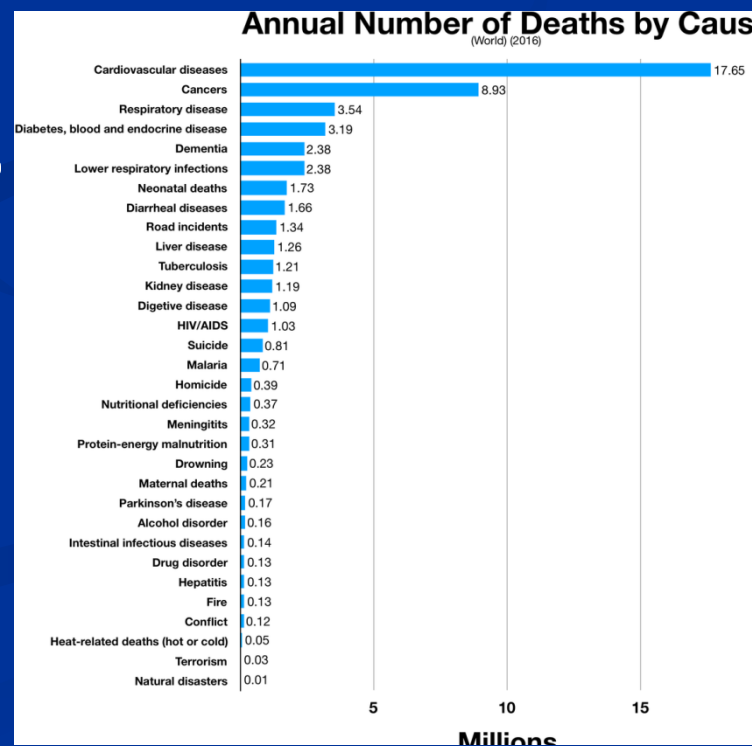


Dušení, Tonutí, Úrazy elektrickým proudem Crush syndrom

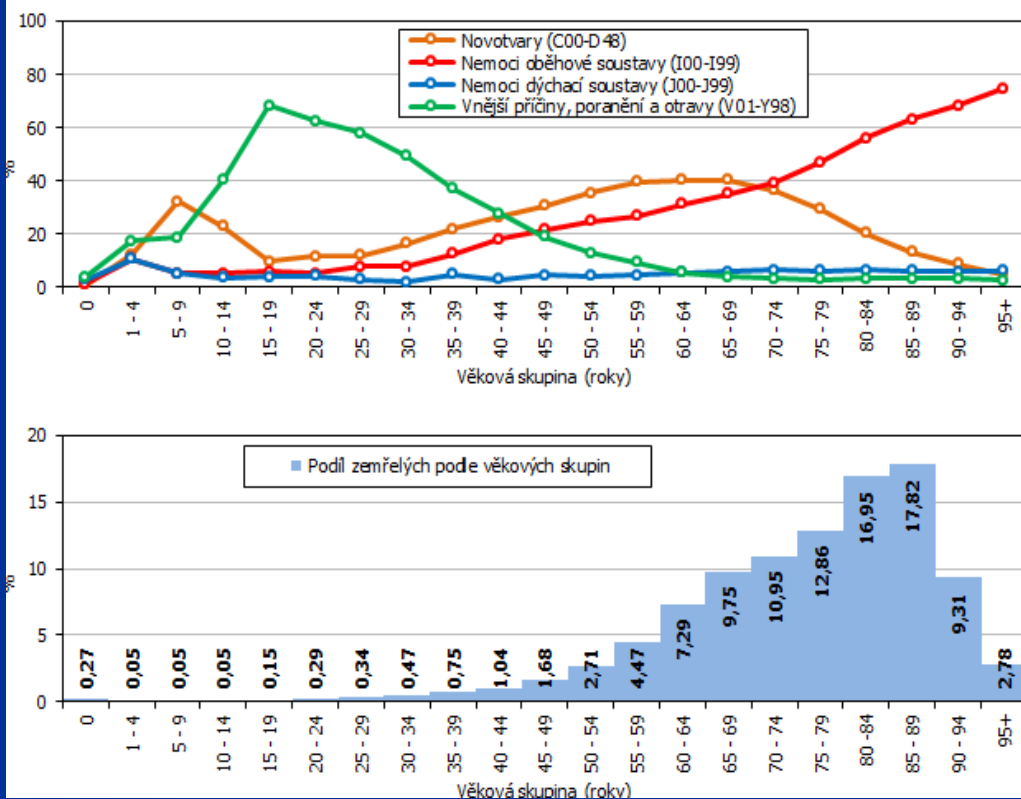
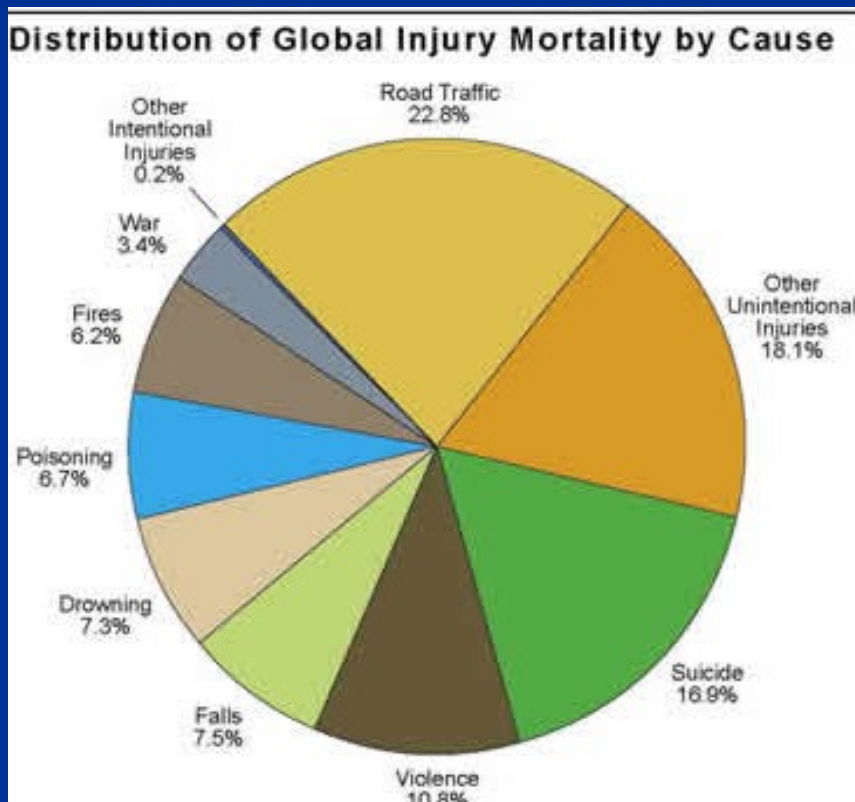
Klinika úrazové chirurgie
FN Brno-Bohunice

Morbidity, Mortality

- Cardiovascular diseases 51 %
- Neoplastic diseases 26 %
- Infectious diseases 6,8 %
-
- Trauma, external causes 5,9 %
- Respiratory disorders 5,6 %
- Gastrointestinal disorders 4,5 %
-



- Úraz - nejčastější příčina úmrtí a morbidity u dětí a dospělých do 45 let



- Dopravní nehody
- Pády – z vyvýšeného místa, na ledu, zakopnutí, bezvědomí, nevolnost
- Náraz do předmětu, pád předmětu na tělo
- Pracovní úrazy
- Poranění ostrým předmětem
- Násilné činy – pobodání, postřelení, napadení, týrání, vražda
- Pokus o sebevraždu, sebevražda
- Tonutí
- Popálení
- Poranění elektrickým proudem
- Přírodní katastrofy, živly
- Válečná poranění

Asfyxie - dušení

- **Dušnost** – dyspnoe - subjektivní pocit nedostatku vzduchu a ztíženého dýchání, provázený zvýšeným dechovým úsilím
 - Pouze u pacientů při vědomí
 - Častý důvod vyhledání lékařské péče

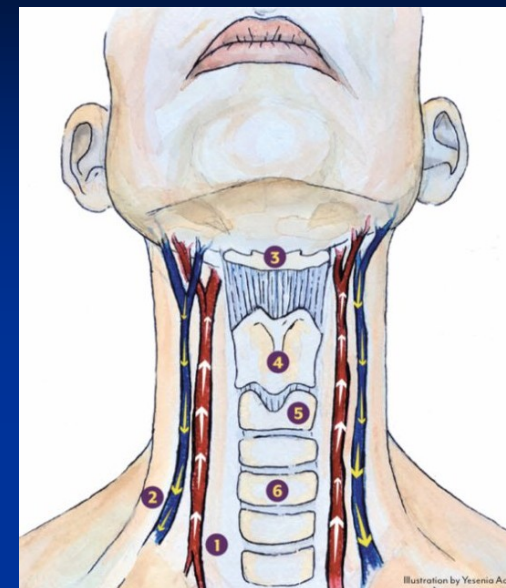
- **Dušení** – Asfyxie – patofyziologický děj vedoucí ke kritickému nedostatku kyslíku v organismu s rozvojem hypoxie, hyperkapnie, - působí ztrátu vědomí, zástavu akce srdeční a dýchání -> smrt



Asfyxie

- Vnitřní příčiny - interní choroby
- Vnější příčiny:
- Chemická asfyxie
- Chemická – blokáda přesunu O₂ z krve do tkání - vazba na hemoglobin / -Met, -CO, -SH/ intoxikace
- Blokáda nitrobuněčného dýchání / -CN/ intoxikace

- Asfyxie – fyzikální – mechanická
- Mechanická – kompresní (strangulační) – stlačení krku - magistrální cévy, dýchací cesty
Oběšení, rdoušení, škrcení



- Mechanická – obstrukční (sufokace) - ucpání, obstrukce nosu, úst – cizí tělesa, aspirace, tonutí
- Mechanická asfyxie - často nehody, úrazy, trestné činy

- Mozek a nervová tkáň spotřebuje cca 20 % kyslíku v organismu
- Projevy **časně hypoxie** – kvalitativní porucha vědomí – zmatenost, porucha krátkodobé paměti, poruchy smyslů zraku, při progresy kvantitativní porucha vědomí,
- Při progresi do **těžké hypoxie až anoxie**, po ukončení dodávky kyslíku, rozvoj nekrózy neuronů zhroucením energetického metabolismu buňky , nastává po cca 5 minutách

Ischemic brain injury

- Časná fáze – primární ztráta neuronů nekrózou
- Pozdní fáze – sekundární ztráta neuronů apoptózou za 6-24 hod po primárním inzultu

Stadia dušení

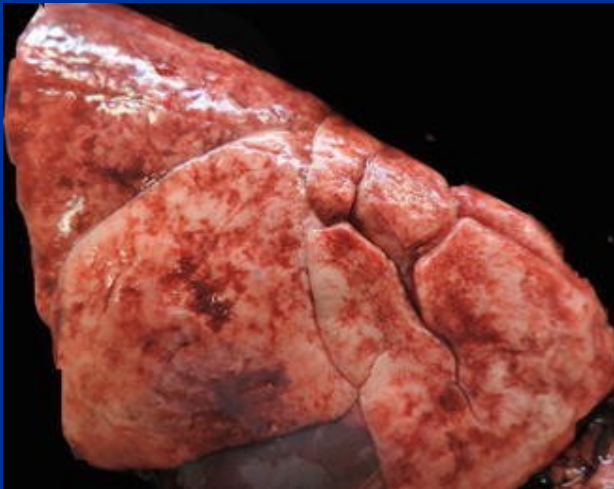
- **I. – dyspnoe** – pocit docházejícího dechu, elevace CO₂ – dráždění dechových center – hyperpnoe, tachypnoe, zapojení pomocných dech svalů, elevace TK, hypertenze, cyanoza sliznic, cca **25-50s**, po přerušení dodávky kyslíku do mozku bezvědomí za 10-20s
- **II. - konvulzivní** – prohloubení hypoxie, petechie, otok horní části těla, překrvení orgánů, sufuze, křečové záchvaty, odchot moči, stolice, komorová tachykardie/ fibrilace cca 2 min
- **III. – terminální** – apnoe, ustávání dýchání – mělké nepravidelné agonální, hypotenze, bradykardie, hyporeflexie, svalová relaxace, dilatace zornic, koma, srdeční zástava 1-2 min
- Respirační zástava cca 20s po kardiální zástavě, srdeční zástava cca 20 min po zástavě dechu

Morfologický nález při asfixii

- Vnější nález při dušení: cyanoza obličeje a otok obličeje, petechiální výrony v kůži obličeje, spojivek a víček či horní části trupu, zvýšená náplň krčních žil, rychlá tvorba posmrtných skvrn, odchod moči, stolice



- Vnitřní nález – překrvení orgánů, edém plic a mozku, sufuze pod serózními blánami,



■ **Mechanická strangulační asfyxie**

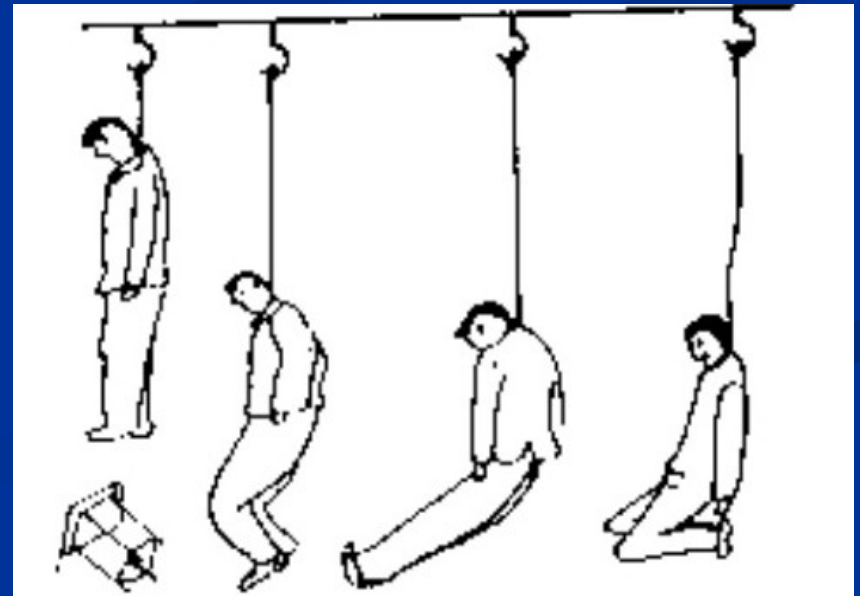
Strangulace - smáčknutí krku:

