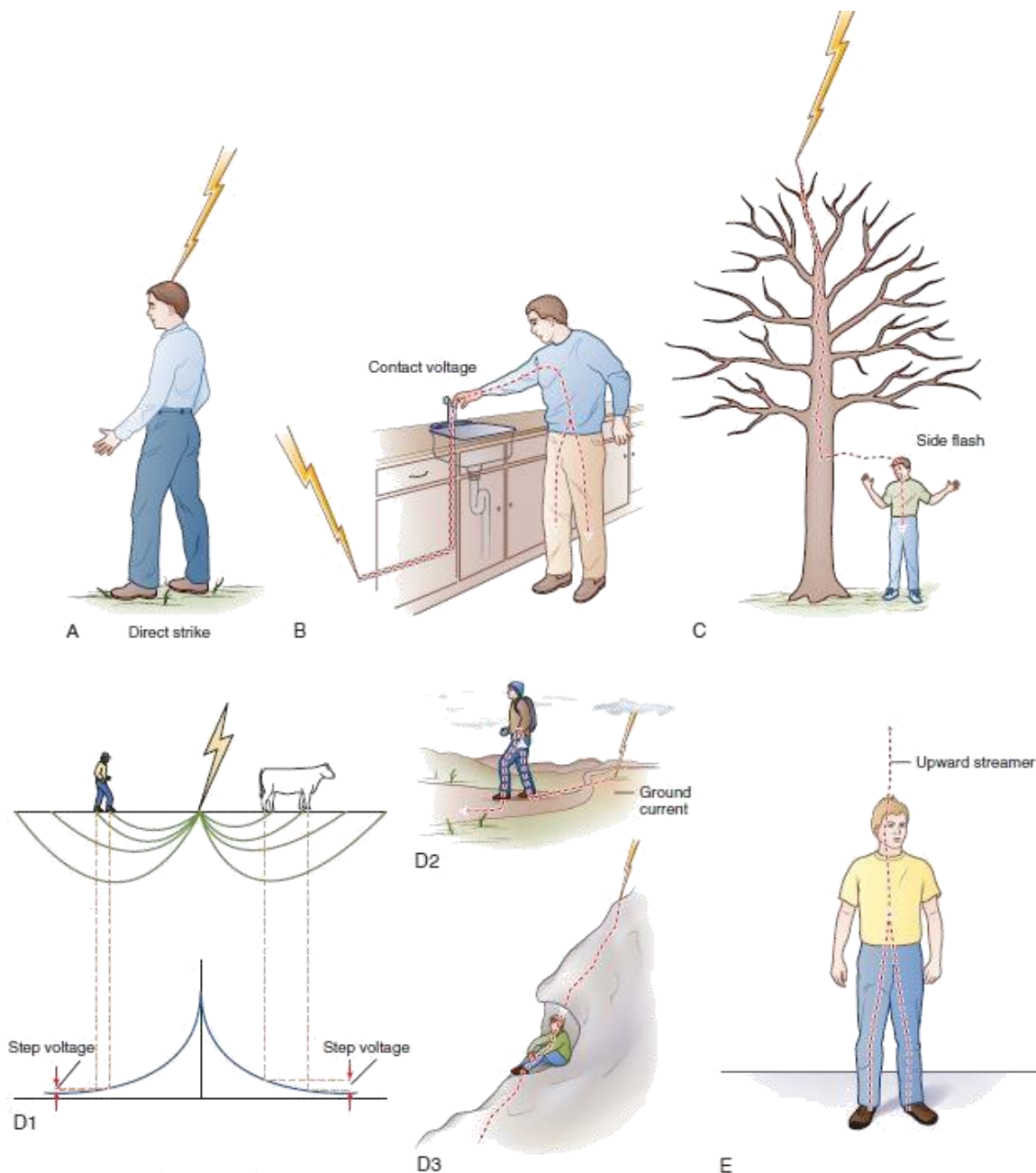


FIGURE 5-24 Mechanisms of lightning injury. A, Direct. B, Contact. C, Side splash/flash. D1, Ground current through the earth. D2, Ground arcing. D3, Ground arcing cave. E, Upward streamer.

Obrázek 8 Mechanismy úrazu bleskem [13, s. 88]

2.13 Pitevní nález

Na pitevním nálezu u elektrotraumat jsou přítomné známky jako u dušení. Typické je překrvení všech orgánů, edém plic a větší množství temně zbarvené tekuté krve. Velký význam v pitvě mají proudové známky, které ovšem na těle mohou a nemusí být. Proudové známky mohou být také snadno zaměněny za mechanické poškození, ať už způsobené prací nebo úrazem, či termické účinky proudu. Výjimkou nejsou ani rozsáhlé popáleniny způsobené vznícením oděvu v důsledku vzniku elektrického oblouku. [14, s. 85-86]

2.14 Terapie elektrotraumatu

U případů úrazů elektrickým proudem je důležitá nejen odborná zdravotní pomoc, ale také pomoc technická, kterou rozumíme profesionální elektrotechniky, kteří jsou oprávněni spravovat vysoké napětí a vlastní všechna ostatní příslušná oprávnění. Na místě se obvykle scházejí i další složky integrovaného záchranného systému (IZS), důležitý je zejména hasičský záchranný sbor. Při těchto typech výjezdů, je vždy nutné myslet na postižení srdce, což může člověka vážně ohrozit na zdraví a na životě, a multiorgánová poškození. Zde také musíme pomýšlet na kardiopulmonální resuscitaci a případné použití elektrického výboje k defibrilaci srdce.

2.14.1 Telefonicky asistovaná neodkladná resuscitace

Každý jedinec reaguje na stresovou situaci jinak, byť jsme každý informace o tom, jak se zachovat v život ohrožující situaci, slyšeli více než jednou. Lidí, kteří v danou chvíli ochotně přistoupí, rozpozná srdeční zástavu a začne resuscitovat, je v dnešní době poměrně velké množství. Ale i přes to se čas od času najdou lidé, kteří v dané situaci nejsou schopni první pomoc v rámci laické resuscitace poskytnout. Důvodem bývá nerozhodnost, hygiena nebo prostý blok způsobený panickou reakcí. Včasně rozpoznání zástavy oběhu či dechu a okamžitá laická resuscitace ovšem zásadním způsobem rozhoduje o přežití pacienta a jeho následném zdravotním stavu. [15, s.1]

TANR spočívá v nepřetržitém kontaktu operátora s volajícím. Operátor poskytuje detailní informace, které jsou potřebné k samotné resuscitaci, jeho úkolem je však i psychická podpora ve svízelné, pro pacienta velmi kritické, situaci. Takto vedená resuscitace s komentovaným postupem operátora dokáže být téměř na stejné efektivní úrovni jako je resuscitace prováděná školenými zachránci. Je důležité rozpoznat, zda pacient v bezvědomí a normálně dýchá. Operátor by neměl používat výrazy, kterým laik běžně rozumět nemůže. Dobrým pomocníkem při zástavě oběhu je AED, je-li po ruce nebo alespoň v dostupné vzdálenosti, může pacientovi pomoci. Prvotním úkonem je však v rámci TANR zprůchodnění dýchacích cest pomocí záklonu hlavy, v případě, že zde není podezření na úraz krční páteře. [16, s. 38-39]

