

616—001.21

## NEOBVYKLÝ ÚRAZ ELEKTRICKÝM PRÚDOM

MUDr. P. ZELENÁK, pplk. MUDr. Z. BIELEK, pplk. MUDr. Z. JUHÁS, MUDr. R. REHÁK

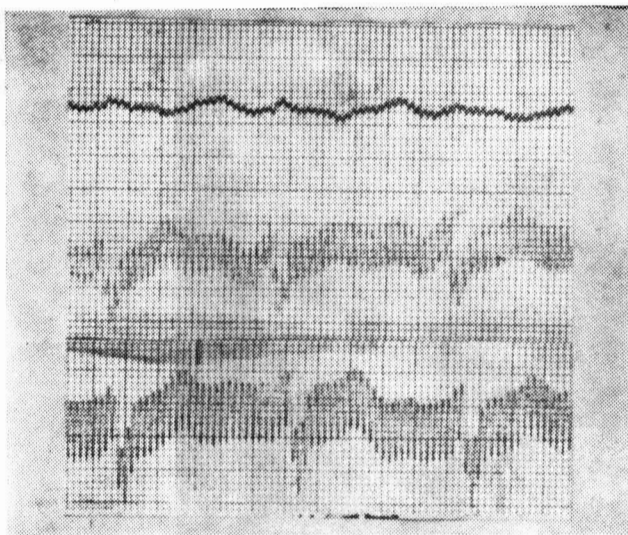
Chirurgické oddelenie vojenskej nemocnice v Košiciach  
(náčelník oddelenia plk. MUDr. Š. Šimko, CSc.)Katedra súdneho lekárstva lekárskej fakulty Univerzity P. J. Šafárika v Košiciach  
(prednosta prof. MUDr. J. Lukáči)

Venované k 50. narodeninám plk. MUDr. Š. Šimka, CSc.

Za uplynulé obdobie od r. 1960—1963 došlo v spádovom území našej nemocnice k 11 smrteľným úrazom, z ktorých jeden vyberáme, lebo ho pokladáme za typický a tragický príklad toho, ako rad menších alebo väčších nedbalostí, ako aj nízka úroveň vedomostí poskytovania prvej pomoci zapríčinili smrť mladého adepta letectva.

Dňa 22. 6. 1963 predvádzal modelársky krúžok tujšieho leteckého učilišťa svoje modely v jednej zo stredných škôl nášho mesta. Vzhľadom na to, že nad hádzanárskym ihriskom školy, asi vo výške 5 m, sa nachádza vedenie prúdu o napätí 22 000 voltov a intenzite niekoľkých ampérov (intenzita závisí od výkonu generátora a aktuálneho odberu zo siete), bolo rozhodnuté použiť k predvádzaniu modelov asi 40 m vzdialenú lúku. Dvaja žiaci sa však vrátili a rozlievali svoje modely na spomenutom ihrisku. Tak sa stalo, že upútaná maketa 19ročného žiaka VLU P. S. sa zachytila o vedenie a modelár padol ako podťatý. Za niekoľko sekúnd boli síce jeho spolužiaci a vedúci pri ňom (boli asi 40 m vzdialení), ba dokonca mu začali dávať aj umelé dýchanie, bez ohľadu na to, či postihnutý je, alebo nie je spojený s elektrickým vedením. Na šťastie záchrancov oceťové lanká okamžite zhoreli. Prebehlo asi 4—5 drahocenných minút, kým záchrancov napadlo zavolať záchranú službu. Asi v siedmej minúte po úraze príbehol dr. K. M. a začal energické dýchanie z úst do úst a vonkajšiu masáž srdca. Napriek všetkému jeho úsiliu postihnutý nezačal javiť známky života a zrenice ostali široké.

Tab. 1



EKG záznam hodinu po oživení

Privolané záchranné auto došlo 12 minút po úraze a asi 17 minút po ňom bol postihnutý privezený na naše oddelenie. Počas transportu sa pokračovalo v dýchaní z úst do úst ako aj v masáži srdca. Vzhľadom na to, že nemocnica bola o úraze vopred upovedomená, mohli sme okamžite pristúpiť k intubácii, torakotómii a k priamej masáži srdca. Po otvorení hrudníka sme našli chabý myokard a srdce v úplnom kľude. Naše úsilie bolo úspešné po 15 minút trvajúcej masáži, keď sa po prvý raz objavila srdcová akcia, pričom po štvornásobne opakovanom intrakardiálnom podaní noradrenalínu a zapojení i. v. infúzie s noradrenalínom do vypreparovanej v. sapheny až po 45 minútach masáže (62 minút po úraze) sa podarilo trvale upraviť srdcovú činnosť (viď EKG záznam). Nemocný začal spontánne dýchať po 30 minútach masáže (47 minút po úraze). Torakotómia bola ošetrená 50 minút po začatí masáže (77 minút po úraze), keď sme ešte skôr urobili tracheotómiu a postarali sa o riadne odsávanie bronchiálneho stro-  
mu.