- Zamezení průtoku krve do mozku a venozní krve z mozku
- Uzávěr dýchacích cest v obl. Hrtanu, trachey
- Mechanické podráždění n. vagus – srdeční zástava

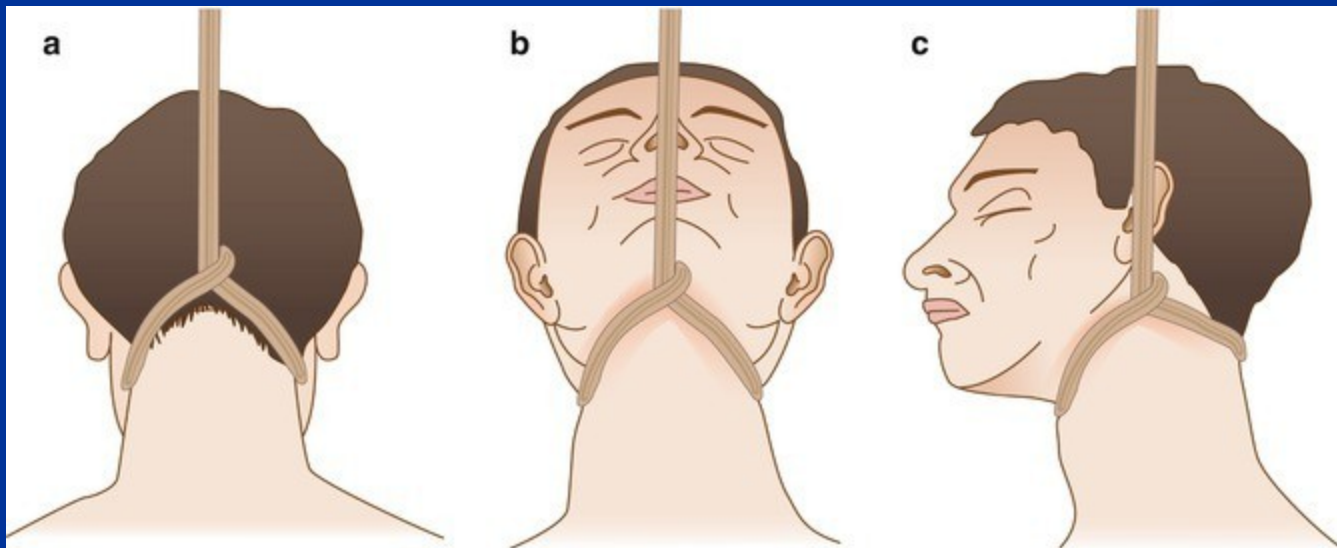
- Oběšení
- Uškrcení
- Zardoušení

Oběšení

- Mechanická kompresní asfyxie způsobená tlakem škrtidla při **úplném / neúplném** zavěšení těla na škrtidlo
- Nejčastější forma sebevraždy (cca 1/2 případů), (nešťastné nehody, trestní činy, justiční)
- Strangulační rýha – dle škrtidla, často inkompletní, nad štítnou chrupavkou



- Typické oběšení - uzel škrtidla dorzálně od roviny proložené boltci, co nejbliže střední čáře
- Atypické oběšení – uzel laterálně/ před rovinou procházející boltci



- Typické oběšení – intenzivní působení tlaku škrtidla na karotidy
- - rychlý rozvoj mozkové ischemie

- Atypické oběšení – asymetrické uložení uzlu, menší tlak na karotidu, stlačení žil, žilní městnání mozku, hlavy, krku – otok, cyanóza



Příčiny úmrtí :

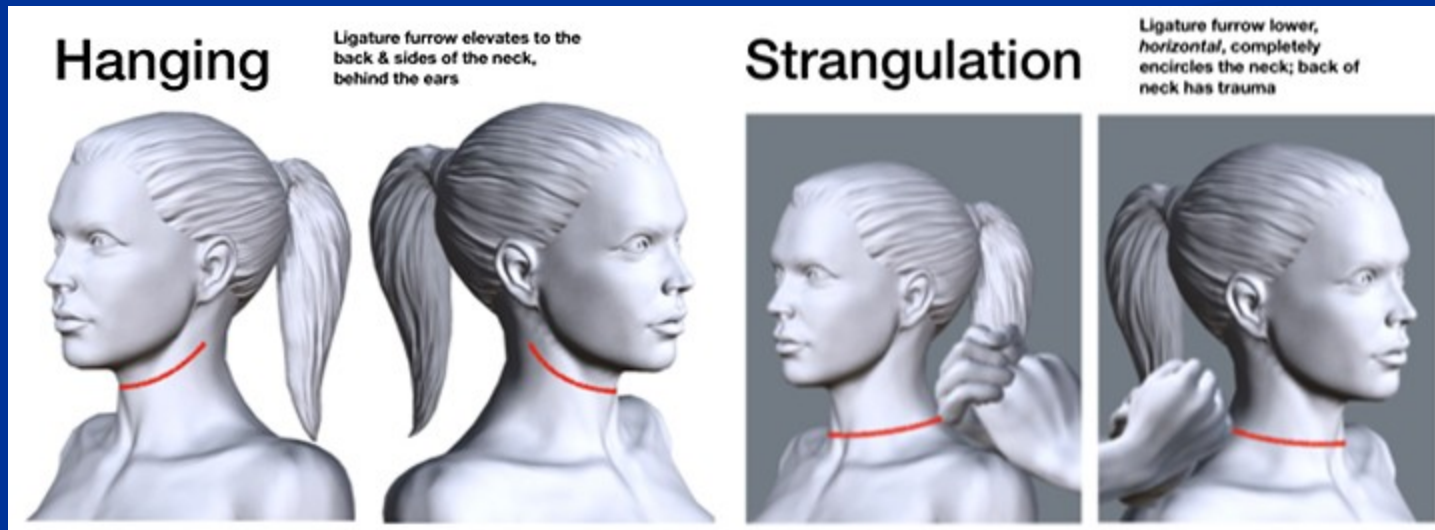
izolované působení či kombinace

- Smáčknutí krčních tepen a žil
- Reflexní srdeční zástava – stimulace N.X, n. laryngeus recurrens, karotický sinus
- Blokáda HCD – přímý tlak, zborcení chrupavčitých struktur, otok, hematom, zvednutí kořene jazyka
- Přímé poškození Cp, prodloužené míchy (long drop)

- Hlava cca 5kg
- Kompresie jugulárních žil 2kg
- Kompresie karotid 5kg
- Kompresie DC 15kg
- Kompresie vertebrálních tepen 20kg
- Kompresie karotického sinu

Uškrcení

- Mechanická kompresní asfyxie - utažení škrtidla manuální silou, předmětem, strojem (ne vahou těla)
- Násilné trestné činy, nehody
- Horizontální strangulační linie, často kompletní, níže uložené,



Morfologický nález shodný s oběšením

Příčiny úmrtí: shodné

- Smáčknutí krčních tepen a žil
- Reflexní srdeční zástava – stimulace N.X, n. laryngeus recurrens, karotický sinus
- Blokáda HCD, zvednutí kořene jazyka
- Přímé poškození Cp, prodloužené míchy
- Často delší průběh - edém hlavy, krku, petechie

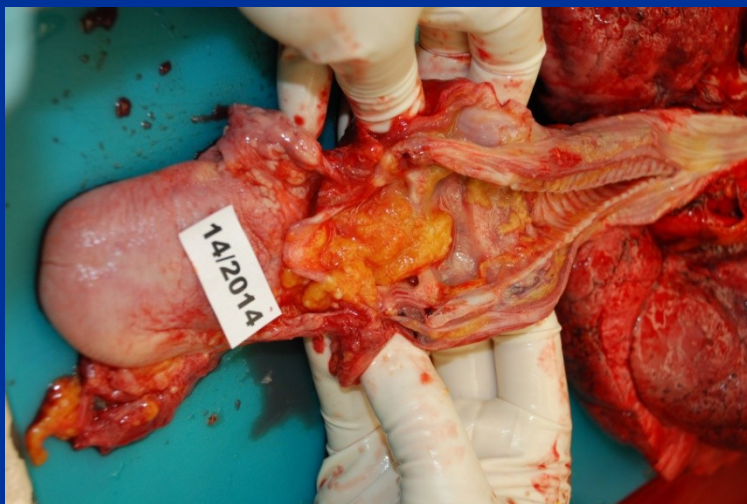
Zardoušení

- Stlačení hrdla brachiálním násilím, šlápnutím na krk
- Četné plošné hematomy měkkých tkání krku, exkoriace, zn. zápasu
- Zlomeniny štítné chrupavky, jazylky
- Menší komprese arteriálního řečiště, větší komprese DC a žil



Udávení

- Obstrukční sufokace - uzavření DC cizím tělesem, nejčastěji sousto v aditus laryngis
- Smích, kašel při jídle, opilost,
- Přerušování dýchání, ztráta vědomí,
- terminální asystolie



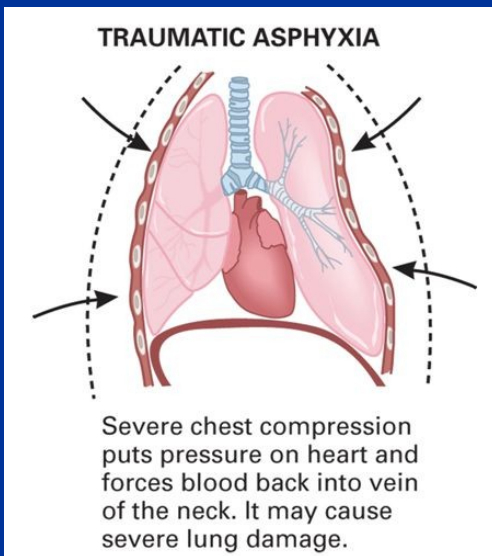
Udušení zakrytím dýchacích otvorů

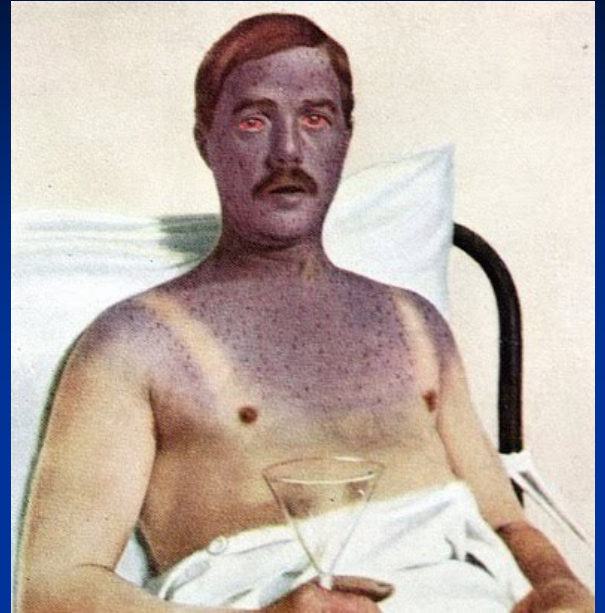
- Současná obturace – zakrytí nosu a úst
- Násilná trestná činnost, nehody
- Oděrky a otok kolem nosu a úst, v DÚ
- Světlý okres v místě přiložení



Traumatická asfyxie

- Perthesův syndrom, blue mask syndrome
- Mechanická kompresivní asfyxie způsobená zábranou výměny dýchacích plynů při náhlém zavalení těla nebo stlačení hrudníku/břicha těžkým břemenem
- Komprese hrudníku – zvýšený žilní tlak - krevní stáza nad místem komprese – otok, ekchymózy a petechie, cyanóza v obl. krku a hlavy, slizniční sufuze – syndrom modré masky,

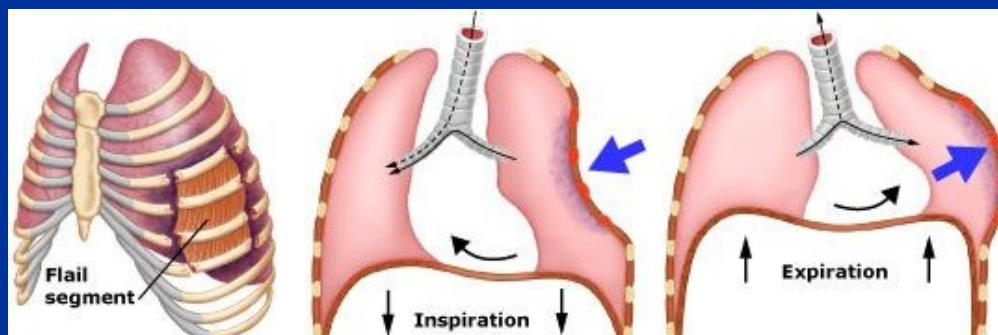




- Zavalení, zasypaní, uváznutí ve zúžených prostorech, umačkání v davu, motonehody

Přidružená poranění:

- Sériové zlomeniny žeber, vlající hrudník
- Plicní kontuze
- Pneumothorax,
- Hemothorax
- Crush syndrom

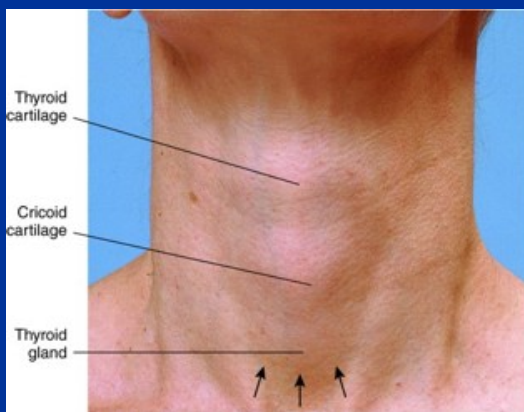


Klinické zn. Strangulačního poranění

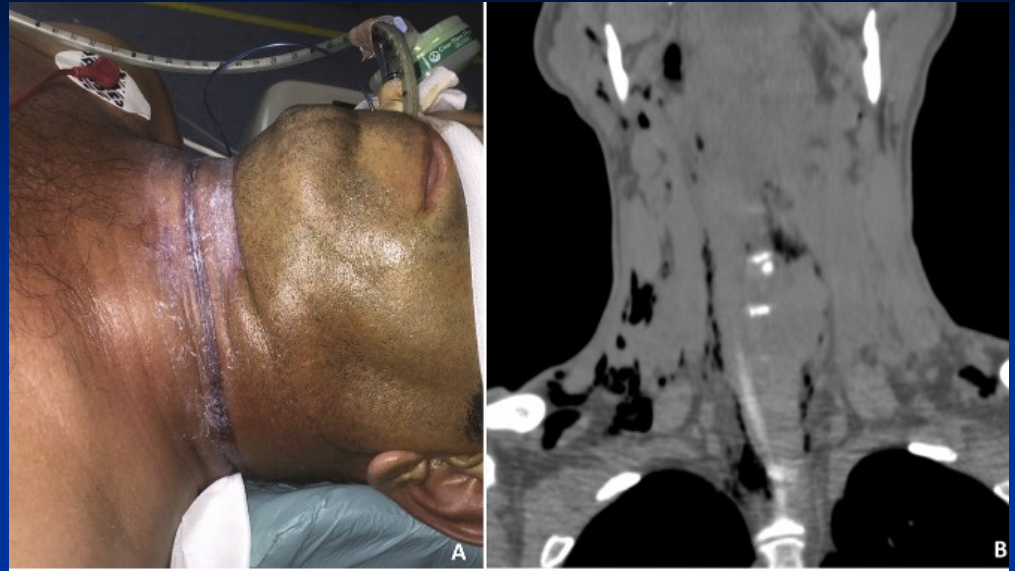
- Strangulační známky (hyperemie / ekchymozy)