2.14.2 Laická první pomoc

Laická první pomoc je v případě úrazu elektrickým proudem velice důležitá a může výrazně ovlivnit přežití pacienta, zejména při poruše srdečního rytmu el. proudem. Úrazy, které se odehrávají v prostředí domácnosti jsou většinou způsobeny běžným napětím, zde hrozí zmiňovaná porucha rytmu jako je fibrilace komor. V případech s nižším napětím je třeba vypnout zdroj proudu a vysvobodit postiženého z tohoto kontaktu. Dále kontrolujeme stav vitálních funkcí, kontaktujeme ZZS a pokračujeme v intervenci za asistence zdravotnického operačního střediska. Pokud je absence vitálních funkcí, okamžitě zahajujeme resuscitaci, tedy nepřímou srdeční masáž, přibližně ve středu hrudní kosti frekvencí 100/min. Při termických poraněních, rozhodně nestrháváme kusy oblečení, které jsou přiškvařené ke kůži postiženého, popálená místa chladíme vodou, kryjeme sterilním krytím. Při elektrotraumatech způsobených vysokým napětím, nejdříve obstaráme technickou pomoc, která zajistí odpojení proudu odborným pracovníkem, voláme linku 112. Zachránce by se měl do příjezdu odborné pomoci držet v bezpečné vzdálenosti a dát si také pozor na krokové napětí. [16, s. 32-42]

2.14.3 Přednemocniční péče u úrazu elektrickým proudem

Posádka zdravotnické záchranné služby (ZZS) na místě události dbá své vlastní bezpečnosti a v případech zasažení vysokým napětím čeká na odbornou technickou pomoc, která zajistí bezpečný přístup k pacientovi. Při podezření na úraz elektrickým proudem je vždy nutné myslet na postižení srdečního svalu.

Prvotním úkonem u pacientů se zachovanými známkami života je, dle algoritmu ABCDE, zjistit, zda pacient dýchá. U pacienta slovně reagujícího na výzvu či oslovení, jsou dýchací cesty průchodné. V některých případech, kdy pacient na oslovení neodpovídá, stačí provést záklon hlavy, kterým zprůchodníme dýchací cesty a postižený začne dýchat. Záklon hlavy provádíme tehdy, není-li podezření na poškození páteře. Dále je třeba pacientovi zajistit dostatečnou ventilaci a oxygenaci. Člověk, který utrpěl zásah elektrickým proudem by měl být v přednemocniční péči vždy zkontrolován pomocí EKG, aby mohly být odhaleny případně abnormality na EKG křivce. Pacientovi je třeba změřit krevní tlak a pulz a v případě potřeby zavést intravenózní/intraoseální vstup, který slouží k podávání léků nebo tekutin. Důležitá je klasifikace vědomí dle GCS nebo AVPU a zhodnocení, zda pacient netrpí neurologickým deficitem. Na závěr v bodě E je pacient prohlédnut od hlavy k patě kvůli případným odřeninám, vyrážkám, popáleninám, drobným krvácením či ránám, jizvám apod. [16, s. 17]

U pacientů, kteří při příjezdu záchranné služby nedýchají a jsou v bezvědomí, ani po pokusu zprůchodnění dýchacích cest bez pomůcek, je zahájena rozšířená resuscitace. Při zástavě oběhu po úrazu elektrickým proudem je nutná analýza srdečního rytmu za nepřerušované srdeční masáže. V takovém případě jsou nalepeny defibrilační elektrody (nebo 3svodové EKG), a po zhodnocení křivky na monitoru, stanoven další postup. Je-li na monitoru identifikován defibrilovatelný rytmus, je podán defibrilační výboj. Ihned po podání výboje je pokračováno v srdeční masáži, zajištění adekvátní ventilace a farmakoterapii. Pacientovi je zaveden intravenózní/intraoseální vstup k následné farmakologické léčbě či

volumoterapii. Pokud dojde k obnovení oběhu, postupují záchranáři dle algoritmu ABCDE, stejně jako u pacienta se zachovanými známkami života, a zahajují poresuscitační péči. [9, s. 289]

Druhotná poranění vlivem pádů apod. řeší záchranáři imobilizačními pomůckami a jinými zdravotnickými prostředky (zástava krvácení, zlomeniny, úrazy páteře). Pokud je posádka ZZS informována o úrazu, který by mohl způsobit poranění páteře, je pacient ze všeho nejdřív na místě fixován manuálně nebo krčním límcem, s pacientem by se nemělo manipulovat více než je nutné. Stejně tak je zástava masivního krvácení hlavní prioritou u přístupu k pacientovi s traumatem. [9, s. 289]

2.15 Nemocniční péče

V rámci celkové akutní péče u elektrotraumat postupujeme dle algoritmu odpovídající polytraumatu. I zde postupujeme dle ABCDE, což zaručuje kompletní vyšetření pacienta, aniž by bylo něco přehlédnuto. U pacientů v bezvědomí, by měly být adekvátně zajištěny dýchací cesty a ventilace. Následují vyšetření pomocí zobrazovacích technik, CT skenu (počítačová tomografie), pokud je zde podezření na poranění hlavy, páteře, hrudníku nebo pánve. Dále UZ (ultrazvukové vyšetření) břicha, vzhledem k průchodu elektrického proudu, který by mohl či ohrozil srdce, volíme také echokardiografické vyšetření, které je vhodné opakovat po 24 a 48 hodinách. Pacientovi by měla být udělána kompletní laboratorní vyšetření včetně hemoglobinu a kardiotropních enzymů. Důležitá je také monitorace EKG a infuzní terapie, kterou se snažíme docílit optimální perfuzi orgány. Tělu po takovémto poranění hrozí distribuční a hypovolemický šok, proto je výběr a množství náhradního objemu tolik důležitý. Výjimkou je přítomnost myoglobinu v moči nebo jiné brzké známky zhoršení funkce ledvin. Pokud má moč červenou nebo červeno černou barvu, tento jev je způsoben masivním únikem myoglobinu ze svalů. Obecně je třeba předejít infekci ve spojitosti s čištěním ran a v případech hlubokých nekrotických tkání je na místě aplikace vakcíny proti tetanu. Širokospektrá antibiotika nebývají u těchto pacientů indikována, naopak je tomu u pacientů, kteří utrpěli v důsledku

úrazu elektrického proudu popáleniny. Dalšími úkony, kterými v nemocnici mohou pacientovi pomoci je fasciotomie, která je indikována při důkazu zvýšeného myoglobinu a kompartment syndromu, nebo při útlaku nervů a cév. Co se týká samotného ošetření primárních ran, velmi se liší rány způsobené vysokým a nízkým napětím. Rány způsobené vysokým napětím, jsou charakteristické množstvím nekrotické svalové tkáně, je třeba agresivní chirurgický přístup, který může skončit i amputací. Cílem je předejít orgánovým dysfunkcím, infekci a případně smrti. [18, s. 122-131]

3 CÍL PRÁCE

Teoretická část bakalářské práce se zabývá důležitými tématy a pojmy z anatomie, fyziologie, zmíněny jsou vlastnosti elektrického proudu, elektrotraumata a jejich terapie. Práce se zaměřuje na stav člověka po úrazu elektrickým proudem, který způsobil srdeční zástavu a na to, jakým způsobem postupuje laik a následně přivolaná odborná zdravotnická pomoc. Největší důraz je kladen na nejvíce poškozené orgány, tedy srdce, a zároveň na přístup k raněnému tak, aby se záchránce nestal další obětí.

Praktická část zahrnuje problematiku úrazů elektrickým proudem demonstrovanou a analyzovanou za pomoci kazuistik. Práce se zabývá především komplexním přístupem k takto způsobeným úrazům a komparací získaných dat s odbornou literaturou.