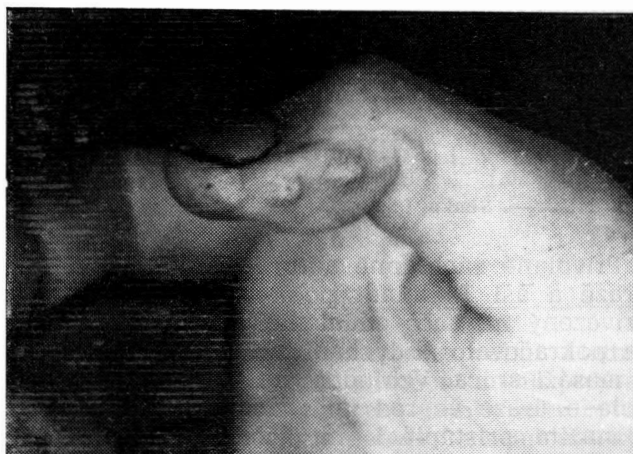
Z vlastného nálezu pri prijatí vyberáme: Išlo o nemocného asi 177 cm vysokého, váhy 70 kg, primeranej kostry a výživy. Na nechťovom článku na palci pravej ruky boli prítomné elektrické znamienka s navolovitými okrajmi (vstupné). Podobné zmeny sa nachádzali ešte na brušku 2. prsta a na dorzálnnej strane 3. prsta (obr. 1, 2, 3). Obdobné znamienka boli na oboch pä-

Obr. 1



Elektrické znamienka (vstupné) na dlaňovej ploche pravej palca

Obr. 2



Elektrické znamienka (vstupné) na brušku pravého palca

tách so zuhoľnatenou kožou v okolí (obr. 4, 5). Tieto výstupné elektrické znamienka zodpovedali umiestneniu klinčov v topánkach na podpätkoch, cez ktoré bol postihnutý spojený so zemou.

Napriek celkove upravenému stavu ostáva nemocný aj naďalej v hlbokom bezvedomí s narastajúcimi známami decerebrácie. V ďalšom sme zaviedli Tydalovu drenáž močového mechúra. Napriek sústredenému úsiliu postihnutý za príznakov zväčšujúceho sa opuchu mozgu a zlyhávania srdcovo-cievneho systému zomiera 8 hodín 25 minút po úraze.

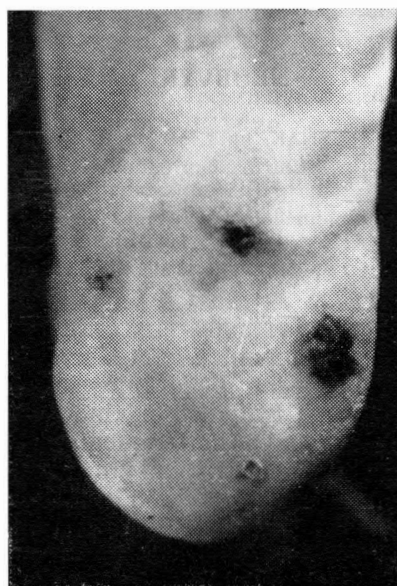
Pitva (č. pit. protokolu 147/63) potvrdila našu domnienku, keď dokázala značný edém mozgu s mozočkovým kužlom popri akútnom presiaknutí pľúc s prekrvením všetkých parenchymatóznych orgánov a s následnými zmenami po masáži srdca (rozsiahle krvné výronky pod srdcovníkom a vnútro srdcovou blanou ako aj rozsiahla fragmentácia srdcového svalu).

