

Akutte og kroniske skader etter strømulykker

Sammendrag

Bakgrunn. Strømulykker er alvorlige, potensielt livstruende, hendelser med betydning for spesielt hjerte- og karsystem, nervesystem, muskel- og skjelettsystem og hud (brannskader). Elektrobansjen påpeker at helsevesenets oppfølging av strømskadede er vilkårlig og derfor ikke sikrer optimal behandling. Formålet med denne artikkelen er å gjennomgå litteratur om mulige skader etter strømulykker og foreslå anbefalinger for oppfølging av personer som har vært utsatt for slike ulykker.

Materiale og metode. Det ble gjennomført litteratursøk i Medline, Embase, Biosis, Healthline, Cochrane Library og Science citation index, i tillegg til flere søkemotorer og offentlige norske baser. Ut ifra søket gjennomgås akutte og kroniske effekter av strømulykker, og det utformes anbefalinger om oppfølging av skadede. Disse ble revurdert etter en høringsrunde til 23 medisinske og bransjerettede instanser.

Resultat og fortolkning. Alvorlige akutte helseeffekter omfatter hjertestans, respirasjonssvikt, brannskader (herunder «indre brannskade», der for eksempel muskelvev nekrotiserer), skader på nervesystemet og nyresvikt. I tillegg kommer traumer etter fall. Mulige kroniske effekter forefinnes først og fremst i nervesystemet, dels som encefalopati og psykiske skadevirkninger, dels i ryggmarg og perifere nerver. Det er viktig å være oppmerksom på at det kan forekomme en lengre symptomfri latenstid for visse kroniske nerveskader. Det gis i denne artikkel anbefalinger for akuttvurdering, indikasjoner for hospitalisering og senere oppfølging av personer som har vært utsatt for strømulykker.

I Tidsskriftet nr. 15–17/2003 publiseres en del artikler om arbeidsmedisin.

Engelsk sammendrag finnes i artikkelen på www.tidsskriftet.no

Interessekonflikter: Ingen

Kaj Bo Veiersted

bove@stami.no

Lars Ole Goffeng

Statens arbeidsmiljøinstitutt
Postboks 8149 Dep
0033 Oslo

Rune Moian

Avdeling for arbeidsmedisin
Ullevål universitetssykehus

Eirik Remo

NELFO – Foreningen for EL og IT Bedriftene
Postboks 5467 Majorstuen
0305 Oslo

Are Solli

EL & IT Forbundet
Youngs gate 11
0181 Oslo

Jan Erikssen

Universitetsseksjonen
Akershus universitetssykehus

I 1990 ble det i Tidsskriftet rapportert erfaringer fra behandling av 18 pasienter innlagt med strømskade over en tiårsperiode ved et stort sentralsykehus i Norge (1), og i det neste decennium ble det rapportert ca. 50 strømskader årlig i hele landet (2). Det foreligger data som tilsier at dette er en betydelig underreportering av det totale antall strømskader (1). Ifølge bransjeorganisasjonene (NELFO – Foreningen for EL og IT Bedriftene og EL & IT Forbundet) har medlemmene rapportert varierende kvalitet på den oppfølging de har fått i helsevesenet etter strømulykker.

Bransjeorganisasjonene tok med denne bakgrunn kontakt med Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) for å få belyst arbeidsrelaterte strømulykker. En selvbestalt arbeidsgruppe (forfatterne) ble nedsatt høsten år 2001 med støtte av Arbeids- og administrasjonsdepartementet for å belyse disse problemstillingene. Oppgaven var å utforme og formidle anbefalinger for oppfølging av personer som hadde vært utsatt for strømulykker.