Cílem bakalářské práce je především popsat komplexní péči o pacienta, který utrpěl zástavu oběhu elektrickým proudem. Kazuistiky pacientů se týkají především přednemocniční péče a zásahů výjezdových skupin zdravotnické záchranné služby. Budou rozebrány jednotlivé kroky poskytnuté péče a zmínění se o nemocniční péči. Dále pak budou v diskuzi srovnávány kapitoly z teoretické části a z odborné literatury se získanými kazuistikami. Výsledkem bude souhrn poznatků této práce, který bude popisovat komplexní přístup k pacientovi se zástavou oběhu, a s tím spojenou rozšířenou neodkladnou resuscitací.

4 METODIKA

Praktická část bakalářské práce se zabývá rozbořem kazuistik pacientů, kteří utrpěli úraz elektrickým proudem. Veškeré kazuistiky jsou z prostředí přednemocniční neodkladné péče. Jednotlivé případy budou porovnány s odbornou literaturou se zaměřením především na přednemocniční péči a přístup záchranářů k pacientovi, jako oběti elektrického proudu.

Pro relevantní výsledky a závěry budou zpracovány 4 případy, jejichž stav byl vyvolán stejnou příčinou, a to elektrickým výbojem, ať už umělým nebo přírodním.

4.1 Kazuistika

Každá kazuistika podrobně studuje případ jedné osoby, přičemž se pevně váže na téma, které badatel řeší. Konkrétně ve zdravotnictví je případová studie popisem onemocnění či zranění od začátku, tedy kdy, co, jak a v jaké situaci se pacientovi stalo, případně kdy se objevily první příznaky. [19, s. 76]

Význam kazuistik ve zdravotnictví je velký. Pomáhá řešit problémy a mohou díky nim vzniknout nové a nové hypotézy, které jsou dalším podkladem k dalšímu výzkumu. Zdrojem informací ke kazuistikám mohou být jak rozhovory, náhled do zdravotnické dokumentace, poskytnutí informací od zdravotnického personálu či vlastní zkušenost nebo pozorování. [19, s. 77-79]

5 VÝSLEDKY

5.1 Kazuistika č. 1

Výzva: Úraz elektrickým proudem ++

Naléhavost: 2

Pacient: muž, 23 let

Místo výjezdu: Praha

AA: nelze zjistit

FA: nelze zjistit

OA: nelze zjistit

Výzva:	15:13
Výjezd:	15:13
Na místě:	15:16
Začátek oš.:	15:16
Transport	16:14
Př. k CPALP:	16:14
Na příjmu:	16:42
Ukončení:	17:22

Tabulka 1 Časový záznam o výjezdu RV

NO: Muž zasažen elektrickým proudem 220 V, poté co slezl ze žebříku, po několika sekundách upadl, bezvědomí, apnoe, volána ZZS, zahájení TANR, při příjezdu prováděny kvalitní komprese hrudníku, gasping, vstupní rytmus VF, pokračuje ALS.

St.P.: Po příjezdu ZZS pacient leží na zemi, je v bezvědomí, záchrance na místě provádí TANR, pozorovatelný gasping. Potvrzena zástava oběhu, zahájena rozšířená resuscitace a pacient připojen na monitor. Vstupní rytmus komorová fibrilace, která je indikací k výboji, iniciální výboj 200 J bifázického proudu. Je zaveden intraoseální vstup, pokračování v KPR, po 3. neúspěšném výboji aplikace amiodaronu 300 mg + adrenalin 1 mg. Při další analýze rytmu SR, cirkulace hemodynamicky účinná, ROSC přibližně 10 min od zástavy oběhu. Posádka ZZS postupuje dle algoritmu ABCDE. Za prvé, kontrola dýchacích cest, nutnost zprůchodnění záklonem hlavy a ústním vzduchovodem. Podán O₂ kyslíkovou maskou, 10 l/min. Dýchání a zvedání hrudníku symetrické, bez vedlejších dechových fenoménů, SpO₂ 99-100 % (s O₂). Oběhově stabilní, TK 140/80, TF 85/min, kapilární návrat do 3 s, sinusový rytmus přetrvává. Pacient má stále poruchu vědomí, jawthrust s grimasou, GCS 3 (1-1-1), zornice L 3 mm, P 3 mm, tzn. izokorie,

fotoreakce obleněná. Při vyšetření od hlavy k patě bez viditelných známek traumatu, bez stop popálenin. Pro přetrvávající bezvědomí je pacient sedován, zavedení OTI + UPV, nastavena DF 14 dechů, MV 7 l/min, F_iO_2 0,5. U postiženého probíhá tekutinová resuscitace, FR 1/1 100 ml, Plasmalyte 500 ml. Transport do nemocnice, urgentní příjem.

Použité léky: Adrenalin (1 mg), Cordarone (150 mg/amp) 2 amp., Noradrenalin (1mg/amp) 2 amp., Midazolam (15 mg/amp) 1 amp., Propofol 1 % (200 mg/amp) 1 amp., Sufenta (10 m μ g/amp) 2 amp.

Následná péče: Pacient byl transportován posádkou ZZS na Klinikou anesteziologie a resuscitace Fakultní nemocnice Královské Vinohrady. Po příjezdu mu byli provedeny kompletní laboratorní testy, RTG hrudníku a ECHO. Byly také zavedeny invazivní žilní vstupy. Po 4 hodinách na ARO byl pacient extubován, probuzen do plného vědomí, bez katecholaminové podpory. Pacient ještě téhož večera přeložen na Koronární JIP, ráno podepsal negativní reverz, řádně poučen o svém stavu.

5.2 Kazuistika č. 2

Výzva: Úraz elektrickým proudem ++

Naléhavost: 2

Pacient: žena, 40 let

Místo výjezdu: Litovel

AA: neguje

FA: žádné léky neužívá

OA: zanedbatelná

Výzva:	10:04
Výjezd:	10:04
Na místě:	10:16
Začátek oš.:	10:17
Transport	10:57
Př. k CPALP:	10:57
Na příjmu:	11:10
Ukončení:	11:17

Tabulka 2 Časový záznam o výjezdu RV

NO: Elektrotrauma proudem 220 V prostřednictvím etaviry, řešila menstruaci teplou koupelí, zimu v koupelně mobilní etavirou, při přenosu držela infrazářič oběma rukama, ten začal probíjet, pád na zem, křeče, volána ZZS, manžel instruován odpojit infrazářič od zdroje el. proudu, zahájení TANR, při příjezdu efektivní komprese, VF, pokračování v ALS.

St.p.: Po příjezdu posádky ZZS leží pacientka na zemi, manžel provádí TANR, bezdeší, EKG zjišťuje posádka přímo z přitlačných elektrod, vstupní rytmus je komorová fibrilace. Iniciální výboj 200 J. Po dvou bezprostředních výbojích kontrola rytmu, obnovení srdeční činnosti a SR. Přetrvává porucha vědomí, kardiopulmonálně stabilní, spontánní dýchání. Záchranáři postupují podle algoritmu ABCDE. Dýchací cesty udržovány průchodné pomocí záklonu hlavy, podání O₂ 10 l/min, SpO₂ 99-100 %. Hrudník se zvedá na obou stranách symetricky, poslech hrudníku neodhalil žádné poslechové fenomény. TK naměřen 135/80, TF 75/min, kapilární návrat nad 2 s, pacient stále připojen na EKG, sinusový rytmus, zaveden intravenózní vstup, FR 1/1 100 ml. GCS (1-2-2), izokorické zornice L 2 mm, P 2 mm, fotoreakce ++. Finální vyšetření celého těla odhalilo jen lehké popáleniny na prstech horní končetiny, jinak bez zranění. Po stabilizaci v sanitce vezena na urgentní příjem.