- Petechie – spojivky, slizniční, kůže nad strangulací - kapilární ruptury při kongesci
- Ztráta kontury laryngu na krku otokem



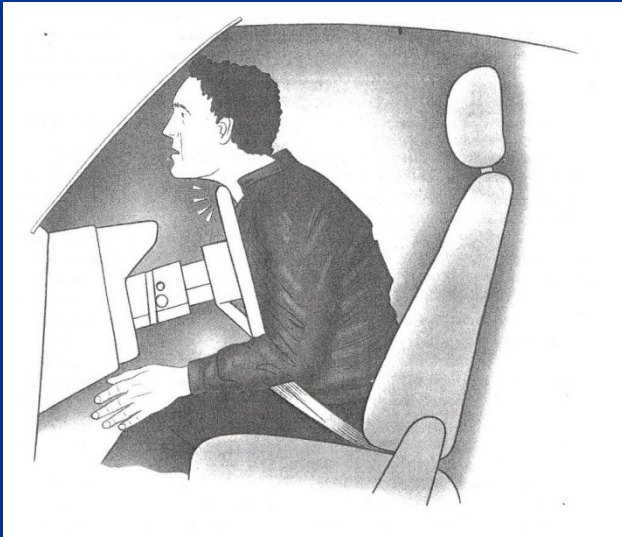
- Podkožní emfyzém krku, krepitace laryngu, rány
- Expandující hematom
- Defigurace trachey



- Změny stavu vědomí – amnesie, somnolence, koma
- Neurologický deficit / lateralizace na končetinách
- Dysfonie, afonie
- Dysfagie, odynofagie
- Dušnost, stridor, hemoptýza, laryngeální bolest

Mechanické poranění oblasti krku

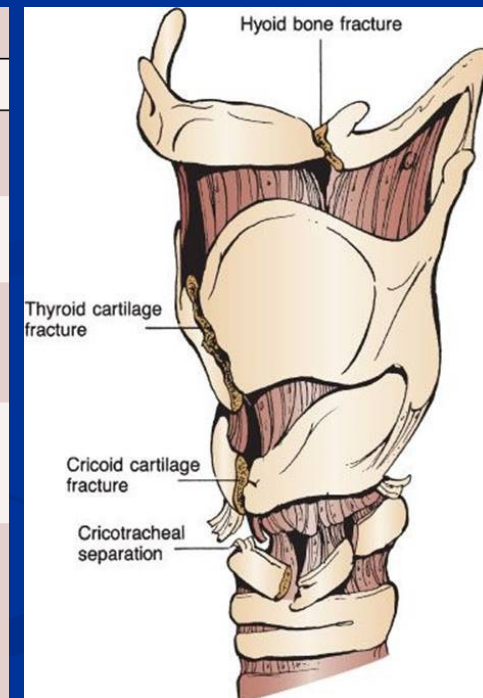
- Tupé poranění krku - strangulace, moto/autonehody, sportovní úrazy, clothesline injuries
- Prudká decelerace, hyperextenze krku, komprese přední části krku o překážku / břemenem proti C páteři



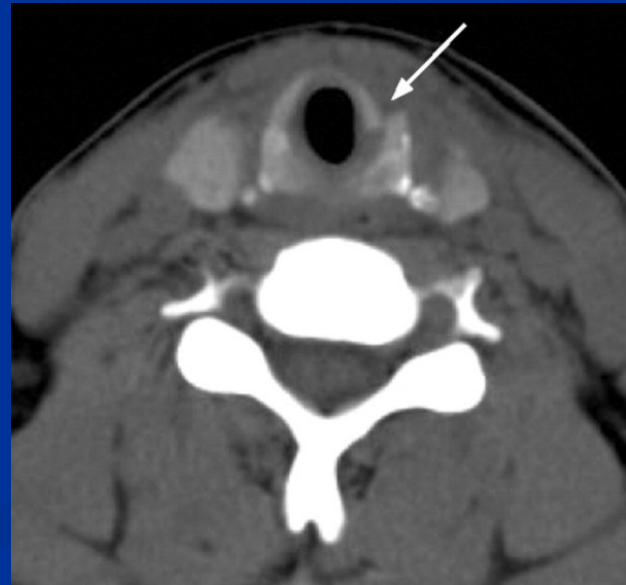
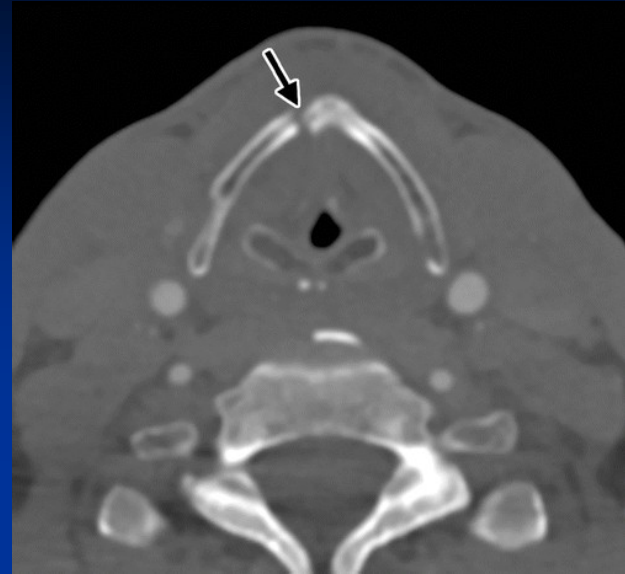
- Kontuze měkkých tkání + hematom, slizniční lacerace
- Fraktury laryngálního skeletu
- Laryngotracheální separace

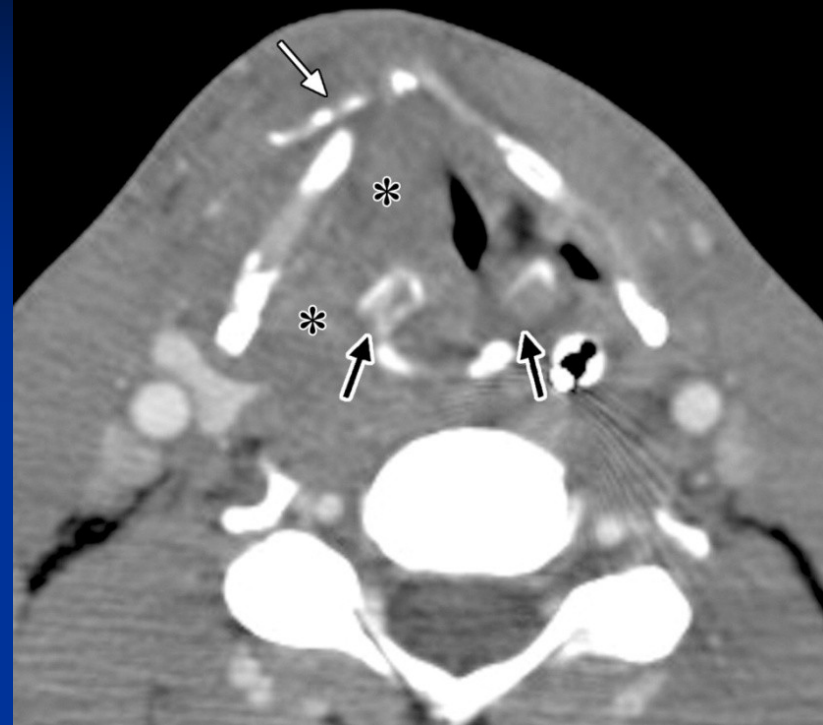
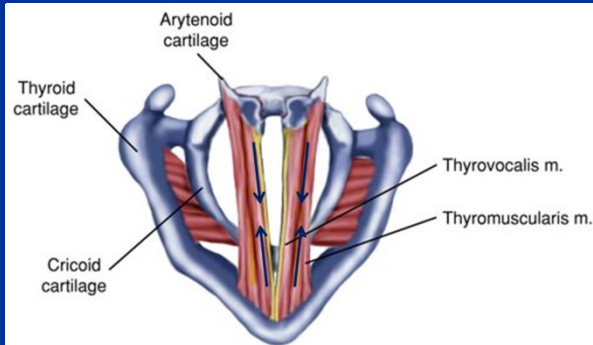
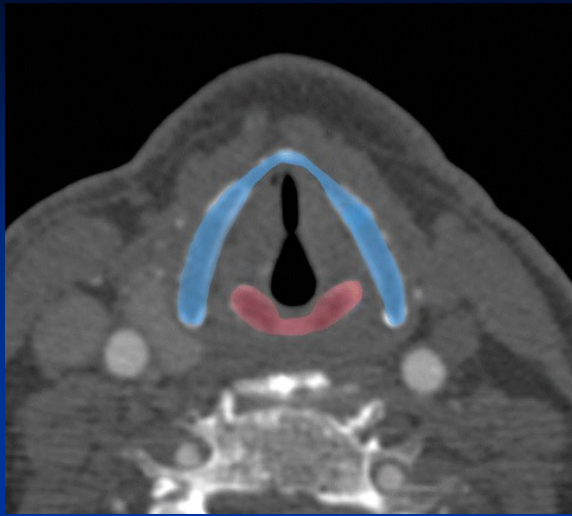
Table 3 Evaluation and management based on the Schaefer Classification System

Group	Evaluation	Management
1	Flexible fiber optic laryngoscopy	Generally medically managed and do not require surgical intervention. Helpful adjunctive medical treatments include steroids, antibiotics, humidification, voice rest
2	Direct laryngoscopy and esophagoscopy	Serial examinations, since the injuries may worsen over time. These injuries infrequently require a tracheostomy. Helpful adjunctive medical treatments as described above
3	Direct laryngoscopy and esophagoscopy performed in the operating room	Tracheostomy and surgical repair are often required. The following injuries of the larynx require surgical repair: disruption of the anterior commissure, major endolaryngeal lacerations, vocal cord tear, immobile vocal cord, cartilage exposure, displaced cartilage fractures
4	Direct laryngoscopy and esophagoscopy performed in the operating room	Tracheostomy is always required Surgical repair requires stent placement to maintain the integrity of the larynx
5	These patients present in severe respiratory distress and therefore endoscopic evaluation is delayed until an airway is secured	Disruption of the airway usually occurs above or below the cricoid cartilage, either at the cricothyroid membrane or cricotracheal junction (<i>Figures 1,2</i>). The airway is usually temporarily established using an endotracheal tube inserted through the neck directly into trachea distal to the site of transection (<i>Figure 3</i>). A complex laryngotracheal repair is then performed through a low cervical incision (<i>Figure 4</i>)



- Riziko otoku dýchacích cest - otok časný x pozdní





- Multiple displaced fractures in a 37-year-old man after manual strangulation. Axial CT image shows a displaced fracture of the thyroid cartilage (white arrow) and bilateral displacement of the arytenoid cartilages (black arrows). Anterior and posterior hematomas (*) efface the piriform sinus and result in airway obstruction.

- Zlomenina jazyky – závislé na stupni osifikace dle věku, konzervativní potup
- Oběšení - jazyka, horní rohy štítné chrupavky cca 30%
- Laryngohyoideální komplex – rdoušení, škrcení, úrazy, iatrogeně OTI
- Repozice a stabilizace dislokovaných zlomenin laryngeálních chrupavek / hlavně cricoidní a štítná/ s ošetřením měkko- tkáňových defektů

Laryngeal framework

Stable:

No fractures

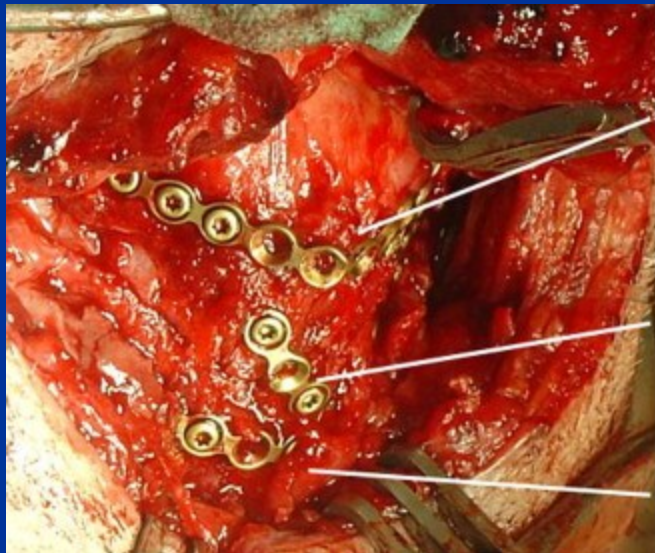
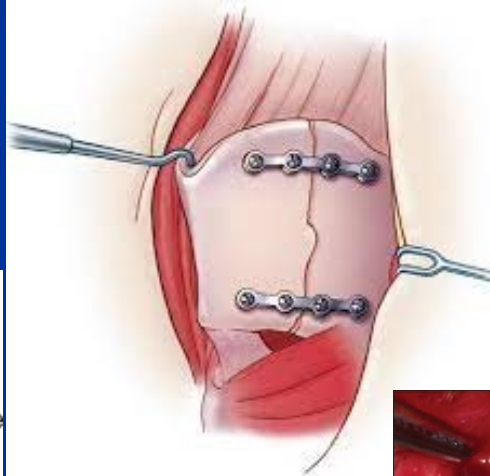
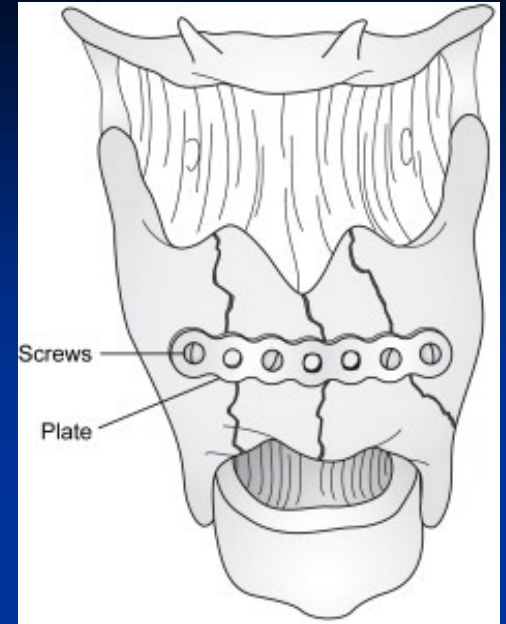
A single undisplaced fracture