Med strømulykker forstås utilsiktede hendelser der elektrisk strøm er involvert. Elektrisk strøm kan fremkalle skade ved strømgjennomgang i vev (termisk skade (3), ev. andre mekanismer (4, 5)) eller ved lysbue dannelse (brannskader på grunn av gnistdannelse i luften mellom strømførende materialer). Ved strømgjennomgang er kroppen en del av strømkretsen, og da er strømstyrke og strømsvei avgjørende for skadegraden. Energitettheten som tilføres, øker med økende

strømstyrke (I), som igjen er avhengig av motstand (R) i vevet og strømmens spenning (U) etter Ohms lov ($I = U/R$). Ved høyspentulykker ($> 1\,000$ volt) kan store energimengder overføres i brøkdeler av et sekund, ved lavspenning skal en strømgjennomgang normalt være minst et par sekunder for å være farlig. Man regner med at strøm fra arm til arm gir relativt større risiko for hjertekomplikasjoner på grunn av at strømsveien passerer hjertet.

Skader i forbindelse med strømulykker kan representere forskjellige kombinasjoner av akutte fallskader, brannskader og skader på indre organer samt nerver og muskler. I denne artikkelen begrenser vi oss til skader som er typiske for strømulykker, dvs. som fortrinnsvis er knyttet til strømgjennomgang. Skader som for eksempel er knyttet til fall, forbrenninger eller inhalasjon av toksiske stoffer ved brann er behandlet annetsteds (6). Strømskadene kan vise seg akutt eller etter en kortere eller lengre latenstid, sistnevnte omtales her samlet som kroniske skader.

Formålet med denne artikkelen er å gi en oppdatert oversikt over akutte og kroniske helseeffekter av strømulykker, skissere kortfattede anbefalinger for akuttvurdering, indikasjoner for hospitalisering og oppfølging etter strømulykker.

Metoder

Det ble gjennomført en litteraturgjennomgang, som var utgangspunkt for en oversikt over mulige sammenhenger mellom strømulykker og forskjellige plager. Dokumentasjonen ble vurdert i arbeidsgruppen, hvor etter det ble formulert anbefalinger for oppfølging av skadede. Anbefalingene ble sendt ut på høring. Tilbakemeldingene er vurdert av arbeidsgruppen, og mange av disse er inkludert i de reviderte anbefalinger.

Litteraturgjennomgangen bygger på egne arkiver og søk i databasene Medline, Embase (Excerpta Medica), Biosis, Healthline,



Hovedbudskap

- Strømulykker har alvorlige akutte helseeffekter, spesielt for hjerte, muskler, hud og nervesystem
- Det er viktig å følge opp pasienter som har vært utsatt for strømulykke, både akutt og i forhold til kroniske helseeffekter

! Ramme 1**Kriterier for oppfølging**

Skadet som oppfyller minst ett av følgende kriterier skal til sykehus umiddelbart etter nødvendig førstehjelp

- Har vært utsatt for høyspent
- Har vært utsatt for lynnedslag
- Har vært utsatt for lavspent strømgjennomgang med sannsynlig strømvei gjennom kroppen
- Har vært bevisstløs eller omtåket rett etter ulykken
- Har brannskader
- Har tegn på nerveskader (for eksempel lammelser)

Cochrane Library og Scin (Science Citation Index). Søkeord var electric* injur* (* betyr at man inkluderer alle ord med nevnte stamme) og en rekke effektparametere, som «report», «underreport», «medical», «health», «wound», «injury», «complication». I tillegg ble det søkt i databaser til Lovdata, Departement, Forskrifter og Odins støtte-litteratur og de internasjonale Google og Alta Vista. Vi inkluderte kasusbeskrivelser og flere studier der man presenterte pasient-oppfølger uten kontrollgruppe, idet det fantes ytterst få kliniske eller epidemiologiske studier med kontrollgruppe. Så langt det er mulig refereres det til originalarbeider, men noen oversiktsartikler er også inkludert.

Våre forslag til anbefalinger har vært på høring hos 23 forskjellige medisinske og bransjerettede instanser, herunder Den norske lægeförening, Norsk nevrologisk forening, Norsk anesthesiologisk forening, Norsk arbeidsmedisinsk forening og Norsk førstehjelpsrad.