Použité léky: bez medikace

Následná péče: Pacientka byla úspěšně zaléčena, bylo ji provedeno echokardiografické vyšetření, udělány krevní testy a kompletní laboratoř. Ošetřeny byly i drobné popáleniny na rukou. Po 3 dnech byla pacientka propuštěna z nemocnice domů.

5.3 Kazuistika č. 3

Výzva: Zásah bleskem

Naléhavost: 2

Pacient: žena, 51 let

Místo výjezdu: Žleb-Šternberk

AA: penicilin

FA: žádné léky neužívá

OA: zanedbatelná

Výzva:	16:20
Výjezd:	16:21
Na místě:	16:31
Začátek oš.:	16:32
Transport	17:04
Př. k CPALP:	17:14
Na příjmu:	17:15
Ukončení:	17:17

Tabulka 3 Časový záznam o zásahu LVS

NO: Zásah bleskem, žena s manželem chtěla sklízet seno před bouřkou, pracovala vidlemi, výboj a pád na zem, bezvědomí, spontánní dýchání, volání ZZS.

St.p.: LVS přiletěla na místo, pacientka leží na zemi, v bezvědomí, přítomno spontánní dýchání, udržení volných dýchacích cest pomocí záklonu hlavy, připojení na 3 svodové EKG, monitor ukazuje SR. Posádka postupuje dle ABCDE a vyšetřuje pacientku. Saturace krve kyslíkem v normě (98-100 %), dýchání symetrické na obou stranách hrudníku, poslech v normě, SR přetrvává, TK 140/75, TF 80/min, kardiopulmonálně kompenzovaná, zavedení i.v. vstupu a aplikace FR 1/1 100 ml. Přetrvávající porucha vědomí s GSC (2-3-3), soporózní stav, izokorie, fotoreakce ++. Pacientka má viditelné proudové známky vstupu a výstupu proudu. Vpravo nad ramenem vstup blesku, výstup na patě pravé nohy. Dále viditelné bleskové figury na těle pacientky (flebektázie). Pacientka byla bez medikace naložena do helikoptéry, pod dohledem LVS transportována do nemocnice, urgentní příjem dospělých.

Použité léky: bez medikace

5.4 Kazuistika č. 4

Výzva: Úraz elektrickým proudem ++

Naléhavost: 2

Pacient: chlapec, 11 let

Místo výjezdu: Věrovany

AA: pyl

FA: žádné léky neužívá

OA: zanedbatelná

Výzva:	13:49
Výjezd:	13:50
Na místě:	14:04
Začátek oš.:	14:04
Transport	-
Př. k CPALP:	-
Na příjmu:	-
Ukončení:	14:57

Tabulka 4 Časový záznam o výjezdu RV

NO: Zásah elektrickým proudem ve vodě, chlapec uvnitř nafukovacího bazénu, stojí na jeho okraji blízko doma vyrobeného filtračního zařízení, které je spuštěné. Zařízení probíjí, chlapec ve vodě zasažen proudem, padá na okraj bazénu, bezvědomí, apnoe, kamarád chlapce běží pro rodiče, volána ZZS

St.p.: Posádka RV přijíždí na místo, pacient leží přes okraj vypuštěného bazénu, neprobíhá resuscitace (ani TANR), chlapec nejeví známky života, jednoznačné známky smrti, začínající posmrtné skvrny, chladnoucí tělo, mydriáza. Na místo je volána PČR, nezletilí chlapci si sami hráli, nebyl přítomen dospělý. RV zůstává na místě, zpracování příslušné dokumentace (List o prohlídce zemřelého). Příčinou úmrtí je po domácku vyrobené filtrační zařízení bazénu.

6 DISKUZE

Výjezdy k pacientům, kteří utrpěli zásah elektrickým proudem nejsou v České republice výjimkou. Nejčastěji dochází k úrazům u mužů, a to proto, že mnozí z nich jsou obětí pracovního úrazu, kutilství, nepozornosti. Dále se tyto úrazy týkají dětí, které jsou velmi zvědavé a mají potřebu prozkoumávat svět.

Všechny úrazy elektrickým proudem pocházející ze zdroje o parametrech 230 V/50 Hz by měly být kvůli možným negativním účinkům proudu na srdce ošetřeny, a to i v případech, kdy pacient nevykazuje známky poranění, nestěžuje si na žádné potíže. [20, s. 4] Proto je přednemocniční a nemocniční péče v těchto případech tak důležitá. Hlavním tématem je však zástava oběhu, která se bez resuscitace neobejde, a je proto prioritou číslo jedna. Ať už TANR nebo rozšířená neodkladná resuscitace mají velký vliv na další osud pacienta.

KAZUISTIKA č. 1

Pacient v této kazuistice byl zasažen proudem o velikosti 220 V, přičemž po několika sekundách došlo k poruše rytmu a ze sinusového rytmu přešlo srdce do komorové fibrilace. Fibrilace komor život je ohrožujícím stavem a je potřeba, aby byla co nejdříve zahájena defibrilace, v opačném případě pacientovi hrozí, že dojde k ireverzibilním změnám mozku a srdce. Jen ve velmi ojedinělých případech je komorová fibrilace spontánně vystřídána sinusovým rytmem. [21, s. 145] Záchránce, který volal tísňovou linku 155, byl operátorkou správně instruován k zahájení TANR. Kvalitní komprese jsou klíčovým prvkem, které mohou dát pacientovi vysoké šance na přežití. Záchránce tak nahrazuje mechanickou činnost srdce před příjezdem ZZS. Posádka záchranné služby pak pokračovala v rozšířené resuscitaci, za okamžitého nalepení elektrod a analýzy rytmu. V tomto případě se jedná o hru s časem a cílem je minimalizovat časové rozmezí mezi zástavou oběhu a ROSC, a pokusit se dosáhnout dobré kvality života i po resuscitaci. [22, s. 31] Defibrilace byla zahájena výbojem 200 J bifázického proudu, což odpovídá hodnotě výboje dle

doporučení výrobce přístroje (Lott 2015, str. 157) Bifázická defibrilace umožňuje tok proudu dvěma směry, tedy určitou dobu přenáší defibrilátor elektrický náboj kladným směrem, poté se směr mění na záporný. Výhodou oproti monofázickému proudu je možnost použití menší energie k efektivní defibrilaci. [23, s. 159] Po třetím neúspěšném výboji je aplikován 1 mg adrenalinu a 300 mg amiodaronu. Adrenalin způsobuje vazokonstrikci, stimuluje funkci srdce a zvyšuje systolu i diastolu TK. amiodaron má vliv na membránový akční potenciál, indikací k jeho použití jsou supraventrikulární a komorové tachykardie, ale také, jako v tomto případě, potlačení VF, resp. snížení defibrilačního prahu. [24, s. 110, 195] Tato farmakologická terapie pacientovi stimulovala srdce natolik, že při následné analýze (po 2 minutách) vykazovalo sinusový rytmus. Pacientův oběh byl obnoven po cca 10 minutách od zástavy a následovalo celkové vyšetření pacienta dle algoritmu ABCDE.

