

# Elektrický proud

**Elektrický proud** je uspořádaný pohyb nositelů elektrického náboje.

## Charakteristika

Rozhodující pro účinek elektrického proudu jsou jeho **intenzita, kudy proud prochází, doba** průchodu a **individuální vlastnosti** postiženého.

Intenzita v *ampérech* je poměr napětí ve *voltech* a odporu v *ohmech*. **Střídavý proud je nebezpečnější než stejnosměrný**. K vyvolání stejného efektu u stejnosměrného proudu je třeba 3x větší intenzity. **Frekvence proudu 50-300 Hz je nejnebezpečnější**. Se zvyšující se frekvencí se zvyšuje i prahová intenzita. Velmi vysoké frekvence (od 100 000 Hz) neškodí a mají jen povrchový tepelný účinek, kterého se využívá terapeuticky (diatermie). **Smrtící hranice střídavého proudu 50 Hz je 100-150 mA**.

Vedle napětí určuje intenzitu tělem procházejícího proudu odpor kůže v místě vstupu a výstupu proudu a odpor ostatních tkání. Odpor kůže závisí na síle rohové vrstvy a vlhkosti kůže. Největší je na ploškách nohou, nejmenší v místech nejtenčí kůže, např. na vnitřní straně ruky. Uvnitř těla prochází proud hlavně cévami, kde je rovněž malý odpor. **Odpor suché kůže** je  $10^4$ - $10^5$  ohmů, **odpor vlhké kůže** s tenkou rohovou vrstvou a značně prokrvené kůže může klesnout až na  $10^2$  ohmů.

## Účinek na organismus

Pro účinek elektrického proudu na organismus je důležitá **dráha proudu**, tj. kudy proud mezi vstupem a výstupem prochází a do jaké míry prochází životně důležitými orgány především srdcem. Při průchodu srdcem může již při intenzitě **30 mA** dojít k funkční zástavě srdce. Zvláště nebezpečná je proto dráha proudu od jedné ruky k druhé nebo od ruky do nohy druhé strany. Mozek je proti působení proudu vlivem isolačních schopností lebních kostí poměrně dobře chráněn. Průnik proudu v oblasti hlavy vede většinou k bezvědomí, trvalé poškození je však vzácné.

Významnou úlohu dále hraje **doba průchodu** elektrického proudu tělem. Jestliže se jedná o zlomky sekundy, nemusí ani při nebezpečných intenzitách dojít k poškození. Naopak trvá-li průchod proudu dlouhou dobu, může i při intenzitách při kterých nedochází k přímému smrtícímu účinku, dojít k nepřímému poškození tkání tepelným účinkem (*Jouleovo teplo*). Následkem poškození svalstva a vzniku toxických produktů rozpadu bílkovin dochází k myoglobinurii, tubulárním nekrosám ledvin a k anurii. Vyvíjí se podobný obraz jako u popálenin.

Účinek elektrického proudu je nebezpečnější **pro osoby starší a nemocné se srdcem**, unavené, při thymolymfatickém stavu apod.. Naopak připravenost na zasažení elektrickým proudem, jak je známo u elektrikářů, účinek snižuje. Uvádí se dále návyk a tolerance k elektrickému proudu a snížení nebezpečí účinku ve spánku a v narkóze. **U vysokého napětí** (přes 5000 V) může dojít k zasažení i bez dotyku vodiče a to přeskokem elektrického výboje. Přitom dochází k těžkým popáleninám až ke zuhelnatění, které v důsledku značného zvýšení odporu v místě vstupu má za následek přerušení proudu.

## Nálezy a stopy po zásahu el. proudem

V místě dotyku proudového vodiče a v místě uzemnění, tj. výstupu proudu, se na kůži tvoří tzv. **proudové známky**, které vznikají následkem jeho **tepelného účinku**. Jestliže je plocha dotyku malá, je vyšší proudová hustota v místě dotyku a větší pravděpodobnosti vzniku proudové známky. Se zvětšující se velikostí plochy dotyku se snižuje proudová hustota, a tím i pravděpodobnost jejího vzniku. Proudové známky se nacházejí i u přežívajících po zasažení elektrickým proudem a mohou být různé velikosti i tvaru. Někdy mají tvar vodiče, jako např. vinutí drátu, hlavičky šroubu apod.. Nejčastěji je najdeme na prstech rukou a na chodidlech, mohou však být kdekoli na těle, kde došlo k dotyku s proudovodičem a k výstupu proudu. Jeví se jako kruhovitě až nepravidelně vklesliny kůže ohraničené vyvýšeným bílým až porcelánově bílým valem. Vně tohoto valu je často červený lem. Centrální vkleslina podle délky působení proudu může být až zuhelnatělá. Vyvýšený val vzniká teplem podmíněným zkrácením a ztluštěním kolagenních vláken koria a voštinovitou přeměnou epidermis.