Obr. 3



Elektrické znamienka (vstupné) na chrbotovej ploche 3. prsta pravej ruky

Obr. 5



Elektrické znamienka (výstupné) na pravej päte

Účinok elektrického prúdu pretekajúceho živou hmotou je priamo závislý od jeho intenzity, ktorá sa dá vyjadriť Ohmovým zákonom. Intenzita ( $i$ ) je priamo závislá od napätia ( $e$ ) a nepriamo od elektrického odporu ( $r$ ) organizmu ( $i=e$ ). Vodivosť ľudského tela je komplikovaná, lebo jednotlivé tkane kladú elektrickému prúdu rôzny odpor. Suchá, prípadne mozoľovitá koža dlane kladie pomerne veľký odpor (až milión ohmov/cm<sup>2</sup>), koža brucha a chrbta len niekoľko tisíc ohmov/cm<sup>2</sup>. Tak isto je dôležité, či je koža suchá alebo vlhká; posledná kladie odpor omnoho menší (odpor sa zmenší až 40krát). Je zaujímavé si pripomenúť, že hodnoty do 10–15 mA bývajú neškodné, od 15–20 mA vyvolávajú bolestivé úder, prípadne prechodnú paralýzu svalov, od 20 do 75 mA ťažký úder so svalovými kontrakciami a dýchacími obtiažami. Intenzita

Obr. 4



Elektrické znamienka (výstupné) na ľavej päte

od 75 do 200 mA vyvoláva komorovú fibriláciu srdca a nad 200 mA ťažké popáleniny, paralýzu CNS a myokardu. Teda fibrilačná schopnosť srdcového svalu narastá so stúpajúcou intenzitou krátkodobého elektrického úderu, ale len do určitej miery intenzity. Jej prekročenie nevyvolá fibriláciu, ale naopak, chabé zastavenie srdca. Totiž elektrický prúd vyššej intenzity vedie k paralýze nervových centier aj v srdci, čím sa predíde fibrilácii. V prípade, že pôsobenie prúdu pretrváva dlhší čas, je smrť neodvratná. Pri krátkodobom pôsobení dá sa srdcová činnosť obnoviť. Táto vlastnosť vysokej intenzity prúdu sa všeobecne využíva k defibrilácii chvejúceho sa srdcového svalu. Ak si spomenieme na odporové vlastnosti alebo vodivosť tela, zistíme, že aj prúd 100 voltov pri vhodnej intenzite môže byť nebezpečný. Narastaním napätia samozrejme narastajú aj škodlivé účinky. Za zvláštnych okolností (ako je napr. vlhko alebo ak postihnutý stojí bez izolácie na mokrej alebo kovovej dlážke) môže byť nebezpečný aj prúd o napätí 50 voltov. Striedavý prúd 50—150 period/sec. je nebezpečnejší ako jednosmerný. So stúpajúcou frekvenciou nebezpečie klesá a vysokofrekvenčné prúdy nemajú už nijaký akútny zhubný účinok.

Z povedaného môžeme zhrnúť: Účinok elektrického prúdu závisí od jeho intenzity a trvania kontaktu, ďalej či ide o striedavý alebo jednosmerný prúd, a ak striedavý, tak od počtu cyklov. Konečne od vodivosti, resp. odporu styčných plôch a samotnej živej tkane, ktorou prúd preniká, a na okolnostiach, ktoré tieto vlastnosti ovplyvňujú. Ďalej treba konštatovať, že použitie vhodných a všeobecne prijatých resuscitačných postupov je v každom prípade úrazu elektrickým prúdom bezpodmienečne nutné.

Pri rekapitulácii nášho prípadu môžeme konštatovať, že odhliadnuc od zarážajúcich faktov (vedenie vysokého napätia sa nachádza nad školským ihriskom a upútaný model bol zalietávaný práve tu), ostáva rad okolností, ktoré nás zdravotníkov zaväzujú bližšie sa zaoberať celým prípadom.

Išlo o motorovú maketu, pripútanú dvoma oceľovými lankami na kovovej priečke. Udržanie správnej a pravidelnej výšky letu závisí od správneho vedenia laniek, resp. polohy priečky. Kovovú priečku drží modelár vo svojej pravej ruke. Lanká boli oceľové o priemere asi 0,2 cm.

Postihnutý zrejme precenil svoje schopnosti vedenia lietadla, nezvládol výšku letu a tak sa jeho maketa a tým aj oceľové lanká dotkli vedenia. Pretekajúci prúd o napätí 22 000 voltov o intenzite niekoľko desiatok A spálil oceľové lanká, popálil prsty a palec pravej ruky, prešiel celým telom a cez päty pozdĺž klincov v podpätkoch vnikol do zeme. Prúd mohol pôsobiť nie celú sekundu. Vhľadom na to, že bol veľmi teplý deň a žiak bol vo vychádzkovej rovnošate, môžeme predpokladať, že mal vlhké dlane a bol spotený. Táto okolnosť nutne zvýšila vodivosť pokožky, i keď značne vysoká intenzita prúdu

vo svojom zhubnom účinku mohla byť len málo ovplyvnená. Keďže elektrický prúd takej vysokej intenzity vedie len k chabému zastaveniu srdca, domnievame sa, že okamžitá a správne poskytnutá prvá pomoc v tomto prípade by bola zaručila trvalý úspech resuscitácie.