A – Vzhledem k tomu, že byl pacient stále v bezvědomí, bylo potřeba udržet průchodné dýchací cesty, k čemuž byl použit záklon hlavy a ústní vzduchovod a kyslíkovou maskou napojenou na láhev s O₂. Je důležité pacientovi zajistit dostatečnou ventilaci a přívod kyslíku, aby byly všechny tkáně zásobeny.

B – Kontrola dýchání je zaměřena na symetrické zvedání hrudníku, která záchranáře ujistí, že není přítomna jedna z reverzibilních příčin zástavy oběhu a tou je tenzní pneumotorax. Poslechem jsou vyloučeny patologické poslechové fenomény.

C – Stabilní oběh, pro jistotu stále kontrolován EKG. Pacient byl přechodně na nízké noradrenalinové podpoře. Noradrenalin je silným agonistou, jehož hlavním účinkem je vazokonstrikce. Avšak všechna inotropika a vazopresory, kterým noradrenalin je, jsou v těchto případech (hypotenze, kardiogenní šok) aplikovány za účelem zlepšení orgánové perfuze. [25, s. 224]

D – Pacient je stále v bezvědomí, jehož hloubka je posouzena na základě Glasgow Coma Scale. GCS hodnotí, jestli a na jaký podnět je pacient schopen otevřít oči, nejlepší hlasový projev a nejlepší motorickou odpověď. Na podkladě těchto

výsledků, jimž je přiděleno příslušné číslo na stupnici od 1 do 4, 1 do 5 nebo 1 do 6, je pak hodnocen pacientův stav vědomí. Konkrétně u tohoto muže je GCS (1-1-1), pacient neotvírá oči ani na oslovení, ani na bolestivý podnět, jeho hlasový projev je nulový a není schopen motorické odpovědi, jedná se tedy o těžkou poruchu vědomí. Co se týká zornic, jejich fotoreakce je zpomalená, přítomna izokorie.

E – Závěrečné vyšetření pacienty od hlavy k patě slouží především ke zjištění, zda má pacient další zranění, která budou vyžadovat pozdější ošetření v nemocnici, přítomnost vyrážky, ekoriací, hematomů apod. V tomto případě pacient nevykazoval žádné další známky traumatu, které si mohl způsobit při pádu na zem, nebo se mohly stát následkem kvalitních kompresí hrudníku. Proud může u těchto zranění působit také termickými účinky, pacient byl však bez stop popálenin. Vzhledem k přetrvávajícímu bezvědomí, nutnosti udržet dýchací cesty průchodné a zajištění dostatečné ventilace byl pacient farmakologicky analgosedován, je totiž nutné, aby byl pacient schopný tolerovat endotracheální rourku v dýchacích cestách. Analgosedace a sedace zbavuje pacienta bolesti, úzkosti a v neposlední řadě ho dostává do stavu, který je pro zdravotníky potřebný k účinné terapii či diagnostice. [26, s. 80] Ventilátor byl nastaven na MV 7 l/min, DF 14 a FiO₂ 0,5.

Přístup k pacientovi v kazuistice č. 1 byl zcela komplexní. Záchranáři věnovali pozornost nejprve nejzávažnějšímu problému, a tím byla závažná arytmie v podobě komorové fibrilace, kterou řešili dle ERC Guidelines 2015 (Lott, 2015) Následně postupovali dle vyšetření ABCDE a řešili další možná poranění pacienta, stabilizaci stavu a přípravu na následný transport do nemocnice. Celá kazuistika byla analyzována a na základě odborné literatury porovnána s postupy, přístupem a případným vysvětlením, proč bylo vhodné postupovat způsobem, který záchranáři v rámci přednemocniční péči volili.

Po přijetí do nemocnice byl pacient přijat na ARO Fakultní nemocnice Královské Vinohrady. Bylo nutné mu zavést invazivní žilní vstup, který dlouhodobě hospitalizovaných pacientům na anesteziologicko-resuscitačním oddělení slouží jako rychlý přístup medikamentů do těla, a podrobit ho potřebným vyšetřením.

Pacient byl poslán na RTG sken, jednak kvůli kontrole správného zavedení centrálního žilního katetru zavedeného přes levou v. subclavii, ale také kvůli možným frakturám žeber, které mohly být způsobeny při resuscitaci. Byla provedena kompletní laboratorní vyšetření, součástí byla biochemie a hematologie, stejně jako je uvedeno v článku autorů Lipový et al. (2013). Po čtyřech hodinách byl pacient extubován, vzbudil se do plného vědomí, GCS (4-5-6), a to bez katecholaminové podpory. Srdce pacienta bylo zkontrolováno na echokardiografu, nález negativní. ECHO je jedno z nejdůležitějších vyšetření v kardiologii, a proto je u pacienta, který prodělal srdeční zástavu a byl 3krát defibrilován, na místě. Po přeložení na koronární JIP strávil pacient v nemocnici pouze jednu noc a na jeho žádost byl propuštěn domů proti podepsání negativního reverzu. Byl řádně poučen a informován o svém zdravotním stavu, při propouštění byl afebrilní a hemodynamicky stabilní.

KAZUISTIKA č. 2

Kazuistika č. 2 je podobná kazuistice č. 1 především v laické pomoci. Žena utrpěla zásah elektrickým proudem, když byla sama v koupelně a snažila se vyřešit zimu infrazářičem. Díky manželově včasné kontrole a rychlé reakci, volal linku 155, kterou byl okamžitě instruován k odpojení předmětu od zdroje. V tomto případě bylo velice důležité, aby dbal manžel své vlastní bezpečnosti a nesnažil se fyzicky kontaktovat ženu, která křečovala a procházel jí proud. Teprve poté, co je dotyčný mimo dosah elektrického proudu je bezpečné, aby se jej záchránce dotýkal. Muž byl operačním střediskem naváděn k základní resuscitaci, TANR, čímž se postaral o mechanickou práci srdce, stejně jako v Kazuistice č. 1. Dojezdová doba z Olomouce do Litovle je cca 12 min. Záchranáři se za normálních podmínek při resuscitaci pacienta vždy pravidelně střídají, aby byla zajištěna kvalitní masáž po celou dobu, kdy má pacient nedefibrilovatelný rytmus. Provádět komprese, které jsou správné a efektivní je fyzicky náročné a po 2 minutách, u průměrného člověka, efektivita klesá. Manžel pacientky byl na resuscitaci sám, tudíž je třeba počítat s tím,

že ačkoli vůle zachránit život své manželky byla nepředstavitelně velká, srdeční masáž postupně během 12 minut nebyla stejně kvalitní na začátku a na konci. Po příjezdu posádky záchranné služby pokračovali záchranáři v ALS (Advanced Life Support). Zatímco jeden ze záchranářů pokračoval v srdeční masáži, druhý pomocí přitlačných elektrod analyzoval rytmus, komorovou fibrilaci. Následně bylo možné okamžitě nabít na 200 J bifázického proudu a zahájit defibrilaci. V tomto případě pacientka reagovala bezprostředně po druhém výboji, výsledkem byl sinusový rytmus. Medikace u resuscitace komorové fibrilace je indikována po 3. neúspěšném výboji, kdy se aplikuje 1 mg adrenalinu a 300 mg amiodaronu, stejně jak tomu bylo u první kazuistiky. Proto zde nebyly aplikovány žádné léky, pacientce byl podán O₂ kyslíkovou maskou pro dobré zásobení tkání a po zavedení intravenózního vstupu ji byl podán fyziologický roztok.