Resultater**Mulige organspesifikke strømskader**

Nedenfor gjennomgås spesifikke skader etter strømutlukkelse samlet etter organsystem. I hvert avsnitt behandles først de akutte forhold og deretter mulige kroniske skader.

Hjerte- og karsystemet. Sinusknute og AV-knute er særlig sårbare for elektrisk strøm (7), og «husholdningsstrøm» med frekvens på omkring 50–60 Hz er særlig risikabelt i forhold til utløsning av ventrikkelflimmer (8). Vedvarende takykardi og S-T-segmentendringer kan ses uker etter ulykken (8, 9). Kronisk atrieflimmer kan forekomme som komplikasjon til strømgjennomgang i hjertet (8). EKG-forandringer (særlig ST-T-segmentendringer) ses ikke sjelden i akuttstadiet, men hvis EKG er normalt i akuttstadiet, er det neglisjerbar risiko for hjerteskadet og arytmier (8, 10–15), selv om senere arytmier er rapportert (16).

Skader på kar, herunder trombose, akutt og subakutt, er velkjent (9, 17). Mindre kjent er at skade på intima kan disponere for sene tromboser, og at skade av ernæringskar i veggen på større arterier kan disponere for senere aneurismeutvikling (18). Cerebral venøs trombose er beskrevet i flere tilfeller (19), og større/mindre hjerneinfarkter forekommer, men overses antakelig ofte. Mindre kar er som regel mer utsatt for skadelig termisk påvirkning enn større kar (17).

Huden. Denne er stort sett alltid utsatt for større eller mindre forbrenninger, men intakt hud kan allikevel godt dekke betydelig skade.

Nyre. Henfall av så lite som 2 g muskelvev øker mengden kreatinkinase (CK) i serum med en faktor på ca. 10 (med halveringstid ca. 20 timer) (20). Myoglobinuri ses hos inntil halvparten av de skadede som blir hospitalisert (21), mens nyresvikt på grunn av dette er meget sjeldent (21). Eventuell nyrepåvirkning er som regel fullt reversibel ved rikelig væsketilførsel (21, 22).

Muskel- og skjelettsystemet. Smerter i muskler, sener og ledd er vanlig etter strømutlukkelse (23). Muskelbrist, senerupturer og brudd kan forekomme på grunn av fall eller strømutløste sterke muskelkontraksjoner. På grunn av den høye temperaturen som kan oppstå når strøm passerer gjennom vev med stor motstand, for eksempel beinvev, kan man se betydelige nekroser i omkringliggende vev (24). En vanlig benevnelse på dette er «indre brannskade». Man må i tillegg være oppmerksom på utvikling av kompartmentsyndromer.

Strømutlukkelse gir altså økt risiko for nedsett mikrosirkulasjon, hvilket kan forårsake skadeutvikling i nerver, muskler og sener (4). Det er påvist en overhyppighet av nakke- og skulderplager i en ellers frisk gruppe elektrikere som hadde opplevd alvorlig strømgjennomgang sammenliknet med elektrikere som ikke hadde opplevd dette i løpet av de siste seks år før undersøkelsen (Goefeng LO, Haugen A, Melheim O, Veierstedt KB, Kjuus H. Electric accidents and musculoskeletal complaints among electricians. Abstract. 3rd International Scientific Conference on prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders (PREMUS), Helsinki, Finland, September 21–23, 1998; 144).

Sanseapparatet. Hørselsskader av både perifer og sentral natur forekommer så vidt hyppig etter strømutlukkelse at audiometri bør utføres (25, 26). Spesielt har man satt søkelys på redusert hørsel omkring 3 kHz (26), men også høyere frekvenser synes å bli rammet.

Det er rapportert at prematur utvikling av sen katarakt vil oppstå hos ca. 5 % av dem som har vært utsatt for høyspentskader (27). Disse skadene viser seg ofte først år etter ulykken (27).