Považujeme preto za nutné, aby žiakom II. cyklu a vysokých škôl boli vstúpované okrem technických znalostí aj zásady a praktické návrhy poskytovania prvej pomoci včítane moderných oživovacích metód. Teoretická a praktická výučba oživovacích spôsobov musí sa stať neoddeliteľnou súčasťou zdravotníckej výchovy všetkého obyvateľstva.

## Súhrn

V práci je popísaný prípad zasiahnutia elektrickým prúdom 19-ročného žiaka Leteckého učilišťa, ktorý sa pri predvádzaní leteckého modelu zachytil o elektrické drôty s vysokým napätím. Elektrický prúd spálil oceľové lanká modelu, popálil prsty a palec pravej ruky modelára, prešiel celým jeho telom a pozdĺž klincov podpätkov vnikol do zeme. Po zásahu elektrickým prúdom bola vykonaná resuscitácia, ale len s čiastočným úspechom, lebo pacient sa z bezvedomia neprebral a existoval 8 hodín 25 minút po úraze.

## Literatura

1. Alexander, S., et al.: Death Following Electro-Therapy. J. A. M. A., 1956, 161: 0577.
2. Adriani, J.: Some Causes of Cardiac Arrest, J. Louisiana M. Soc., 1955, 107: 219—223.
3. Batelli, F.: Quelques affets des décharges électriques sur le coeur des mamifères. J. de physiol. et de path. gén., 1900, 2: 40—52.
4. Batelli, F.: La mort par les courants électriques (courants alternatifs et courants continus) en travaux du Laboratoire de Physiologie de l'Université de Genève, 1899; Genève, Georg. et Cie, 1900, 185—215.
5. Burchell, H. B.: Electrocutation hazards in the hospital or laboratory. Circulation, 1963, 27—1015.
6. Carter, H. A.; and Potthoff, C. I.: Resuscitation, Joint Statement Issued by the Council of Physical Medicine and the American Red Cross, J. A. M. A.; 1948, 136: 23—24.
7. Crile, G. W., Dolley, D. H.: Experimental Research into the Resuscitation of Dogs. J. Exper. Med., 1906, 8: 713.
8. Dalziel, C. F. and Mansfield, T. H.: The effect of frequency on perception current. Trans. Amer. Inst. Electrical Engineers, 1950, 69: 1162.
9. Dalziel, C. F., Ogden, E. and Abbott, C. E.: Effect of frequency on let-go currents. Trans. Amer. Inst. Electrical Engineers, 1943, 62: 745.
10. Dalziel, C. F.: Effects of Electric Shock on man, IRE Transactions on Med. Electronics, July, 1956, Institute of Radio Engineers, New York.
11. Ferris, L. P., King, B. G., Spence, P. W. and Williams, H. B.: The Effect of Electrical Shock on the heart. Electrical Eng., 1936, 55: 498.
12. d'Halluin, M.: L'électricité homicide, étude physiologique, symptomatologique, thérapeutique. Ann. Soc. Roy. Sc. méd. Nat., Brux., 1926, 46: 602.
13. Hooker, D. R., Kouwenhoven, W. B., Langworthy, O. R.: Effect of alternating currents on the heart. Am. J. Physiol., 1933, 13: 444.
14. Hosler, R. M.: A Manual on Cardiac Resuscitation. Thomas, Springfield, 1958.
15. Jaffe, R. H.: Electropathology. A review of the pathological changes produced by electric current. Arch. Path., 1928, 5: 837.
16. Kouwenhoven, W. B. and Langworthy, D. R.: Effect of electric shock. Trans. Amer. Inst. Electrical Engineers, 1930, 49: 381.
17. Mackay, R. S., Mosslin, K. E. and Leeds, S. E.: The effects of electric currents on the canine heart with particular reference to ventricular fibrillation. Ann. Surg., 1951, 134: 173—185.
18. Mac Lachlen, W.: Resuscitation after electric shock. Canad. M. A. J., 1927, 17: 1346—1350.
19. Petrov, I. R.: Zur Frage der Rettungsmethoden bei elektrischen Unfällen. Zentralbl. f. Gewerbehyg., 1931, 8: 165—185.
20. Petrov, I. R.: Prvá pomoc u elektrického šoku. Sovet. vrač. gaz., 1932, 589—593.
21. Stephenson, H. E.: Cardiac arrest and resuscitation.