Unstable:

A single displaced fracture

>1 fracture line

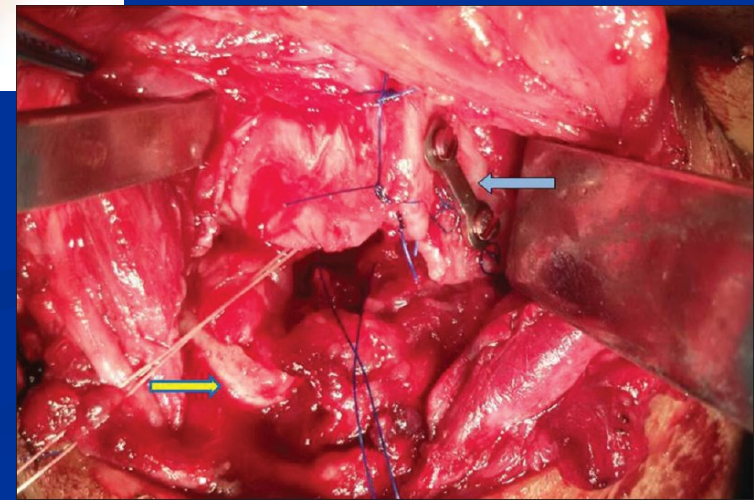
Cricoid fracture



Upper edge of thyroid cartilage

Level of vocal folds

Cricoid



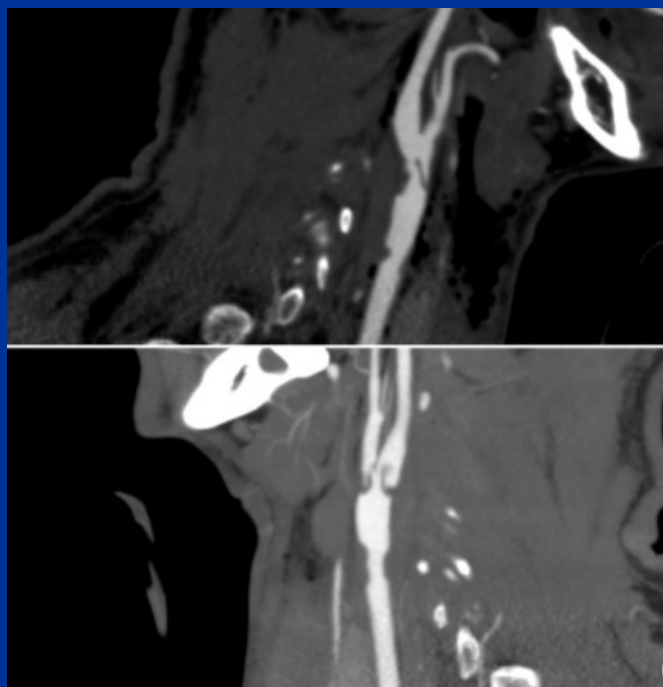
- Konzervativní terapie „minor injuries“
- Klid na lůžku
- Hlasový klid
- Elevace horní poloviny těla
- Lokální chlazení
- Vlhký chladný vzduch
- Analgetika, výživa sindou, parenterálně, PPI
- ATB při slizničních defektech
- kortikoidy

Cévní krční poranění

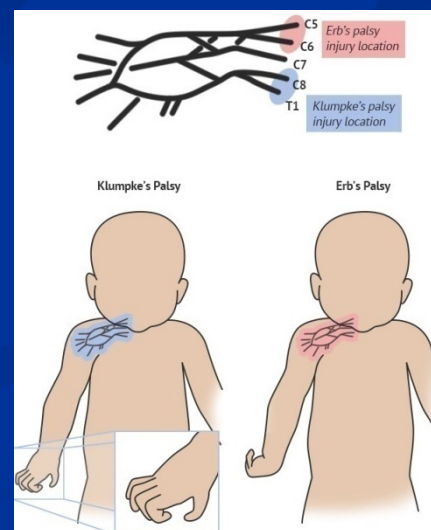
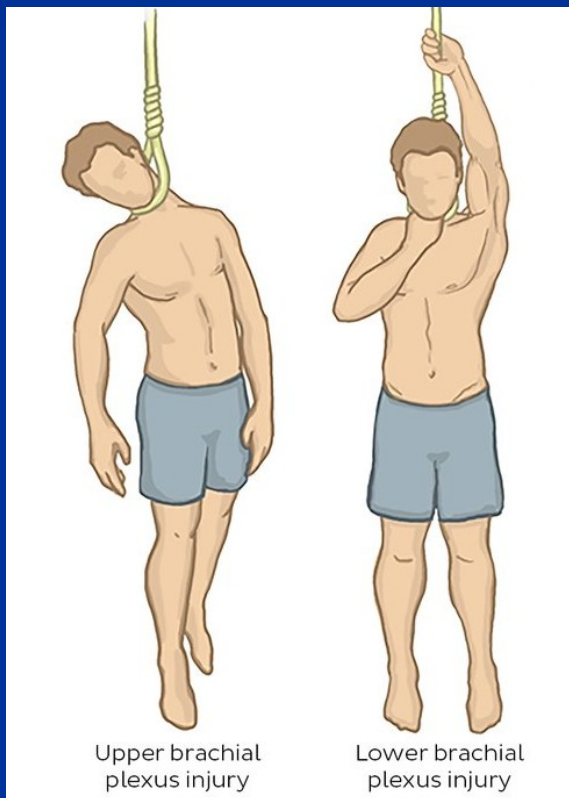
- Tupé poranění arteriální cévní stěny – z distenze, komprese proti výběžků C páteře
- Amussatovy trhliny intimy – predispozice vzniku nástěnné trombózy - asymptomatické akutní období, riziko pozdní trombózy / trombembolie
- Kombinace trhliny intimy + medie
Riziko: disekce,
intramurálního hematomu, ruptury
- elongace arterie, žíly při oběšení se zúžením lumen



- 4 tepny
- CT Ag - protražované bezvědomí, neurologický deficit
- UZ Doppler - 0 bezvědomí, 0 neurologický deficit, + petechie, ekchymózy měkkých tkání



■ Riziko poranění brachiálního plexu



Poranění krční páteře

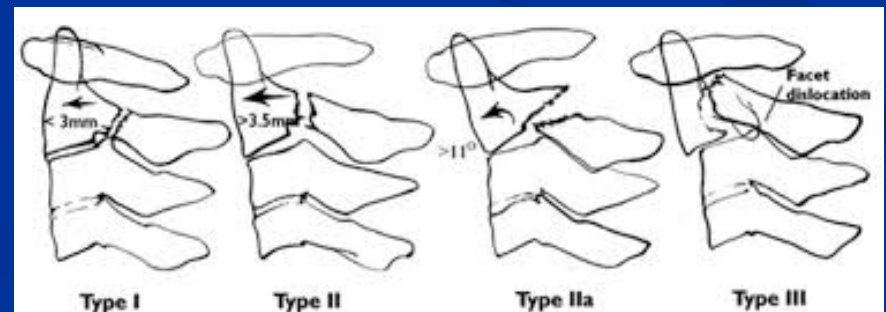
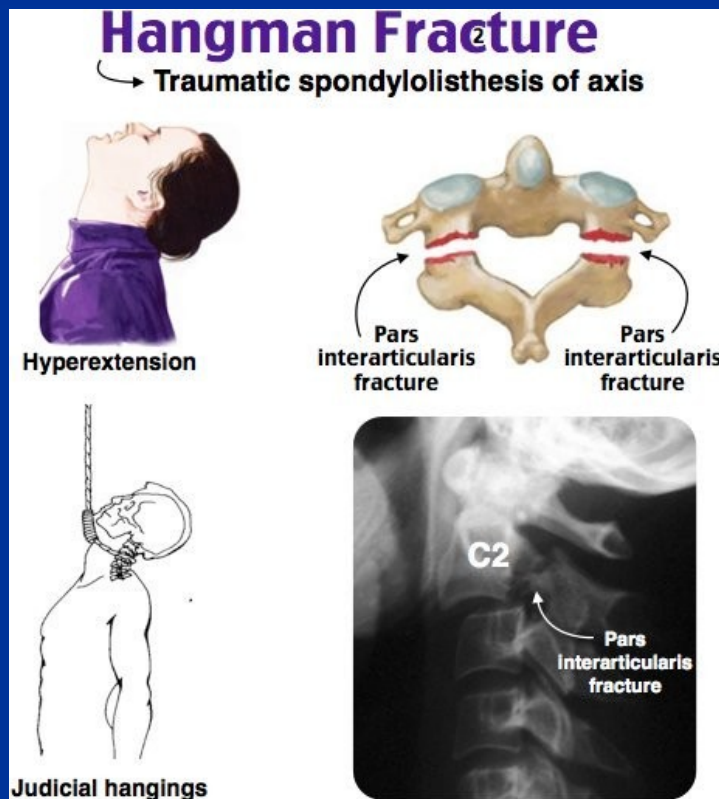
- Poranění C₇ cca v 5 % případů
Spíše příčné a spinozní výběžky
- Neúplné oběšení, „low drop“

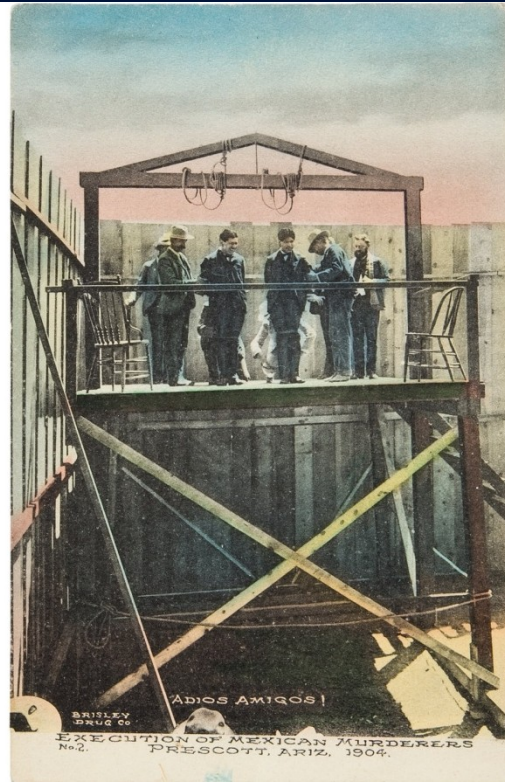
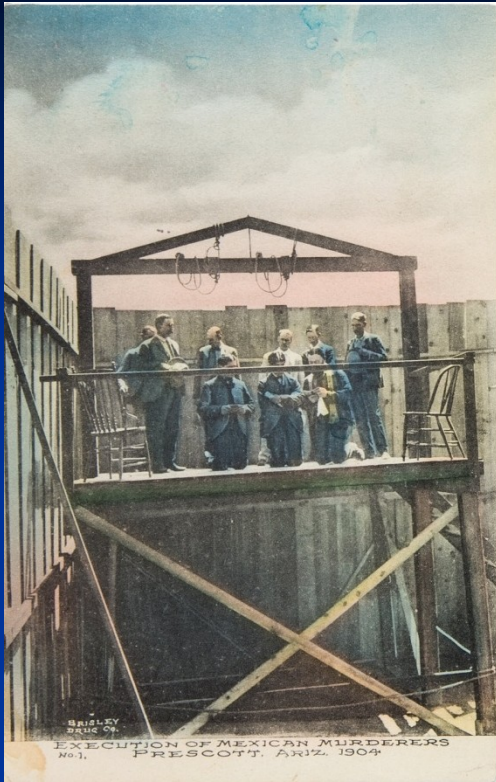
Škracení šátkem zapleteným do zadního kola motocyklu

- Imobilizace C páteře
vyloučení poranění skeletu



- Justiční oběšení
„Long drop“
- Katovská zlomenina - traumatická spondylolistéza C2
poranění prodloužené míchy





- RTG – emfyzém, deviace trachey, fr. jazylky, fr. Cp
- CT – zobrazení kostních struktur, chrupavek, otok měkkých tkání, hematomy, otok mozku, hypoxicko-ischemická encefalopatie
- MRI – nejpresnější zhodnocení hlubokých měkkých tkání krku, chrupavek, laryngu, cév, postižení míchy, hypoxicko-ischemické postižení mozku
- CT Ag
- UZ doppler karotid - senzitivita cca 85%

management

- Minimální až žádné zn. traumatu a kongesce, bez neurol. deficitu, amnezie
 - dimise
- Epizoda bezvědomí, protrahované bezvědomí + neurologický deficit
 - primary survey ABCD, JIP monitorace
- Změny hlasu, evidentní strangulační zn., petechie
 - ? - Zobrazovací došetření, krátkodobá observace
- Psychiatrické došetření u suicidia

Tonutí, utonutí

- Obstrukční asfyxie způsobená vdechnutím kapaliny do dýchacích cest a plic
- Utonutí - úmrtí – udušení po ponoření do kapaliny nebo do 24 hod. od potopení
- Tonutí – postižený přežívá min. více jak 24 hod od topení, většinou spojeno s asfyxií vyžadující akutní terapii
- Ponoření nosu a úst
- Přírodní a umělé vodní plochy, vany, kbelíky, louže, jezírka



- ČR cca 200 – 180 utonutí/ rok
- 2. nejčastější příčina úmrtí do 15 let
- Děti do 5 let
- Adolescenti
- Starší

- Predominantně muži

- Alkohol, drogy



- Tonutí ??????