Sentralnervesystemet affiseres ofte (1, 13, 22, 28, 29). Det manifesterer seg i form av desorientering eller kortvarig bevisstløshet,

av og til lammelser (herunder av respirasjonssenteret) og sensibilitetsforstyrrelser, som uttrykk for påvirkning av hjerne, ryggmarg og perifere nerver (1, 29, 30). Disse tilstandene er ofte reversible, men sentralnervøse skader gir hyppigere enn vanlig antatt senfølger (31).

Ved nevrofysiologiske undersøkelser kan man finne patologiske utfall ved testing av hjernestammereflekser («evoked responses») (23). Det er også beskrevet en nevrologisk sykdomstilstand som har stor likhet med amyotrofisk lateralsklerose (32, 33).

En mulig encefalopati manifesterer seg først og fremst i form av utfall av kognitive funksjoner, med reduksjon av innprentningsevne, nærhukommelse, langtidshukommelse, oppmerksomhet, forståelse og konsentrasjonsevne og med økt mental trettbarhet og språkforstyrrelser (18, 34). Man kan observere redusert dømmekraft, dårlig og skiftende humør, umotiverte raserianfall, utvikling av depresjoner og også psykoser etter strømutlukkelse (34, 35). Posttraumatisk stressyndrom er beskrevet (36).

Som regel er alvorlige skader på sentralnervesystemet varige, men enkelte synes å være reversible. Christensen og medarbeidere (37) beskriver en pasient som fem dager etter ulykken gradvis utviklet tetraplegi, med full remisjon etter seks måneder.

Mekanismene er stort sett ukjente for senfølger i nervesystemet som manifesterer seg etter uker eller måneder. Det finnes teorier om at strømgjennomgang kan gi subtile membranskader, «electroporation» eller proteindenaturering, som kan føre til skade etter viss latenstid (4, 38). Apoptose er en annen mulig mekanisme (39) som er beskrevet for skadede motoriske enheter (40) og ved nevrologiske sykdommer (41).

Det perifere nervesystem. Blant 182 pasienter hospitalisert etter strømskader fant Butler & Gant 17 med skader i det perifere nervesystem, 13 av disse hadde varige skader (18). En vanlig mekanisme for varige skader er fibrosert vev, særlig, men ikke bare, der nerver passerer gjennom trange kanaler (ved for eksempel albue, håndledd og fibulahodet). Grube og medarbeidere fulgte 22 pasienter etter lavspentulykker og 64 etter høyspentulykker (32). Hos totalt 11 oppstod 18 tilstander med senfølger med lokalisert perifer nevropati, hvorav halvparten gjenstod etter 5–9 års oppfølging. Kinnunnen og medarbeidere har beskrevet en pasient som utviklet nevropati i n. medianus og ulnaris. Symptomene debuterte noen uker etter en høyspentulykke, tiltok i løpet av ett år og vedvarte i hvert fall i hele oppfølgingstiden på tre år (42).

Det autonome nervesystem påvirkes ofte i akuttstadiet, med forstyrrelser i tarmfunksjon, blærefunksjon, temperaturregulering, blodtryksregulering og vasomotorisk – særlig i huden (43). Slike forstyrrelser er vanligvis reversible, men noen kan bli kroniske (43). Det er beskrevet kronisk refleksdystro-

fi måneder etter ulykken, muligens som følge av initial skade av blodforsyningen til nerveskjeden og lokal perinevral fibrose (43).

Diskusjon

Vi har funnet at den medisinske litteraturen beskriver en rekke akutte og kroniske helseeffekter av strømutykker. Det er nødvendig med god håndtering av pasientene i helsetjenesten, og vi gir her våre anbefalinger om dette.