Někdy jsou proudové známky velmi malé a snadno se přehlédnou, zvláště na ohnutých prstech ruky při postmortální ztuhlosti. Bez rozrušení ztuhlosti a podrobné prohlídky prstů nemusí být zjištěny. Proudové známky se mohou jevit i jako ploché bradavice nebo zahnědlé zaschlé oděrky a trhliny kůže. Z těchto důvodů nebývají někdy poznány. Proudová známka se může vytvořit jen v místě vstupu nebo jen v místě výstupu proudu a někdy se nevytvoří vůbec. Někdy naopak, když se uplatnil tepelný účinek proudu, vzniká do hloubky pronikající kráterovitý defekt připomínající vstřel. Mohou vzniknout rozsáhlé hluboké nekrosy případně až amputace částí těla. Na povrchu proudových známek se ukládají drobné částičky kovu (metalizace), které podle druhu kovu mohou změnit i její barvu.

Např. u mědi se na kůži tvoří vlivem oxidace zelené zbarvení a u železa bývá zbarvení do šeda. Částičky kovu se dají

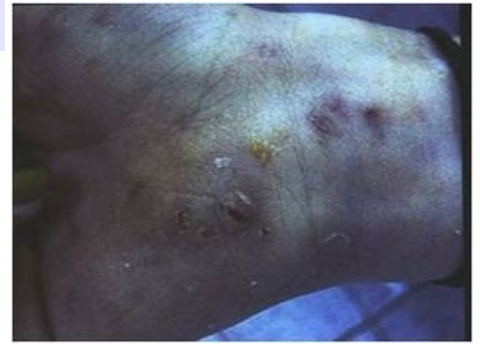
## Příčiny smrti

Příčinou smrti při úrazech elektrickým proudem bývá fibrilace komor a zástava srdce. Přežil-li postižený, bývá příčinou smrti některá z komplikací zasažení elektrickým proudem, popálení plamenem po vznícení šatů nebo poranění vnitřních orgánů způsobená pádem s výše.

## Pitevní nález

Pitevní nález není charakteristický. Nachází se plicní edém, tekutá krev a překrvení orgánů, tj. celkové známky dušení. Proudové známky, které mají pro poznání zasažení elektrickým proudem největší význam, mohou chybět. I při histologickém a histochemickém vyšetření kůže, zvláště na prstech manuálně pracujících osob, může být velmi obtížné až nemožné rozlišení proudových známek od čistě termického nebo dokonce mechanického poškození.

Proudová známka – zápěstí



- Někdy je možno diagnosu úrazu elektrickým proudem stanovit až na základě vyšetřených okolností a s přihlédnutím k posouzení znalcem z oboru elektrotechniky.

## Vražda - Sebevražda - Nešťastná náhoda

### Vražda

Vraždy jsou vzácnější, kdy pachatel zavede proud do nějakého předmětu, do vany, do kliky dveří, kohoutku vodovodu apod.. Typické proudové známky, které se najdou při zevní prohlídce, upozorní na smrt způsobenou zasažením elektrickým proudem. Po technické stránce se však nemusí zjistit žádná závada, poněvadž pachatel mohl již vše uvést do normálního stavu.

### Sebevražda


Sebevraždy jsou vzácné. Dochází k nim např. dotyk vedení v transformátoru, přehozením drátu přes elektrické vedení nebo vylezením na sloup a přímým dotykem drátu.

### Nešťastná náhoda

Nejčastější jsou nahodilé úrazy. Bývá to dotyk vodiče pod proudem, dotyk drátů spadlých na zem, neodborná oprava přístrojů pod proudem, dotyk předmětu do kterého probíjí proud apod.. Při vysokém napětí překročením kritické vzdálenosti, zvláště za vlhkého počasí, může dojít ke vzniku oblouku a ke vznícení oděvu. K tomu dochází např. při práci s jeřáby.

## Odkazy

### Externí odkazy

-  **AKUTNE.CZ** Úraz elektrickým proudem – interaktivní algoritmus + test (<http://www.akutne.cz/index.php?pg=vyukove-materialy--rozhodovací-algoritmy&tid=105>)
- Poškození teplem, chladem a elektrickým proudem -ozvučené přednášky 1.LF (<https://el.lf1.cuni.cz/nm04>)

### Související články

- Popáleniny

### Literatura

- ŠTEFAN, Jiří a Jiří HLADÍK, et al. *Soudní lékařství a jeho moderní trendy*. 1. vydání. Praha : Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3594-8.