- Aquatic distress

Křik, volání o pomoc, ruce nad hlavou, pohyb

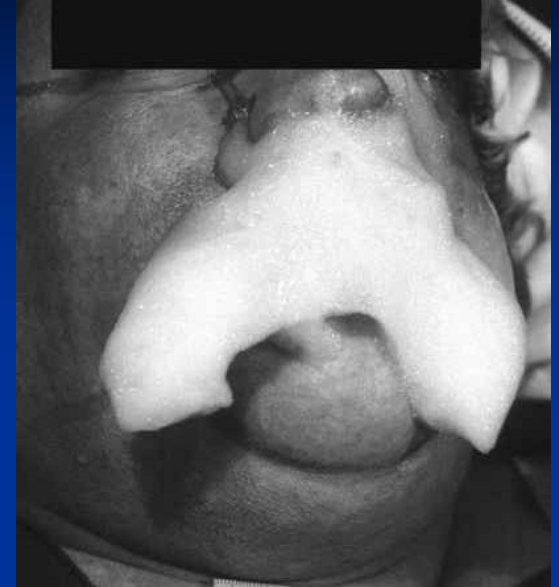
- Probíhá rychle, skrytě, **tiše** cca 20-60s
- Hlava nízko ve vodě, ústa v úrovni vodní hladiny
- Vertikální poloha, neschopen pohybu k záchraně
- Zakloněn hlava s otevřenými ústy
- Rychlý dech, lapání vzduchu
- Ruce v úrovni hladiny či pod



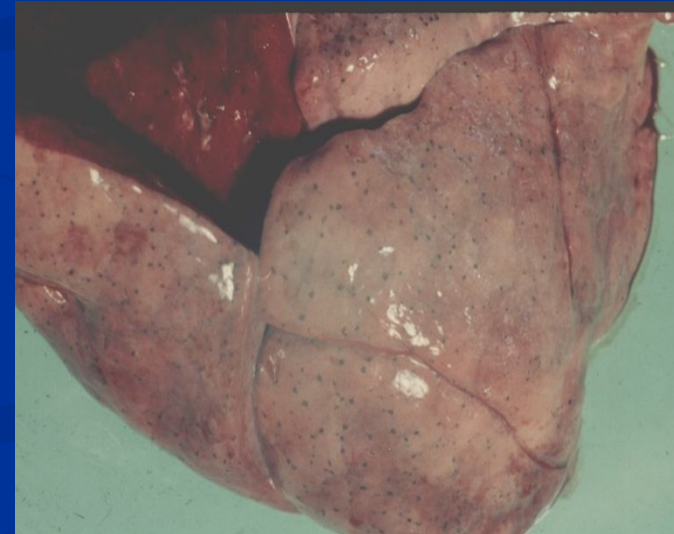
- „Fáze boje“ udržet se nad hladinou, neúčelné pohyby, střídavé ponoření, vynoření
- Vědomá apnoe/ apnoe/ laryngospasmus cca 30-60s
- Dyspnoická fáze - vdechování vody, polykání vody – zvracení s aspirací, hypertenze, tachykardie
- Konvulzivní fáze - , křeče, hyporeflexie, preterminální apnoe,
- Terminální dechy gasping a apnoe – respirační, srdeční zástava

Morfologický nálezný utonutí

- Petechie +/-
- Pěna u úst, v DC



- Vzednutí plic - emphysema aquosum
- Plicní edém – edema aquosum - moře
- Žaludek naplněný vodou

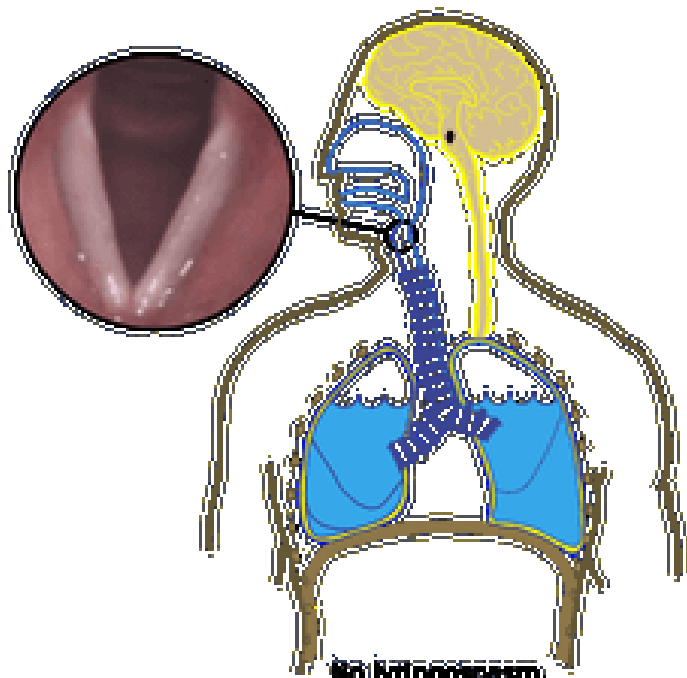


Formy tonutí

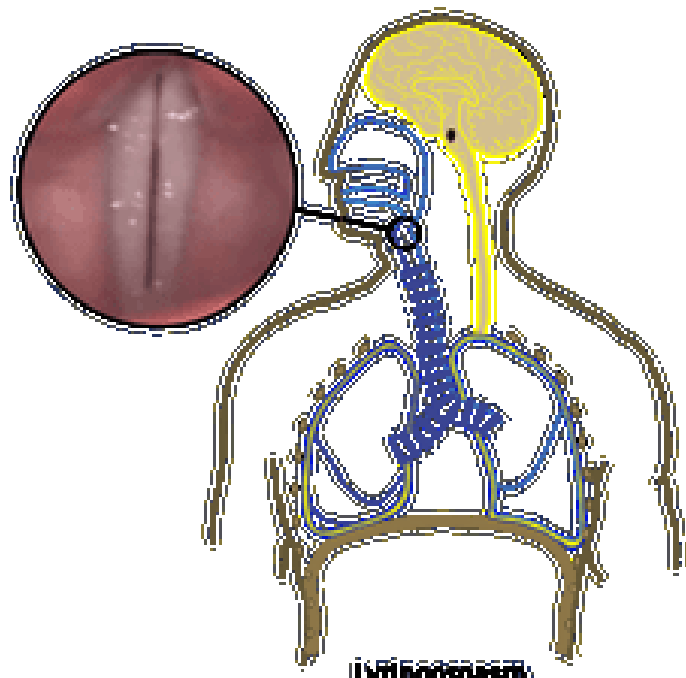
- Typické tonutí - „mokrý“ cca 85-90% - vniknutí vody do DC a plic
- Obstrukce DC vdechnutou kapalinou / aspirace zvratků
- Zpěnění vody v DC, emfyzém plic
- Vyplavení / denaturace surfaktantu - kolaps plicních sklípků - atelektáza - A-V zkraty - potenciace hypoxie
- Aspirovaná voda z plic se nedá odstranit – (Heimlich, polohování – zvracení)

- **Tonutí ve sladké vodě**
- Hypotonický roztok – rychlé vstřebávání do plicních buněk - edém sliznice bronchiolů
- Ruptura buněk alveol. výstelky– fokální plicní hemoragie, redukce plicního povrchu
- Vstřebávání do oběhu - **Hemodiluce** – přetížení oběhu
 - **Hemolýza** erytrocytů, hypo Na⁺, Cl⁻, Ca²⁺
 - **Hyperkalemie**, AKI - hemoglobinurie
- Hyperkalemie + hypoxie - VT -> FiK_o
- Chlorovaná voda – bazény – vysoká toxicita pro respirační epitel

- **Tonutí ve slané vodě** – progresivnější změny
- Hypertonický roztok - omezené vstřebávání do oběhu
- Osmoticky váže intersticiální tekutinu - akutní výrazný edém plic
- Oběhová **hemokoncentrace** – hyper Na⁺, Cl⁻, hypovolemický šok - zástava - FiKo / asystolie
- Rozdíly patrné pouze při aspiraci masivního množství vody, u obou dominují respirační poruchy
- AV shunt cca 2,2ml/kg změny objemu, elektrolytů > 10ml/kg



No laryngospasm.
Victim's lungs are wet.



Laryngospasm.
Victim's lungs are dry.

- Atypické „suché“ tonutí – minimum vody v DC – vzniká laryngospasmus - přechodný - následně částečně aspirace vody
 - perzistentní - hypoxická asfyxie, bez přidruženého „vodního“ poškození
- **Syndrom z ponoření** - vagální inhibice - bradykardie – asystolie
- Úder na epigastrium při doskoku na hladinu
- Ponoření do studené vody – zalití bubínku, nosu, laryngu

- Rozhodující vliv na přežití má délky hypoxie a návrat obnovy oběhu - časná resuscitace

+

- Délka ponoření
- Teplota
- Druh vody



- Tonutí ve studené vodě < 21 st C, – intenzivní resuscitace i při dlouhém intervalu tonutí 30min

- Časná záchrana - vytažení z vody do 1 minuty - dyspnoická fáze - často ještě kašel a spontánní obnova ventilace
- Časně – nejdůležitější obnova ventilace
 - uvolnění DC, záchranné vdechy, ambuing
- Cyanóza, epizoda poruchy vědomí
- Epizoda apnoe
- Oběhová stabilita

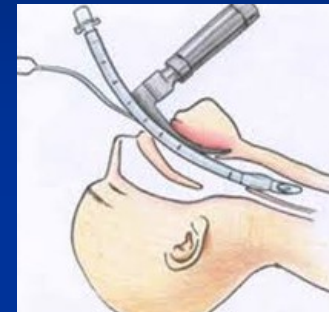
- Srdeční zástava cca 20 min po zástavě dechu, respirační zástava cca 20s po kardiální zástavě
 - (pulz obtížně hmatatelný - arytmie, hypotermie, centralizace)

- Při plném vědomí, bez klinického nálezu
- Změněné vědomí, klin. změny
- Komatózní pacient, po KPR

- Primary survey - ABC postup



- Airway - uvolnění a průchodnost DC



- Breathing - záchranné vdechy , oxygenoterapie, UPC
auskultace - atelektáza - chrupky/ oslabení
cyanóza, tachypnoe, kašel,



- Circulation - komprese hrudníku

- Přidružená poranění



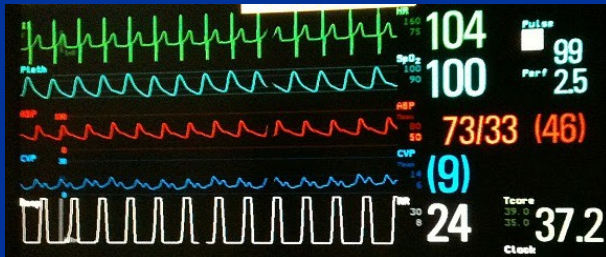
- Anamnéza tonutí
- Nález z primary surey
- Zhodnocené klinického stavu - rozhodnutí o dalším managementu
- Zhodnocení rizika - Syndromu sekundárního tonutí

Management

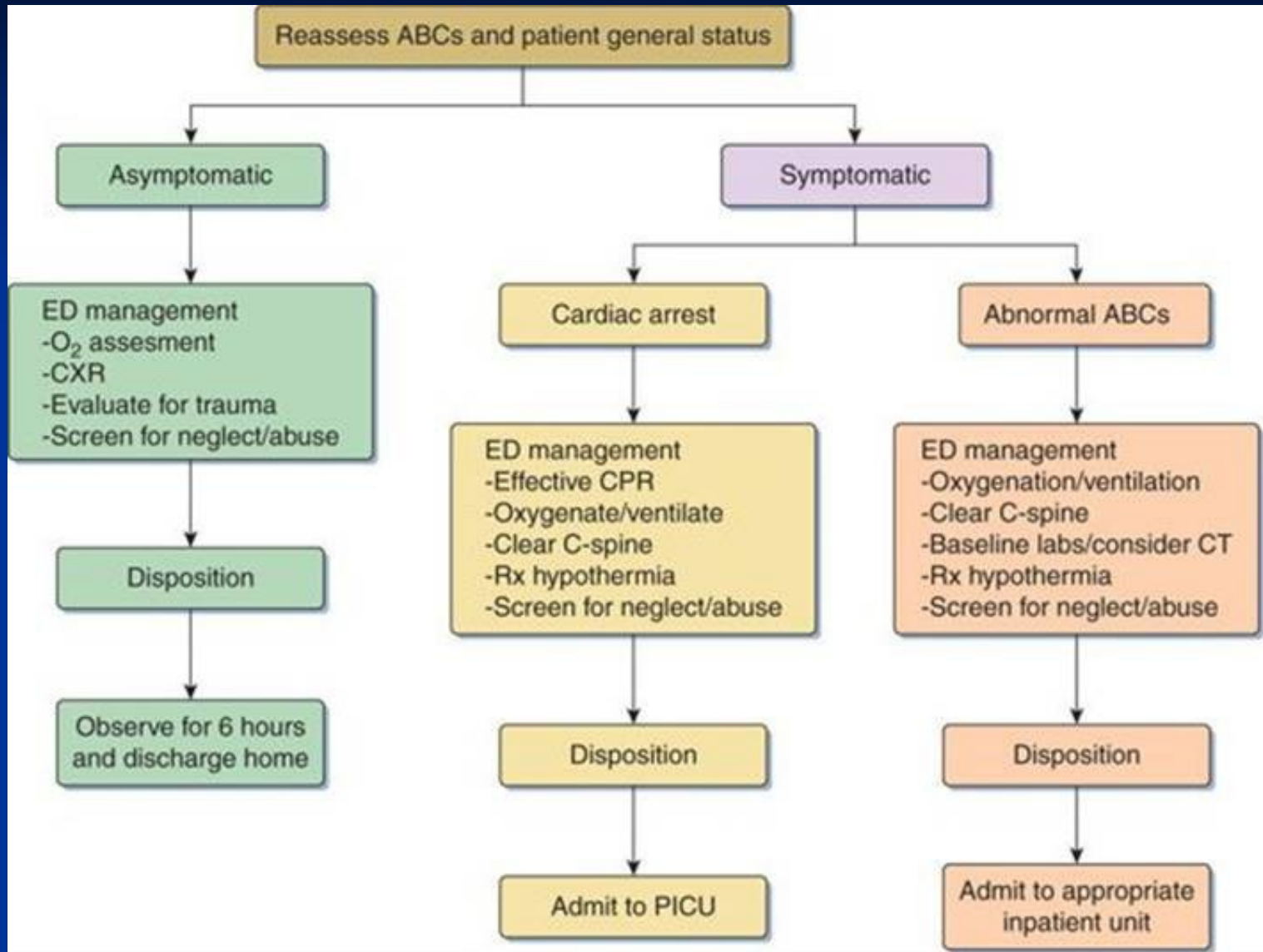
- VF, oxymetrie, EKG, RTG S+P, labo - BCH, KO, (koagul.), observace 6-24 hod po každém tonutí
- Riziko - Syndrom sekundárního tonutí
- (SpO₂ >95% air, normální stav vědomí, respirační nález)