Anbefalinger for henvisning til sykehus
Førstehjelp, varsling og henvisning til sykehus av strømskadede. Kriterier for hvem som bør henvises/legges inn i sykehus fremgår av ramme 1. Disse gjelder selvfølgelig for alle som utsettes for strømutykker, men i hovedsak berører det yrkeseksponeringer. Da elektrikere (og «hobbyelektrikere») ikke sjelden arbeider i høyden når de får elektrisk støt, er risikoen for fallskader stor. Prinsippene for førstehjelp finnes i *Norsk indeks for medisinsk nødhjelp* (6).

NB! Kontakt nødtelefon 113!

Selv om det er få tegn til ytre skader, kan det være alvorlige skader av indre organer. Fallskader kan på den annen side være så omfattende at de overskygger strømskadene, som derfor kan oppdages for sent for optimal behandling.

Hvis man er usikker på om den skadede tilfredsstillende ett av punktene nevnt i ramme 1, bør vedkommende i hvert fall tilses av lege, og trolig helst sendes til sykehus. Dette tilsier at den legen som eventuelt kommer til skadestedet – eller som møter en strømskadede i allmennpraksis/på legevakt – snarest bør forsøke å klarlegge forhold omkring ulykken, dvs. om det er en lav- eller høyspenningsulykke, strømvei, varighet av kontakt med strømkilden, opplysninger om fall og opplysninger om den skadede har vært desorientert/bevisstløs eller har vist funksjonsutfall. Av trykderettslige og arbeidsrettslige grunner bør alle arbeidstakere som får strømskader under arbeid tilses av lege, uansett om det synes å dreie seg om bagateller.

Pasienter som ikke henvises til sykehus. Det bør i flertallet av tilfellene utføres en konsultasjon 2–3 dager etter uhellet, og de samme forhold som er nevnt ovenfor bør vurderes. I arbeidsmessig sammenheng er det aktuelt at bedriftshelsetjenesten hvis mulig foretar videre oppfølging, med tanke på å avdekke potensielle senfølger.

Vi anbefaler at hvis strømskadede ikke følges opp av andre grunner, for eksempel komplikasjoner til akutteffekter, så skal de undersøkes av egen lege eller bedriftslege igjen etter ca. et halvt år. De fleste mulige senfølger er manifestert på dette tidspunktet. Det bør tas opp relevant anamnese og foretas orienterende nevrologisk undersøkelse og muskel- og skjelettundersøkelse samt audiometri og ev. synsundersøkelse.

! Ramme 2

Anbefalinger for observasjon/undersøkelser i sykehus

Alle som tilfredsstillende ett eller flere av innleggelseskriteriene nevnt i ramme 1 bør umiddelbart undersøkes med følgende:

Relevant anamnese

Legen bør forsøke å klarlegge forhold omkring ulykken, dvs. om det er en lav- eller høyspenningsulykke, strømvei, varighet av kontakt med strømkilden, opplysninger om fall og opplysninger om den skadede har vært desorientert/bevisstløs eller har vist funksjonsutfall

Klinisk undersøkelse/spesialundersøkelser

Bevissthetsnivå: Er vedkommende klar/orientert og kan gjøre rede for seg? Desorientert? Talevansker? Ved avvik fra det normale er det aktuelt med CT eller MR av hjernen

Sirkulasjon/hud: Blodtrykk måles på begge armer. Puls forsøkes registrert i aa. radialis, ulnaris, femoralis, tibialis posterior og carotis. Hudtemperatur? (Symmetrisk lik?) Registrere ev. cyanose eller blekhet på ekstremitetene. Undersøke hele kroppen for ev. brannskader

Nevrologisk undersøkelse: Fullstendig nevrologisk undersøkelse bør snarest utføres. I mottakelsesavdelingen foretas orienterende nevrologisk undersøkelse. Syn/hørsel bør testes

Muskel- og skjelettundersøkelse: Bevegelse i alle større ledd bør testes (inklusive i nakken), med spesiell forsiktighet ved mistanke om ortopedisk skade. Kirurgisk vurdering med tanke på utvikling av kompartmentsyndrom ved minste mistanke.