A – Pacientčiny dýchací cesty byly udržovány průchodné pomocí záklonu hlavy a ústního vzduchovodu. Ústní nebo také Geudelův vzduchovod, je jedna ze zdravotnických pomůcek pro udržení volných DC, která brání zapadnutí kořene jazyka. Jeho zavedení je velice jednoduché, u dospělého člověka se zavádí konkavitou nahoru a poté se otočí a kopíruje anatomii dýchacích cest. Je však nutné, aby byla vybrána správná velikost, která se určuje vzdáleností mezi řezáky a úhlem dolní čelisti.

B – Vzhledem k resuscitaci, nesměla být opomenuta kontrola hrudníku, pohmat a jemné stlačení hrudníku nevykazovalo známky fraktur, obě strany hrudníku i dýchání symetrické, což vyloučilo pneumotorax. Pacientka dýchala spontánně bez zjevné námahy.

C – Co se týká oběhu pacientky, byla kardiopulmonálně stabilní, její cirkulace byla hemodynamicky účinná, což znamená, že plicní tlak určený objemem krve v žilním řečišti, činnost srdce jako pumpy a celý mechanismus proudění krve v těle funguje a je v normě. Nadále přetrvává sinusový rytmus.

D – Stav vědomí u pacientky hodnocený dle stupnice GCS odpovídá hodnotám (1-2-2), kdy sice neotevírala oči, ale byla schopna vydávat nesrozumitelné zvuky a její nejlepší motorická odpověď byla na algický podnět nespecifickou extenzí. Tento stav je stále řazen mezi těžké poruchy vědomí, každopádně každý bod navíc zlepšuje pacientovu prognózu. V tomto případě, po cca 15minutové resuscitaci je tento stav vědomí pochopitelný.

E – V posledním bodě vyšetření bylo zjištěno, že elektrický proud na pacientce zanechal drobná termická poranění v podobě lehkých popálenin na dlaních a prstech rukou, které byly v kontaktu s etavirou. Často se stává, že bývají termická poranění zaměňována s proudovými známkami a naopak, jelikož je obtížné tyto dva projevy od sebe rozeznat. [11, s. 204] Křeče, ve kterých byla pacientka manželem nalezena na zemi v koupelně, nezpůsobily žádná další zranění. Je důležité, aby na ně byli záchranáři upozorněni kvůli možnému úrazu hlavy či jiných částí těla, v případě, že by v okolí postižené byly předměty, které by tyto zranění mohly při neopatrném pohybu, jako jsou křeče, způsobit.

I zde se bavíme o správném přístupu k pacientovi v přednemocniční péči ze strany ZZS. Resuscitace a defibrilace proběhla v několika málo minutách, což vždy hraje ve prospěch pacienta a je pro posádky ZZS největší prioritou. [**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, str. 8] Péče, kterou předvedli na místě události byla provedena pečlivě. Fakt, že nebylo potřeba pacientku nijak medikovat byl příznivý nejen pro pacientku, ale také pro přístup lékařů na urgentním příjmu. V mnoha případech je přínosné, když na urgentním příjmu, či v jiném příjmacím zařízení, přijímají pacienta, který není pod vlivem léků podaných záchranáři. Důvodem je lepší, přesnější a rychlejší diagnostika pacienta a jeho následná terapie vedoucí ke zlepšení stavu. Tento přístup je samozřejmě možný, jen pokud to dovoluje stav a komfort pacienta, v rámci možností.

Po převozu do FN Olomouc byla pacientka podrobena všem testům, které jsou prováděny pacientům při elektrotraumatu. Doporučená vyšetření, která se těmto pacientům provádí jsou: základní laboratorní soubor, hemokoagulační vyšetření,

vyšetření acidobazické rovnováhy (ABR), EKG, rentgen (RTG) plic a srdce, počítačová tomografie (CT) mozku, elektroencefalografie (EEG), elektromyografie (EMG), ultrazvukové vyšetření (UZV) dutiny břišní, echokardiografie – ultrazvukové vyšetření srdce (ECHO), dopplerovské vyšetření končetinových cév, a magnetická rezonance (MRI) končetin. Pacienti absolvují také neurologickou, interní a oční prohlídku. Tento seznam vyšetření je uveden v knize Základy plastické chirurgie [30, s. 140] Žena byla hospitalizována na ARO FNOL. Její stav vědomí se zlepšil ještě tentýž den. Propuštěna byla lékařem po 3 dnech hospitalizace, na rozdíl od prvního případu, kdy muž podepsal negativní revers a na jeho vlastní žádost byl propuštěn do domácí péče.

KAZUISTIKA č. 3

Případ 51leté ženy, která utrpěla zásah bleskem při sklizení sena vidlemi před bouřkou se svým manželem, byl operačním střediskem, vzhledem k závažnosti a vzdálenosti místa od výjezdové základny, vyhodnocen a předán letecké výjezdové skupině (LVS). Doletová doba byla 10 min, což se nedalo srovnávat s dobou ZZS, která by pravděpodobně přesáhla 20 min. Po příjezdu LVS na místo, ležela pacientka v bezvědomí na zemi. Na rozdíl od přechozích dvou případů zde bylo přítomno spontánní dýchání bez srdeční zástavy nebo komorové fibrilace.

A – Udržení volně prostupných dýchacích cest bylo v tomto případě provedeno jen záklonem hlavy, nebylo nutné použít žádnou ze supraglotických pomůcek. Člověk se ztrátou vědomí není vždy v bezprostředním ohrožení života, je to však důvod ke zvýšené ostražitosti, jelikož zde existuje hrozba neschopnosti udržení průchodnosti dýchacích cest. V takovém případě by se pacient udusil, proto se ve většině případů u bezvědomí používají pomůcky, které tomu předcházejí. [28, s. 141]

B, C – V těchto bodech záchranáři postupovali dle algoritmu a zkontrolovali vše potřebné, veškeré hodnoty byly v normě. Pacientka byla zavedena i.v. linka. Intravenózní vstup se zavádí všem těm pacientům, u kterých se záchranáři

domnívají, že by mohla nastat situace vyžadující podání léků či objemové náhrady. V tomto případě zde byla určitě oprávněně.

D – Pacientka byla v soporózním stavu, který se projevuje reakcí na algický podnět obrannými pohyby. Při diagnostickém postupu u bezvědomí, je nutné, abychom dbali na prostupnost dýchacích cest a vyvarovali se, nebo minimálně zakročili, aby se tělo nedostalo do šoku. [27, s. 373] GCS odpovídalo hodnotám (2-3-3), tzn. že byla na hranici středně těžké a těžké poruchy vědomí. Tyto změny vědomí jsou u elektrotraumat způsobeny tím, že nervová tkáň klade el. proudu nejmenší odpor. [30, s. 140]

E – Tento případ je charakteristický proudovými známkami a obrazci, které blesk zanechal na těle pacientky. Proudové známky se nacházely nad pravým ramenem (vstup) a na pravé patě (výstup). Měly vzhled tuhého puchýře s vyvýšenými okraji a vkleslým středem, jako popisuje Miroslav Hirt a kolektiv ve své knize Soudní lékařství I. díl [11, s. 204] Tyto proudové známky odpovídají na otázku, proč žena po zásahu neutrpěla zástavu oběhu nebo jakoukoli jinou poruchu srdeční činnosti. Prochází-li proud, dle proudových známek, mezi pravou horní a pravou dolní končetinou, mohou se u pacienta vyskytnout křeče kosterního svalstva, bránice a termická poranění tkáně. Fibrilace komor či asystolie se však většinou objeví v případě, že proud prochází mezi levou a pravou/levou končetinou, nebo při průchodu proudu oběma horními končetinami. [3, s. 111] Dále byly na těle pacientky pozorovatelné bleskové figury neboli Lichtenbergovy figury. Vznikají následkem průchodu elektrického proudu horní částí podkoží a prakticky vytváří trombózu místních cév. [30, s. 140]

KAZUISTIKA č. 4

Tato kazuistika byla vybrána za účelem demonstrace chyb, které pravděpodobně byly důvodem, proč měl tento případ na oběti fatální následky.