- Oxygenoterapie, NGS, neinvazivní ventilace, ABL kont. monitoring



- Intubace, UPV s pozitivním přetlakem PEEP, ABL, poresuscitační následná péče, terapie komplikací



- Dostatečná oxygenaca / ventilace $SpO_2 > 95\%$
 - NIV / UPV + PEEP 5-10 cm
- Léčba bronchospasmu – nebulizace – beta2sympatomimetika
- Bronchoskopie
- Léčba hypotermie $< 34^{\circ}\text{st}$
- ATB cíleně při vzniku bronchopneumonie
- ?? Surfactant
- Poresuscitační hypotermie – stav po KPR – hypertermie
 - mechanické chlazení ns $32-34^{\circ}\text{st}$ po dobu 12-24-(72) hod
- Léčka MODS



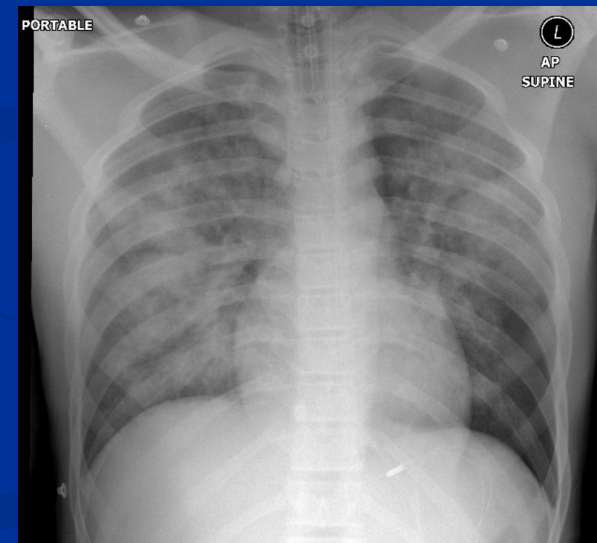
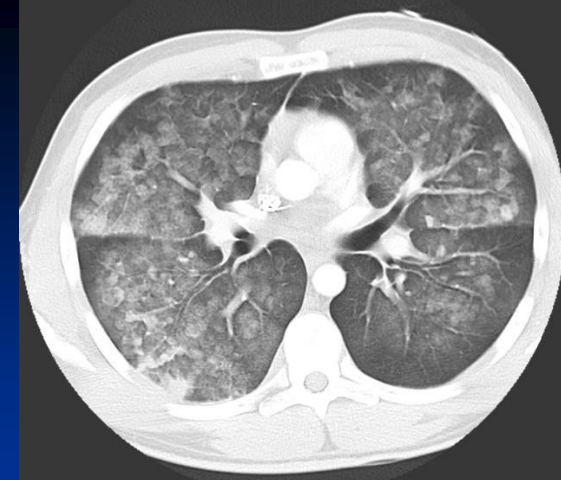
Orlowsky skóre

- Věk < 3
- Délka ponoření > 5min
- Chybějící resuscitace prvních 10 min
- koma při přijetí, (GCS<5, mydriaza)
- Metabolická acidoza < 7.1 při přijetí
- Asystolie při přijetí
< 3 - 90% přežití ,, > 3 - 5% přežití



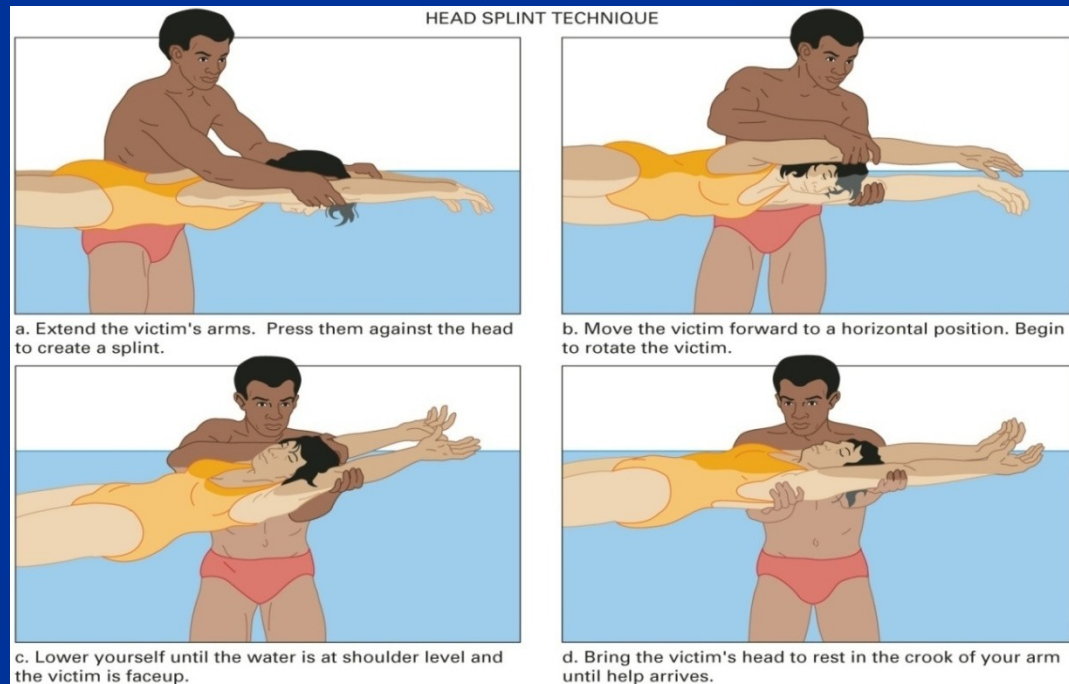
komplikace

- Atelektázy
- Plicní edém / ARDS
- Pneumonie primární x sekundární
- Otok mozku / hypoxicko-eschmická encefalopatie
- AKI – tubulární nekroza
- Metabolická acidoza
- DIC
- Přidružená poranění - Cp



Přidružená poranění

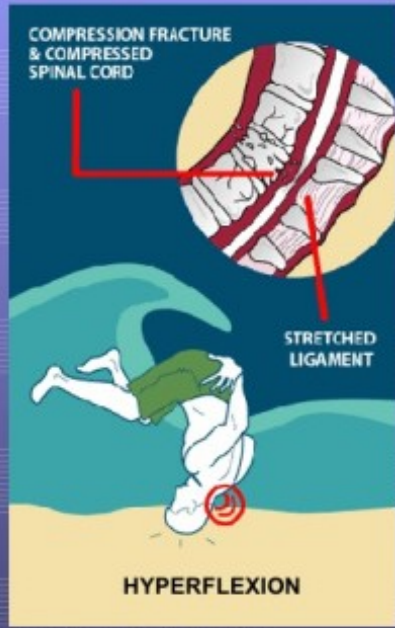
- Hlavně C páteř cca 1 %
- Anamnéza úrazu, zn. poranění - imobilizace
- Skok do mělké vody, pády, srážky
- Poranění hlavy, páteře,
- ztráta vědomí, neurologický deficit – sekundární tonutí



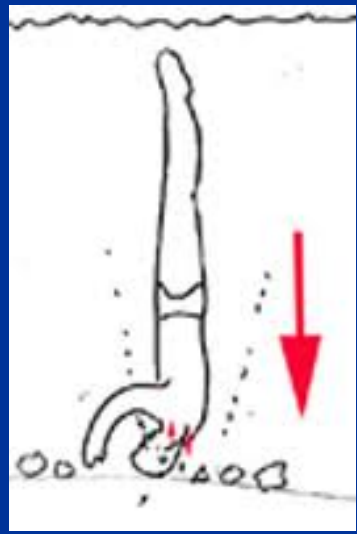
SCI Mechanisms of injury



Projet Wipeout. Hoag Memorial Hospital Presbyterian Newport Beach, Ca. EUA.



Projet Wipeout. Hoag Memorial Hospital Presbyterian Newport Beach, Ca. EUA.





Poranění elektrickým proudem

- Děti do 7 let
- Adolescenti
- Dospělí – pracovní/domácí
- Cca 100 závažných úrazů

What Is An Electric Shock

◦An electric shock occurs when someone comes in contact with an electric energy source.

or

◦It is the physiological reaction or injury caused by electric current (AC/DC) passing through the human body

Electrical Shock

The body becomes part of an electrical path.

Broken Terminal

Line-to-ground fault energizes metal parts.

1000 Ohms

120V

$I = E/R$
 $120V/1000\Omega = 120\text{ mA}$

Grounded Object or Surface

Copyright 2012 Mike Holt Enterprises, Inc.

- Úmrtí el. proud cca 50-30/rok (2006 – 33)
- 85% muži
- Domácí prostředí
- Pracovní úrazy (úmrtí cca do 10/rok)



El proud

- Rozsah poranění elektrickým proudem:
- Velikost proudu (A)
- Druh proudu – stejnosměrný, střídavý
- Velikost napětí (V)
- Odpor těla
- Frekvence
- Délka působení
- Dráha průchodu

El proud

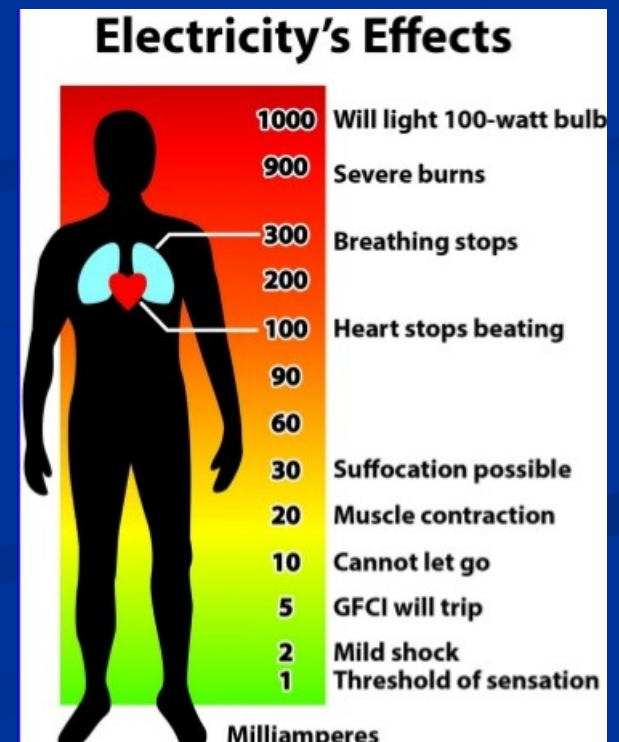
- $I [A] = U / R$
- El. proud – množství elektronů procházející vodičem za jednotku času

Typ proudu

- stejnosměrný - baterie, oblouk, blesk
 - střídavý – veřejná síť, 50-60Hz
-
- Střídavý proud nebezpečnější - 3x větší intenzita stejnosměrného proudu k vyvolání stejného efektu
 - Střídavý proud nejnebezpečnější v rozsahu 30-150Hz
 - Střídavý proud – svalové tetanie - nemožnost se pustit, arytmie



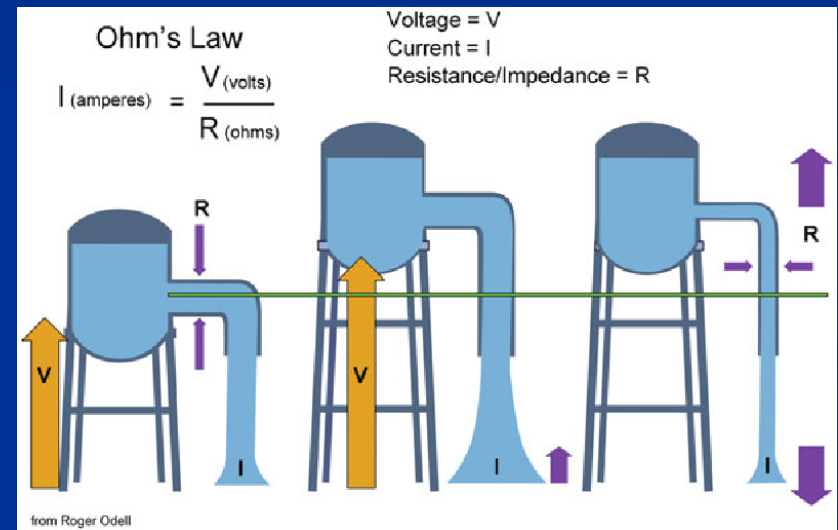
- 0,5mA – práh vnímání el. proudu
- 1-8mA – podráždění nervových zakončení
- 6-15mA – tetanické křeče, nemožnost uvolnění
- 25mA - křeče dýchacího svalstva
- 60mA - komorová fibrilace, tranzitorní srdeční zástava



napětí

- $I [A] = U [V] / R$
- Rozdíl el. potenciálů mezi 2 body, kde prochází proud

- Do 24 V - bezpečné
- Nízko napětí < 1000V
- Vysoké napětí > 1000 V
- (fyziologicky ????? 600 V)



- Nízké napětí – **elektrické účinky**, termické
- Vysoké napětí - **termický**, elektrický efekt,