EKG-undersøkelse foretas etter følgende regler:

Normalt EKG og normal troponinverdi: Nytt EKG umiddelbart.

Forhøyet troponinverdi: Nytt EKG etter 24 timer (og følges opp)

Patologisk EKG og normal troponinverdi: Nytt EKG etter 24 timer

Forhøyet troponinverdi: Nye EKG-er etter klinisk vurdering

EKG sterkt patologisk Monitorering (hjerterovervåking)

(Husk at troponinstigning først kommer 2–4 timer etter skaden)

Øvrige blodprøver:

CK Normal og ingen mistanke om muskelnekrose eller sirkulasjonsforstyrrelser:

Ny prøve etter 24 timer aktuelt

Normal, men mistanke om muskelnekrose eller sirkulasjonsforstyrrelser:

Ny prøve, intervall individualiseres

Forhøyet:

Nye prøver, intervall vurderes, men senest etter 4–6 timer

Sterkt forhøyet: Nye prøver raskt. Vurdering av kirurg snarest mulig med tanke på revisjon av nekrotisk muskulatur med/uten kompartmentsyndrom.

Kreatinin/karbamid/leverprøver: Vurderes parallelt med CK

Urinundersøkelse: Urinstiks normal: Ingen oppfølging

Urinstiks patologisk: Oppfølging avhenger av blodprøvesvar

Følgende supplerende undersøkelser bør vurderes subakutt:

Nerveledningshastighet/EMG i ekstremitetene

MR av ekstremiteter for vurdering av dype muskelskader

MR av hjerne/medulla ved mistanke/tegn til skade av hjerne/ryggmarg

Nevrologisk spesialistvurdering der følgende funksjonstester kan bli aktuelle: somatosensorisk fremkalt respons, auditivt fremkalt respons og visuelt fremkalt respons

Audiometri

Øyelegeundersøkelse

Der data fra ovenfornevnte undersøkelser tyder på skade, er oppfølgingsundersøkelser viktig for å vurdere mulige senfølger

Ved betydelige brannskader skal alltid Brannskadeavsnittet ved Haukeland Universitetssykehus kontaktes.

Anbefalinger for observasjon/undersøkelser i sykehus

Alle som tilfredsstillende ett eller flere av kriteriene nevnt i ramme 1 bør umiddelbart undersøkes. Det bør foretas:

- Relevant anamnese
- Klinisk undersøkelse/spesialundersøkelser
- Undersøkelse av bevissthetsnivå
- Undersøkelse av sirkulasjon/hud
- Nevrologisk undersøkelse
- Muskel- og skjelettundersøkelse
- EKG-undersøkelse og troponinblodprøver

- Øvrige blodprøver: CK, kreatinin/karbamid/leverprøver
- Urinundersøkelse

En mer utfyllende beskrivelse av foreslåtte prinsipper for oppfølging i sykehus fremgår av ramme 2. Der data fra ovenfornevnte undersøkelser tyder på skade, er oppfølging viktig for å vurdere utviklingen av eventuelle senfølger. Ved brannskader av betydning skal alltid Brannskadeavsnittet ved Haukeland Universitetssykehus kontaktes.

Sykehus som behandler personer med strømskade skal sende epikrise til fastlege og bedriftshelsetjeneste (der det er aktuelt). Epikrisen skal inneholde relevante data fra ovenfornevnte undersøkelser, eventuelle behandlinger og anbefalinger om eventuell oppfølging.

Konklusjon

Det omfattende undersøkelsesopplegget som er aktuelt akutt – særlig i alvorlige tilfeller – er viktig av hensyn til optimal behandling, men også for å vurdere utvikling av eventuelle senfølger. Det kan hjelpe pasienter til tidlig å være oppmerksom på symptomer og funn, men kan også ha betydelige trygde- og erstatningsmessige implikasjoner, fordi det ofte kan være vanskelig å dokumentere sammenheng mellom ulykken og senfølger som utvikler seg etter en viss latenstid.