Děti si hrály u bazénu bez dohledu dospělých, což není vzhledem k věku (11-12 let) tak znepokojující. Ovšem fakt, že bazén byl filtrován doma vyrobeným filtračním

zařízením, ke kterému děti měly přístup, už znepokojující je. Elektřina, jak už v úvodu bylo řečeno, je dobrý sluha, ale špatný pán a v tomto případě na tuto pravdu doplatil malý chlapec.

Když byl chlapec zasažen elektrickým proudem probíjejícím filtračním zařízením, upadl přes okraj bazénu. Byl tedy v kontaktu jak s vodou, tak s elektrickým proudem, což samo o sobě není dobrým prognostickým prvkem, fyzikálně pak platí, že to, co dělá vodu výborným vodičem elektrického proudu, jsou ionty. V tomto případě bylo na místě, aby přivolání rodiče, kteří správně volali tísňovou linku 155, okamžitě začali provádět nepřímou masáž srdce, která mohla chlapcovy šance na přežití několikanásobně zvýšit. Bohužel nejsou známy podrobnosti o tom, proč operátorka ZOS nepřiměla rodiče k TANR, nebo jiné informace o tom, proč rodiče nečinně čekali na příjezd posádky zdravotnické záchranné služby. Záchranáři už bohužel přijeli na místo k pacientovi, který nevykazoval žádné známky života a na těle byly viditelné zjevné známky smrti. Pacient s takovými známkami je lékařem ZZS prohlášen za mrtvého a je vyplněna příslušná dokumentace. List o prohlídce zemřelého musí být sepsán a předán na ÚZIS (Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR) do 30 dnů (od úmrtí/nálezu těla) [31].

7 ZÁVĚR

Bakalářská práce řešila problematiku zástavy oběhu po úrazu elektrickým proudem. Byla zaměřena především na přednemocniční péči a přístup záchranářů k takto zraněným pacientům, a v neposlední řadě na nemocniční péči věnovanou těmto pacientům na anesteziologicko-resuscitačním oddělení.

Teoretická část popisovala anatomii a fyziologii orgánů, kterých se úraz elektrickým proudem dotýká nejvíce. Dále zde byly zmíněny specifika a vlastnosti proudu z hlediska biofyziky a medicínské fyziky. Ostatní kapitoly se věnovaly samotným elektrotraumatům, laické první pomoci a přednemocniční a nemocniční péči.

Stanoveným cílem bakalářské práce bylo popsat komplexní péči o pacienta se zástavou oběhu v přednemocniční a nemocniční péči. Byla provedena analýza případů na základě získaných kazuistik a za pomoci odborné literatury byly úkony a poznatky z komentovaných případů doplněny a popřípadě vysvětleny. Kazuistiky, ač se stejnou charakteristikou, vyžadovaly různé přístupy ze strany záchranářů, různé pomůcky, různá medikace. Důraz byl kladen na první pomoc, konkrétně základní resuscitace, poskytovanou zachránci, která je stěžejní při zástavě oběhu. Na kazuistikách bylo demonstrováno, jak důležitá srdeční masáž je a jak ovlivnila pacienty, kteří byli díky srdeční masáži udrženi na živu do příjezdu posádek ZZS. Algoritmus ABCDE, který využívaly posádky ZZS z kazuistik, záchranářům zaručuje správný postup a eliminuje opomenutí základních vyšetření, které jsou potřebné ke správnému určení diagnózy pacienta a k příslušné terapii. Nemocniční péče je charakteristická nutnými vyšetřeními, které jsou potřebné k vyloučení multiorgánových poranění a k určení správné či patologické funkce jednotlivých životně důležitých orgánů.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AA – alergologická anamnéza

ABR – acidobazická rovnováha

AED – Automated External Defibrillator

ALS – Advanced Life Support

Amp. – ampule

ARO – anesteziologicko-resuscitační oddělení

CPALP – příjezd k cílovému poskytovateli akutní lůžkové péče

CT – počítačová tomografie

DC – dýchací cesty

DF – dechová frekvence

EEG – elektroencefalografie

ECHO – echokardiografie

EKG – elektrokardiograf

EMG – elektromyografie

ERC – European Resuscitation Council

FA – farmakologická anamnéza

FK – fibrilace komor

FN – Fakultní nemocnice

FNOL – Fakultní nemocnice Olomouc

F_iO₂ – inspirační koncentrace kyslíku

FR – fyziologický roztok

G18 – Gauge 18; průsvit jehly 18G

GCS – Glasgow Coma Scale

IM – infarkt myokardu

i.v. – intravenózní

IZS – integrovaný záchranný systém

JIP – jednotka intenzivní péče

KPR – kardiopulmonální resuscitace
L – levá
LVS – letecká výjezdová skupina
MV – minutový objem
NO – nynější onemocnění
OTI – orotracheální intubace
P – pravá
PČR – policie České republiky
ROSC – Restore of Spontaneous Circulation
RTG – rentgen
RV – rendez-vous
SpO₂ – saturace krve kyslíkem
SR – sinusový rytmus
St.p. – status praesens
TANR – telefonicky asistovaná neodkladná resuscitace
TF – tepová frekvence
TK – krevní tlak
UPV – umělá plicní ventilace
VF – ventrikulární fibrilace
ZOS – zdravotnický operační systém
ZZS – zdravotnická záchranná služba

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. GEDDES, Leslie A. *Handbook of Electrical Hazards and Accidents*. Boca Raton: CRC Press, 1995. ISBN 0-8493-9431-7.
2. NAVRÁTIL, Leoš a Rosina JOZEF. *Medicínská biofyzika*. Praha 7: Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-1152-4.
3. ROSINA, Jozef, Jana VRÁNOVÁ, Hana KOLÁŘOVÁ a Jiří STANEK. *Biofyzika: Pro zdravotnické a biomedicínské obory*. Praha: Grada Publishing, 2013. ISBN 978-80-247-4237-3.
4. NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. *Přehled anatomie*. Druhé, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-612-0.
5. ČIHÁK, Radomír a Miloš GRIM. *Anatomie 3*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha 7: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5636-3.
6. ROKYTA, Richard a kolektiv. *Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi*. Praha 7: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-9902-5.
7. VOKURKA, Martin a kolektiv. *Patofyziologie pro nelékařské směry*. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2032-9.
8. HABERL, Ralph. *EKG do kapsy*. Praha 7: Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-4192-5
9. LIPOVÝ, Břetislav, Yvona KALOUDOVÁ, Ivan SUCHÁNEK, Radomír MAGER, Hana KRUPICOVÁ a Pavel BRYCHTA. Elektrotrauma. *Rozhledy v chirurgii*. 2013, **2013**(5), 288-291. ISSN 1805-4579.
10. UNGUREANU, M. Electrocutions - treatment strategy: (case presentation). *Journal of Medicine and Life*. 4, 2014, **2014**(7), 623-626. ISSN 1844-3109.
11. HIRT, Miroslav a kolektiv. *Soudní lékařství: I. díl*. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-5680-6.