Odpor - impedance

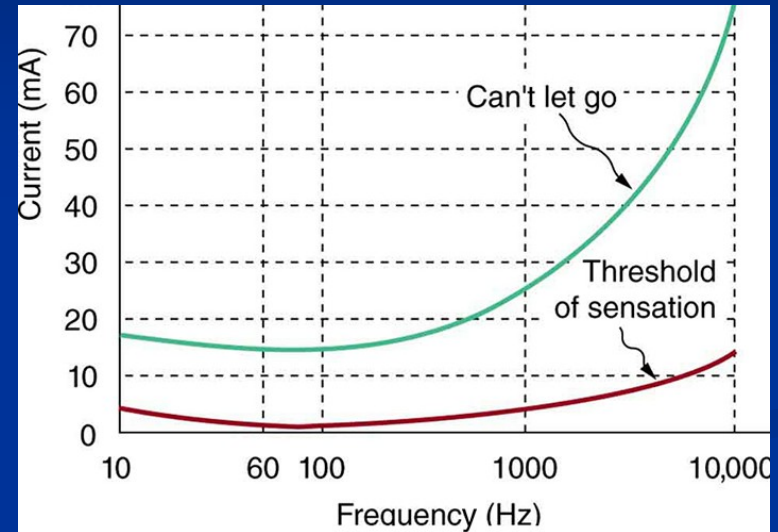
- Schopnost tkáně snižovat průchod el. proudu
- Přeměna el. energie na teplo - Joulov zákon
- $\text{Energy} = I^2 \times R \times \text{time}$ $\text{Energy} = (V^2 \times \text{time}) / R$
- Vodivost dána obsahem vody a iontů ve tkáních
- Vodiče: nervy – cévy --- sliznice, svaly
- kůže
- Izolátor: kost – tuk - šlacha

Condition	Resistance (ohms)	
	Dry	Wet
Finger Touch	40,000 - 1,000,000	4,000 - 15,000
Hand Holding Wire	15,000 - 50,000	3,000 - 6,000
Finger Thumb Grasp	10,000 - 30,000	2,000 - 5,000
Hand Holding Pliers	5,000 - 10,000	1,000 - 3,000
Palm Touch	3,000 - 8,000	1,000 - 2,000
Hand around 1 1/2 pipe	1,000 - 3,000	500 - 1,500
Hand Immersed	-	200 - 500
Foot Immersed	-	100 - 300

- $I = V/R = 24/1000 = 24 \text{ mA}$ (suché ruce) svalová tetanie
- $I = V/R = 24/500 = 48 \text{ mA}$ (mokrú ruce) respirační pareza, Fiko

Délka působení

- S rostoucím intervalem působení el. proudu se zvyšuje rozsah poškozená tkáň elektrickým i termickým působením

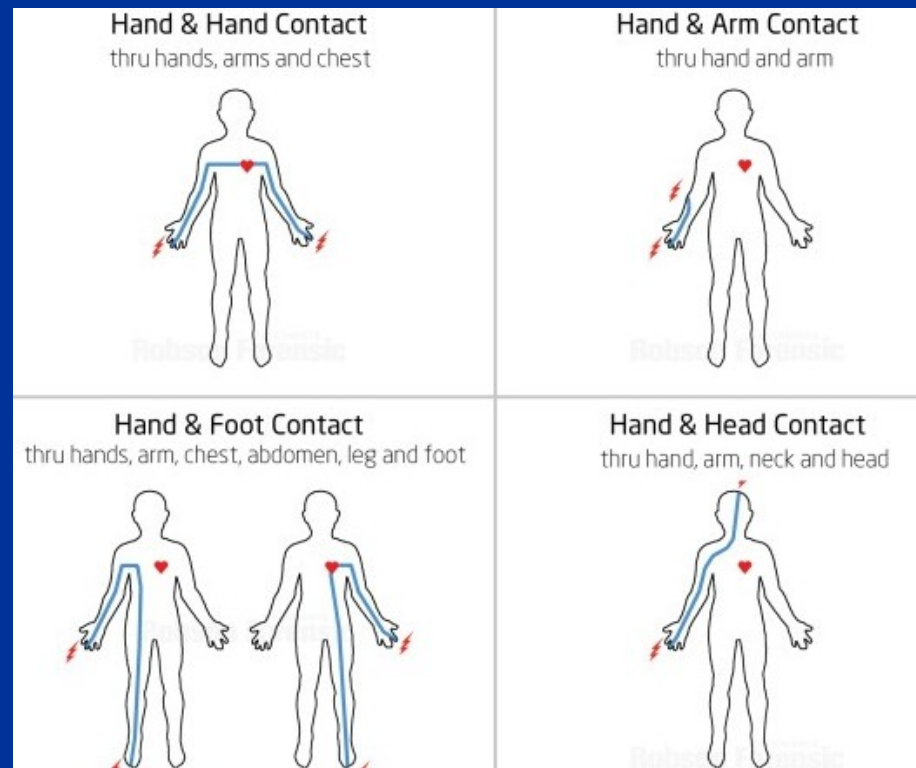


Frekvence

- Tělo nejcitlivější na f cca 50-100 Hz AC , (tetanie 15-150Hz), nižší citlivost na DC a vysokofrekvenční proud, velmi vysoké f – pouze po tělesném povrchu
- Vysokofrekvenční proud - nižší tkáňová penetrace, neexcituje kontraktilní tkáň

Dráha působení

- Průchod el. proudu mezi 2 body kontaktu – přítomnost vitálně důležitých orgánů v proudové dráze
- Srdce, bránice, mozek
- Šíření cestou nejmenšího odporu - nervy, cévy, svaly
- Nejčastější kontakt: ruka- noha, ruka – ruka, hlava - končetina



- Proudové známky – drobné popáleniny v místě vstupu a výstupu proudu na povrchu těla
- Závisí na proudu LowV - povrchové / HighV hluboké podél proudové dráhy
- Vlhkost pokožky



Zasažení bleskem

- Atmosférický výboj stejnosměrného proudu
- Zásobárna energie (300 000A, 10 -100 miliony V)
- Přímý zásah – vstup v obl. hlavy – paralýza dech centra, prochází celým tělem

Nepřímé

- Side flash – přeskočení z primárně zasaženého objektu v blízkosti
- Kontaktní – zásah drženého předmětu
- Krokové napětí – šíření proudu zemí, propojení bodů s s různými potenciály – tělo lepší vodič než zem, až do 30m
- Krátké trvání do 0,003s
- Proud teče po povrchu těla

- Povrchové popáleniny, spálené chlupy a vlasy
- Bleskové obrazce – Lichtenbergovi – pruhovité stromovité obrazce – z rozšířených cév, spont vymizí za několik hodin



- Tupá poranění mechanicky tlakovou vlnou
- Smrtnost 30-40% - asystolie, FiKo, dechová zástava

Úraz elektrickým proudem

- Přímé a nepřímé působení el. proudu na organismus

El proud působí primární poranění

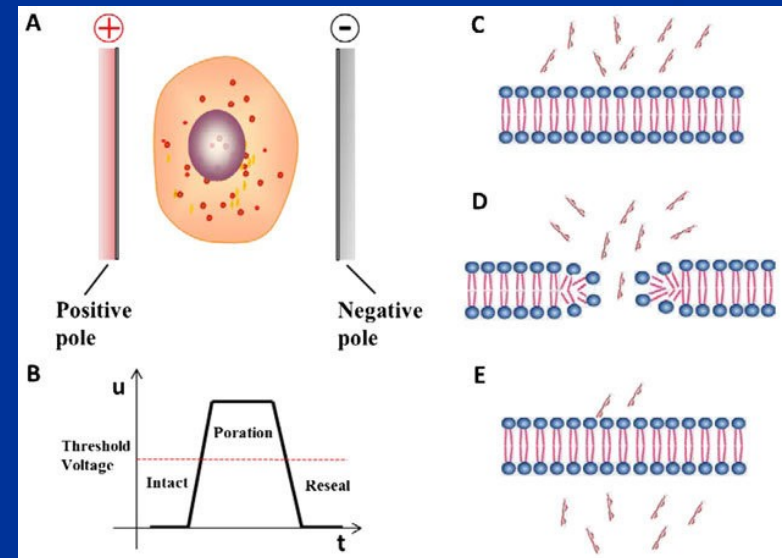
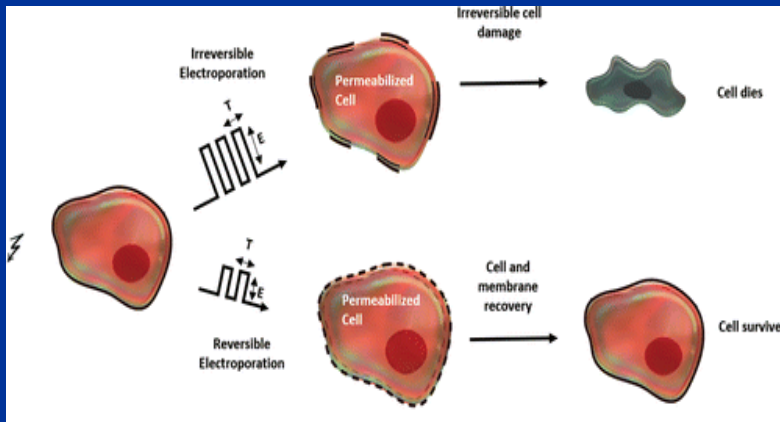
- Elektrické
- Termické

Sekundární poranění

- Pády
- Svalové kontrakce
- Výbuch, hoření

Přímý elektrický efekt

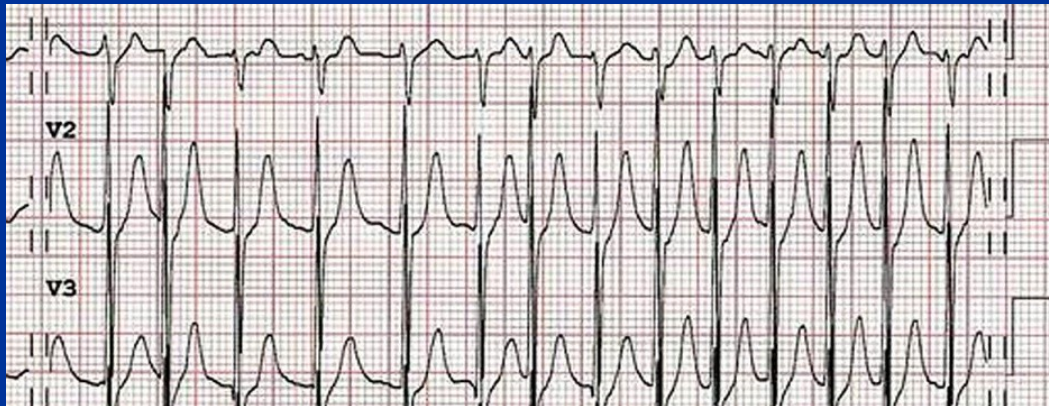
- působení proudu nižšího napětí a frekvence - do 500V,
- Depolarizace buněk s klidovým membránovým potenciálem
- Elektroporace - poškození buněčné membrány – buněčná smrt, (vyšší napětí) – póry v buněčné membráně



- Přeměna elektrického proudu v teplo

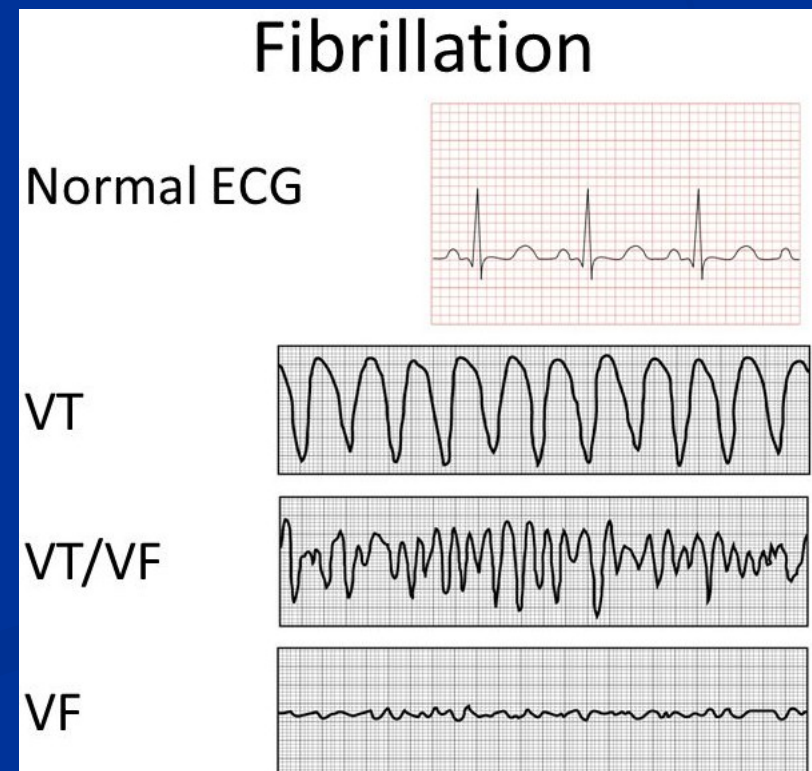
Účinek el. proudu na srdce

- **Arytmie** – nejčastější kardiální komplikace úrazu el proudem
- Sinusová tachykardie, předčasná komorová extrasystola
- FISI, VT, FiKO, bradykardie, blok ramének, AV blok

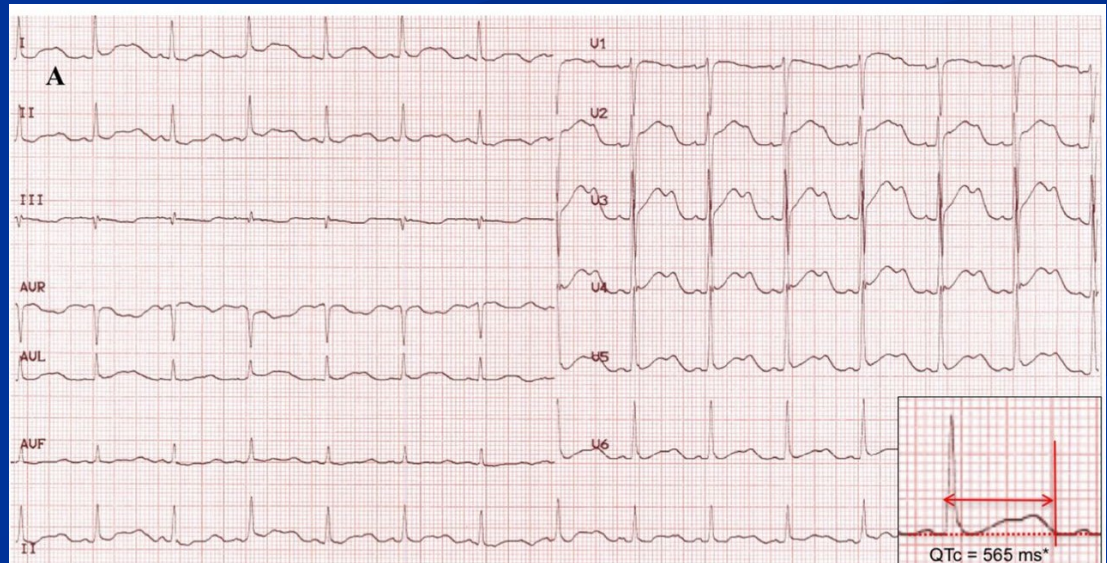


- Vysoké napětí, DC, - komorová asystolie
- Nízké napětí AC – FiKo
- Proud 50-60Hz – riziko fibrilace při zásahu vulnerabilní fáze, R na T