I denne artikkelen har vi ikke tatt opp behandling av kompartmentsyndrom, brannskader etc. Vi sammenfatter oppfatninger slik de fremkommer i tilgjengelig, spesielt nyere litteratur, der det i flere artikler er forslag om retningslinjer for oppfølging (1, 12, 22). Vi håper at de anbefalinger vi har utarbeidet her vil tas til etterretning i bransjen og det medisinske-faglige miljø for å kvalitetssikre oppfølging av skadede etter strømutlykker.

For videre informasjon henvises til Statens arbeidsmiljøinstituttets hjemmeside (www.stami.no/stromskader) og Arbeidsmedisinske veiledninger (www.nhi.no/amv).

Vi takker Arbeids- og administrasjonsdepartementet for finansiell og annen støtte til prosjektet.

Litteratur

- Lippestad C, Erikssen J, Vaagenes P, Høivik B. Strømskader. Patofysiologi og behandlingsprinsipper. Tidsskr Nor Lægeforen 1990; 110: 948–52.
- Årsmeldinger 1992, 1996 og 1999. Oslo: Produkt- og elektrisitetstilsynet, 1999.
- Tropea BI, Lee RC. Thermal injury kinetics in electrical trauma. J Biomech Eng 1992; 114: 241–50.
- Lee RC. Injury by electrical forces: pathophysiology, manifestations, and therapy. Curr Probl Surg 1997; 34: 677–764.
- Daniel RK, Ballard PA, Heroux P, Zelt RG, Howard CR. High-voltage electrical injury: acute pathophysiology. J Hand Surg 1988; 13A: 44–9.
- Norsk indeks for medisinsk nødhjelp. 2. utg. Stavanger: Åsmund S. Lærdal A/S, 1999.
- Robinson NMK, Chamberlain DA. Electrical injury to the heart may cause long-term damage to conducting tissue: a hypothesis and review of the literature. Int J Cardiol 1996; 53: 273–7.
- Carleton SC. Cardiac problems associated with electrical injury. Cardiol Clin 1995; 13: 263–6.
- Baxter CR. Present concepts in the management of major electrical injury. Surg Clin North Am 1970; 50: 1401–18.
- Arrowsmith J, Usugaocar RP, Dickson WA. Electrical injury and the frequency of cardiac complications. Burns 1997; 23: 576–8.
- Bailey B, Gaudreault P, Thivierge RL, Turgeon JP. Cardiac monitoring of children with household electrical injuries. Ann Emerg Med 1995; 25: 612–7.
- Fish R. Electric injury, part III: cardiac monitoring indications, the pregnant patient, and lightning. J Emerg Med 2000; 18: 181–7.
- Jain S, Bandi V. Electrical and lightning injuries. Crit Care Clin 1999; 15: 319–31.
- Partoft S, Jacobsen PTH, Alsbjörn BF. Elektriske skader – kardial monitorering? Ugeskr Læger 1997; 159: 7316–8.
- Purdue GF, Hunt JL. Electrocardiographic monitoring after electrical injury: necessity or luxury. J Trauma 1986; 26: 166–7.
- Jensen PJ, Thomsen PEB, Bagger JP, Nørgaard A, Baandrup U. Electrical injury causing ventricular arrhythmias. Br Heart J 1987; 57: 279–83.
- Hunt JL, McManus WF, Haney WP, Pruitt BA. Vascular lesions in acute electrical injuries. J Trauma 1974; 14: 461–73.
- Butler ED, Gant TD. Electrical injuries, with special reference to the upper extremities. A review of 182 cases. Am J Surg 1977; 134: 95–101.
- Patel A, Lo R. Electric injury with cerebral venous thrombosis. Case report and review of the literature. Stroke 1993; 24: 903–5.
- Fish R. Electric injury, part II: specific injuries. J Emerg Med 2000; 18: 27–34.