12. KUMAR SHETTY, B Suresh, Jagadish RAO PADUBIDRI, Tanuj KANCHAN a YP RAGHAVENDRA BABU. *Atlas of Forensic Pathology*. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers, 2014. ISBN 978-93-5090-468-8.
13. COOPER, Mary Ann, Christopher J. ANDREWS, Ronald L. HOLLE, Rayn BLUMENTHAL a Norberto NAVARRETE ALDANA. *Lightning-Related Injuries and Safety*. AUERBACH, Paul, Tracy CUSHING a N. Stuart HARRIS. *Auerbach's Wilderness Medicine*. 7th edition. New York: Elsevier, 2016, s. 60-101. ISBN 978-03-2337-757-7.
14. ŠTEFAN, Jiří a Jan MACH. *Soudně-lékařská a medicínsko-právní problematika v praxi*. Praha: Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-2470-931-4.
15. *Telefonicky asistovaná neodkladná resuscitace* [online]. Praha: Ondřej Franěk, 2002 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: https://www.zachrannasluzba.cz/zajimavosti/2011_tanr.pdf
16. ŠEBLOVÁ, Jana, Jiří KNOR a kolektiv. *Urgentní medicína v klinické praxi lékaře*. 2. doplněné a aktualizované vydání. Praha: Grada, 2018. ISBN 978-80-271-0596-0.
17. BYDŽOVSKÝ, Jan. *První pomoc*. 2., přepracované vydání. Praha: Grada Publishing, 2006. ISBN 978-80-247-0680-1.
18. LEE, R.C., E.G. CRAVALHO a J.F. BURKE. *Electrical Trauma: The Pathophysiology Manifestations and Clinical Management*. Second. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. ISBN 978-0-521-38345-5.
19. KUTNOHORSKÁ, Jana. *Výzkum v ošetrovatelství*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2713-4.

20. *První pomoc při úrazu elektrickým proudem* [online]. Praha: České nakladatelství technické literatury, 2011 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: https://zachrannasluzba.cz/wp-content/uploads/2019/02/2011_elektroinstalater_uraz_elektrickym_proudem.pdf
21. BENNETT, David H. *Srdeční arytmie: praktické poznámky k interpretaci a léčbě*. Překlad 8. vydání. Praha: Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-5134-4.
22. ŠTEJFA, Miloš a kolektiv. *Kardiologie*. 3. přepracované a doplněné. Praha: Grada Publishing, 2006. ISBN 80-2477-034-2.
23. Kolektiv autorů. *Sestra a urgentní stavy*. Praha: Grada Publishing, 2009. ISBN 978-80-247-2548-2.
24. MARTÍNKOVÁ, Jiřina a kolektiv. *Farmakologie pro studenty zdravotnických oborů*. Praha: Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1356-4.
25. KOVÁŘÍK, Aleš, Mirek ŠULDA, Michal ŠNOREK a František TOUŠEK. Postavení noradrenalinu mezi vazopresory v léčbě kardiogenního šoku komplikující akutní infarkt myokardu. *Intervenční a akutní kardiologie* [online]. Olomouc: Solen, 2011, 2011, **10**(5-6), 223-224 [cit. 2019-04-02]. ISSN 1803-5302. Dostupné z: <https://www.iakardiologie.cz/pdfs/kar/2011/05/06.pdf>
26. TOMOVÁ, Šárka a Jana KŘIVKOVÁ. *Komunikace s pacientem v intenzivní péči*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-271-0064-4.
27. NAVRÁTIL, Leoš a kolektiv. *Vnitřní lékařství pro nelékařské zdravotnické obory*. 2. zcela přepracované a doplněné. Praha: GRADA Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0210-5.
28. BELICA, Ondřej. *Práce a záchrana ve výškách a nad volnou hloubkou*. Praha: Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-5055-2.
29. LOTT, Carsten. *Advanced life support*. Belgium: European Resuscitation Council, 2015. ISBN 978-907915-783-9.

30. MĚŠŤÁK, Jan, Martin MOLITOR, Ondřej MĚŠŤÁK, Lucie KALINOVÁ a kolektiv. *Základy plastické chirurgie*. Druhé. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2015. ISBN 978-80-246-2839-4.
31. Vyplňování Listu o prohlídce zemřelého (LPZ). *Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR* [online]. Praha: ÚZIS ČR, 2010, 2015 [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <http://www.uzis.cz/registry-nzis/list-prohlidce-zemreleho>

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Převodní systém [4, s. 97]	14
Obrázek 2 Popis fyziologické křivky EKG [8, s. 12]	17
Obrázek 3 Einthovenův trojúhelník [8, s. 13]	18
Obrázek 4 Rozložení elektrod [8, s. 13].....	18
Obrázek 5 Pozice jednotlivých unipolárních Wilsonových svodů [8, s. 14]	18
Obrázek 6 Goldbergovy svody [8, s. 15].....	19
Obrázek 7 Mechanismy úrazu bleskem (13, s. 88)	26
Obrázek 8 Mechanismy úrazu bleskem [13, s. 88]	26

11 SEZNAMU POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 Časový záznam o výjezdu RV	34
Tabulka 2 Časový záznam o výjezdu RV	36
Tabulka 3 Časový záznam o zásahu LVS.....	38
Tabulka 4 Časový záznam o výjezdu RV	39

12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Žádost k realizaci výzkumu	60
--	----

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva
Sportovců 2311
272 01 Kladno



Zdravotnická záchranná
služba hl. m. Prahy
Korunní 98
101 00 Praha 10

Strana 1/1

V Praze dne 1. 3. 2019

Věc: Žádost k realizaci výzkumu

Jméno vedoucího práce: Mgr. David Peřan DiS.

Jméno a příjmení žadatele: Jasmína Amoussa

Datum narození: 11.06.1993

E-mail: amoussajasmína@gmail.com

Obor studia: Zdravotnický záchranář

Téma závěrečné práce: Zástava oběhu po úrazu elektrickým proudem

Požadavek na sběr dat (dotazníková akce)
 poskytnutí informace

přesná specifikace):

Termín sběru dat: 01.03.2019 - 30.04.2019

Útvar, kde bude sběr dat probíhat: ZZS hl. m. Prahy


Výzkum bude probíhat kvalitativní formou výzkumu dokumentů. Se získanými daty bude nakládáno dle platných etických norem a bude zachována anonymita osobních dat.

Získaná data budou sloužit jako podklad pro zpracování bakalářské práce pod názvem: „Zástava oběhu po úrazu elektrickým proudem“.

Žádáme o povolení realizace výzkumu. Prosíme o sdělení Vašeho rozhodnutí.

Datum: 1. 3. 2019

Vyjádření instituce:

Souhlasím s poskytnutím anonymizovaných dat v podobě kazuistiky pro účely bakalářské práce.	
 Mgr. David Peřan 27709	Zdravotnická záchranná služba hl. m. Prahy Korunní 98, 101 00 Praha 10 IČ: 00638927 DIČ: CZ00638927

SPORTOVČŮ 2311
272 01 Kladno
ČESKÁ REPUBLIKA

IČ 68407700 | DIČ CZ68407700
BANKOVNÍ SPOJENÍ KB PRAHA 6
Č. Ú. 27-7380010287/0100

Příloha 1 Žádost k realizaci výzkumu