- Arytmie - časně po zásahu el. proudem, ale i za 8-12 hod



- **Myokardiální poranění**
- Poškození myokardu elektrotermální přeměnou, elektroporací
 - Minimální symptomatologie, EKG změny – ST segm, T vlna
- Spasmus koronárních cév, trombóza – IM
 - Klasická symptomatologie
- Trop T, EKG
- kardioECHO



- **Cévní postižení**
 - Céva vodič
- Nárůst závažnosti poranění s vysoko voltážním proudem
- Menší cévy postiženy více, velkopřítokové chlazení
- Trombóza při intimálním postižení
- Riziko nekrózy medie cévní steny – aneurysma, ruptura

■ Postižení nervového systému

- Porucha vědomí
- Poruchy paměti
- Parézy
- Senzo-motorické poruchy z postižení PNS
- Demyelinizační poškození

- Transientní autonomní dysfunkce (dilatované, fixované zornice)

- **Oči** – katarakta, hyphema, sklivcové krvácení, postižení optického nervu
- **Sluch** – ruptura bubínku
- **Orgánové postižení**

Duodenální perforace



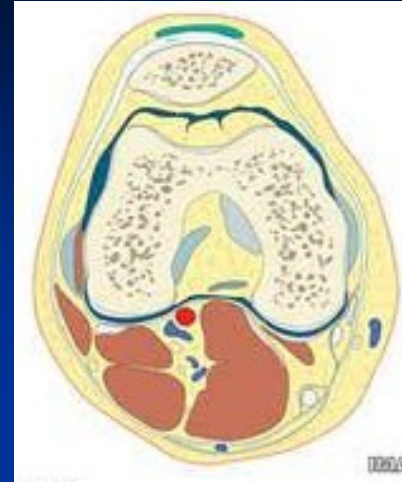
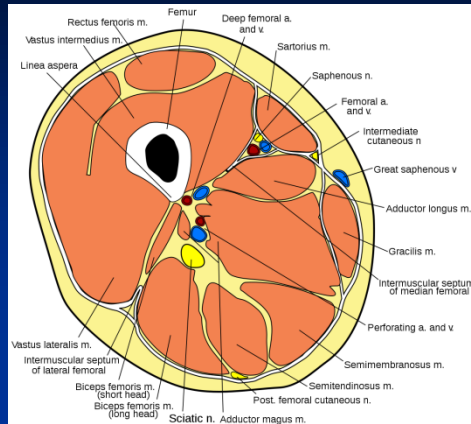
pankreatická lacerace, nekroza



Postižení měkkých tkání

- Popáleniny měkkých tkání a orgánů podél dráhy průchodu el. proudu v závislosti na změně odporu tkání
- Velikost povrchových a vnitřních popálenin nemusí korelovat
- Svaly – postižení tetanií, popáleniny, trombóza arteriálních větví – riziko rozvoje :
 - Kompartment syndrom končetin
 - Rhabdomyolyza





Management

- Bezpečnost - přerušení expozice el. proudu
zajištění vypnutí zdroje



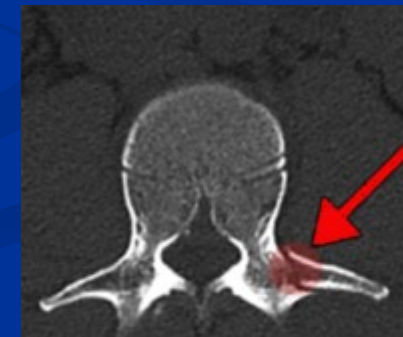
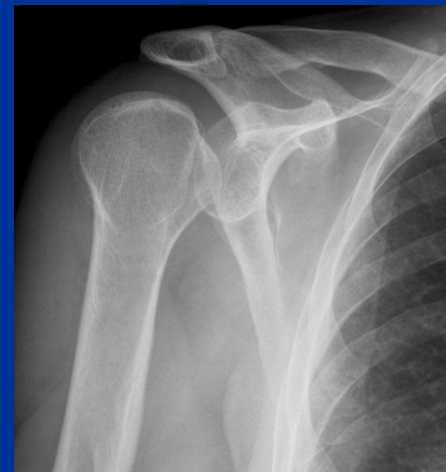
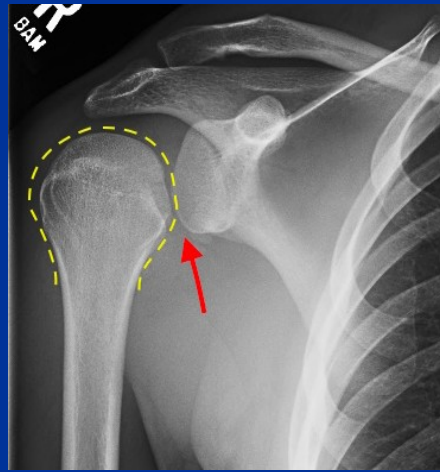
- Kontrola vitálních funkcí – primary survey – ABC / KPR
- Cirkulace – KPR - FiKo – defibrilace, (Amiodaron)
- asystolie - adrenalin
- - oběhový resuscitace – popáleniny,
- E - Proudové znánky (nemusí být při vlhké kůži)
- Přidružená poranění – popáleniny
- - Imobilizace Cp, zlomeniny

- **Asymptomatic, normal physical findings - dimise**
- **Low voltage, dry contact**
- **Initial EKG, (labo, Trop, CK, myoglobin, RTG)**

- **Symptomatic patients, injury > 1000V - observation**
- Initial EKG, labo, Trop, CK, myoglobin, RTG
- Preexisting cardiac disease, wet contact
- Episode of loss of consciousness
- Episode of arrhythmia
- Ekg abnormalities
- Elevation of troponin
- 24-hour ECG telemetry
- Pregnancy – fetal monitoring

- Přidružená poranění
- Lehké popáleniny
- Zlomeniny, avulzní zlomeniny

- Luxace kloubů



- Postižení měkkých tkání –rhybdomyolýza, kompartmentens syndrom

- Renální selhání



- Manifestní popáleninové trauma
 - Období popáleninového šoku
 - Období akutní nemoci z popálení



Crush syndrom

- Klinický syndrom způsobený náhlým mechanickým rozdrcením příčně pruhovaného svalstva (nadprahovou silou) nebo dlouhotrvajícím (> 1 hodinu) tlakem na kompartmenty příčně pruhované svaloviny působící ischemii
- Rizikový faktor crush syndromu > 2 končetin
- Rabdomyolýza kosterního svalu
- Porušení buněčné membrány s poruchou její permeability, otok svalových buněk, změny iontového složení až nekróza buněk
- Uvolnění cytoplazmatického obsahu
- Myoglobin, K^+ , kreatinkináza, puriny, tromboplastin

- Zřícení budov
- Zavalení zeminou, troskami
- Přimáčknutí břemeny
- Těžké zhmožděninny

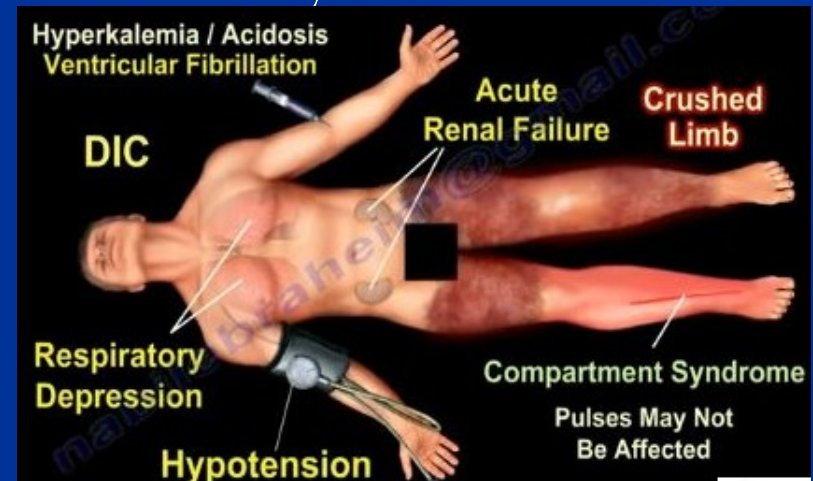


- Dlouhodobá vynucená poloha
- Reperfuzní syndrom
- Intoxikace alkoholem, drogami
- Nevhodné napolohování pacienta
- Otrava oxidem uhelnatým
- Generalizované záchvaty
- Nálety na Londýn 1941



Metabolický rozvrat

- Hypovolemie - hypovolemický šok ztrátou tekutin do 3. prostoru oteklých svalů
 - Hyperkalemi - Arytmie
 - Hypokalcemie - tetanie, snížená kontraktilita myokardu
 - Hyperfosfatemie
 - Metabolická acidoza
 - Hyperurikémie
 - Myoglobinemie
-
- Tromboplastin v oběhu – riziko DIC

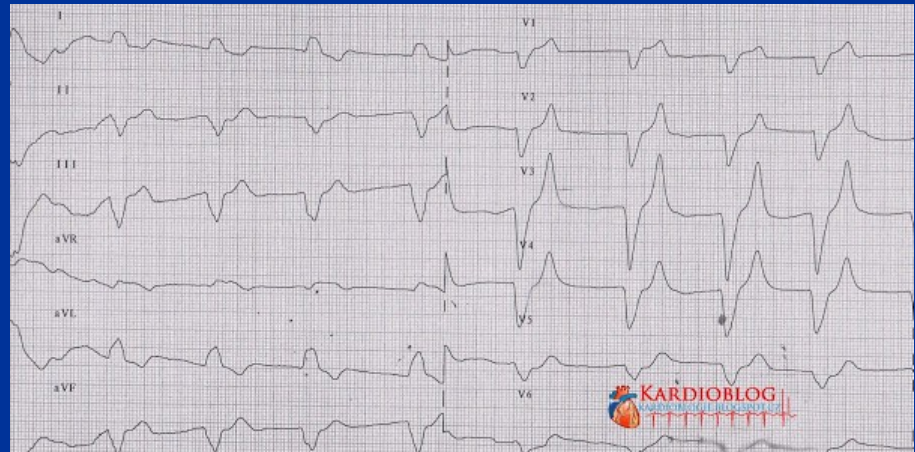
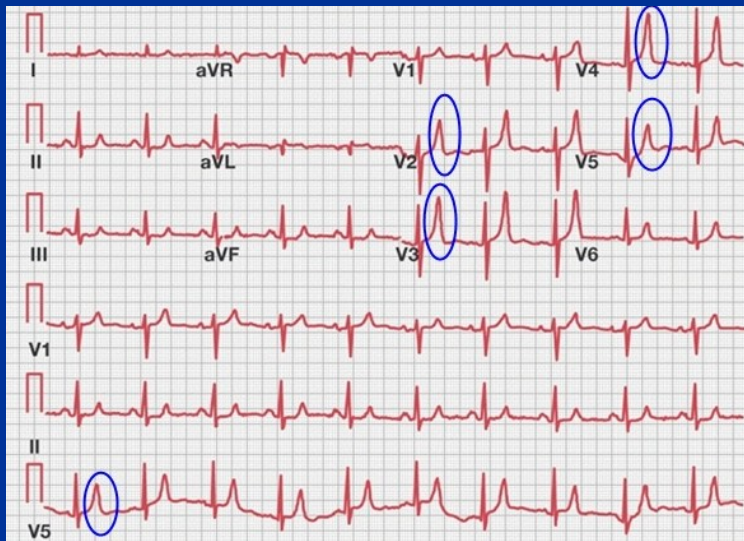


Akutní renální selhání

- Myoglobin precipituje v kyselém prostředí v renálních tubulech - cytotoxický – akutní tubulární nekróza
- Myoglobinurie – tmavě hnědá moč
- Oligoanurické renální selhání



- Nejčasněji vzniká – **hyperkalémie**
- Možná časná manifestace arytmie při hyperkalemii, acidóze
- EKG – změny hlavně ve V svodech



- Renální selhání, kompartmen syndrom - pozdější manifestace

vyšetření

- Monitorace EKG
- Bilance tekutin – hodinová diureza



- Ionty
- KO, koagulace
- Urea, kreatnie, myoglobin, CK, ABL, pH moči, kyselina močová

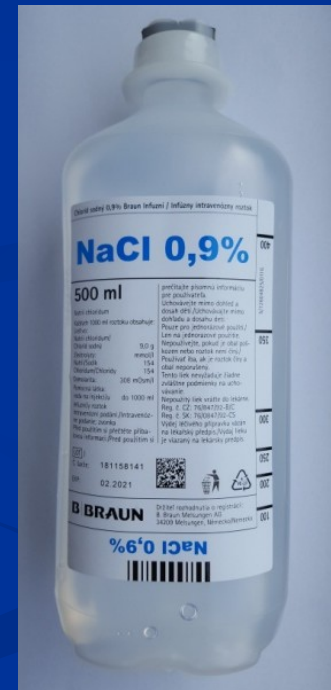


Management

- Časná oxygenoterapie a volumosubstituce – FR (již během vyprošťování), 6L / 24hod

Ošetření hyperkalemie

- Bolus FR
- Nebulizace – beta 2 sympatomimetika
- Glukoza + inzulin
- NaHCO₃
- Dialýza – anurie, hyperkalemie



Management myoglobinémie

- Dostatečná rehydratace, korekce iontogramu a udržení renálních funkcí do spontánního poklesu hodnot myoglobinu
- Sledování : ionty, Myoglobin, CK, pH moči, ABL
- Roztoky 500-1000 ml /hod
- Diuréza 150-200 ml/hod (2ml/kg/hod)

Při CK > 30 000

- pH moči – alkalizace NaHCO₃ 50ml á 6h pH > 6.5
- Osmotická diuréza Mannitol á 6 hod
- hemodialýza

Ošetření měkkých tkání

- Antiedematózní léčba
- Sledování obvodu, klinického stavu
- Sledování intrakompartmentového tlaku $< 25 \text{ cm H}_2\text{O}$
- fasciotomie
- amputace