- Rosen CL, Adler JN, Rabban JT, Sethi RK, Arkoff L, Blair JA et al. Early predictors of myoglobinuria and acute renal failure following electrical injury. J Emerg Med 1999; 17: 783–9.
- Kobernick M. Electrical injuries: pathophysiology and emergency management. Ann Emerg Med 1982; 11: 633–8.
- Hooshmand H, Radfar F, Beckner E. The neurophysiological aspects of electrical injuries. Clin Electroenceph 1989; 20: 111–20.
- Bingham H. Electrical burns. Clin Plast Surg 1986; 13: 75–85.
- Grossman AR, Tempereau CE, Brones MF, Kulber HS, Pembroke LJ. Auditory and neuropsychiatric behaviour patterns after electrical injury. J Burn Care Rehabil 1993; 14: 169–75.
- Veierstedt KB, Goffeng LO, Tynes T. Senfølger av lavspent strømgjennomgang. Rotatortendinose, hørselstap og mulig neuropsykologisk funksjonstap. Tidsskr Nor Lægeforen 1997; 117: 3363–5.
- Boozalis GT, Purdue GF, Hunt JL, McCulley JP. Ocular changes from electrical burn injuries. J Burn Care Rehabil 1991; 12: 458–62.
- Cooper MA. Electrical and lightning injuries. Emerg Med Clin North Am 1984; 2: 489–501.
- Panse F. Electrical lesions of the nervous system. I: Vinken PJ, Bruyn GW, red. Handbook of clinical neurology. Bd. 7. Diseases of the nerves. New York: American Elsevier, 1970: 344–87.
- Solem L, Fischer RP, Strate RG. The natural history of electrical injury. Trauma 1977; 17: 487–92.
- Varghese G, Mani MM, Redford JB. Spinal cord injuries following electrical accidents. Paraplegia 1986; 24: 159–66.
- Grube BJ, Heimbach DH, Engrav LH, Copass MK. Neurological consequences of electrical burns. J Trauma 1990; 30: 254–8.
- Gallagher JP, Talbert OR. Motor neuron syndrome after electric shock. Acta Neurol Scand 1991; 83: 79–82.
- Pliskin NH, Fink JW, Malina AC, Moran S, Kelley KM, Capelli-Schellpfeffer M et al. The neuropsychological effects of electrical injury. New insights. Ann N Y Acad Sci 1999; 888: 140–9.
- Primeau M, Engelstatter GH, Bares KK. Behavioral consequences of lightning and electrical injury. Semin Neurol 1995; 15: 279–85.
- Mancuso-Ungaro HR, Tarbox AR, Wainwright DJ. Posttraumatic stress disorder in electric burn patients. J Burn Care Rehabil 1986; 7: 521–5.
- Christensen JA, Sherman RT, Balis GA, Wuamett JD. Delayed neurological injury secondary to high-voltage current, with recovery. J Trauma 1980; 20: 166–8.
- Robson MC, Murphy RC, Heggors JP. A new explanation for the progressive tissue loss in electrical injuries. Plast Reconstr Surg 1984; 73: 431–7.
- Løberg EM, Lømo J, Mæhlen J. Vil kunnskapsrevolusjonen om apoptose få medisinsk betydning? Tidsskr Nor Lægeforen 2000; 120: 57–61.
- Citron BA, Zhang SX, Smirnova IV, Festoff BW. Apoptotic, injury-induced cell death in cultured mouse murine motor neurons. Neurosci Lett 1997; 230: 25–8.
- Tews DS. Apoptosis and muscle fibre loss in neuromuscular disorders. Neuromuscular Disord 2002; 12: 613–22.
- Kinnunen E, Ojala M, Taskinen H, Matikainen E. Peripheral nerve injury and Raynaud's syndrome following electric shock. Scand J Work Environ Health 1988; 14: 332–3.
- Cohen JA. Autonomic nervous system disorders and reflex sympathetic dystrophy in lightning and electrical injuries. Semin Neurol 1995; 15: 387–90.