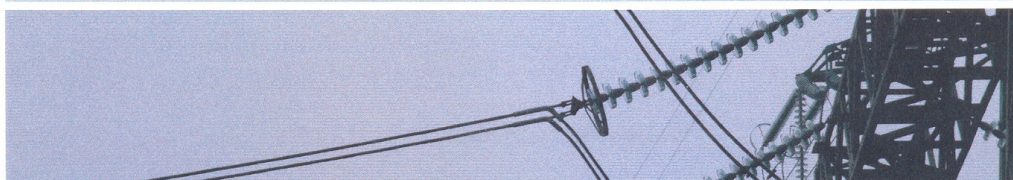




SENFØLGER EFTER EL-ULYKKER

Anette Kærgaard, overlæge, PhD ■ Arbejdsmedicinsk klinik ■ Herning Sygehus



Dansk El-Forbund 2006

Senfølger efter el-ulykker

Anette Kærgaard, overlæge, PhD
Arbejdsmedicinsk klinik
Herning Sygehus



Indholdsfortegnelse

Forord	2
Resumé	3
Summary	4
Indledning	5
Formål	5
Litteratursøgning	5
Definition af el-ulykke	6
El-ulykker i Danmark – registrerede og beregnede	6
Kønsfordeling	6
Dødsulykker	6
Patienter på arbejdsmedicinsk klinik	7
Ellære	7
Strømtype	7
Spænding	7
Strømstyrke	8
Vævsmodstand	8
Strømvej	8
Varighed af strømstødet	8
Skademekanismer	9
Organskader, oversigt	10
Hjerte og kar	10
Respiration	10
Hud	10
Nyrer	10
Bevægeapparat (muskel-skelet systemet)	10
Syn og hørelse	11
Smerter	11
Neurologiske følgevirkninger	12
Nervesystemet	12
Centralnervesystemet	12
Det perifere nervesystem	13
Det autonome nervesystem	13
Forsinkede nerverlidelser	14
Mulige årsagsmekanismer bag forsinkede neurologiske lidelser ...	14
Casebeskrivelser	15
Patientopgørelser	19
Epidemiologiske studier	21
Neuropsykologiske følgevirkninger	23
PTSD	24
Hyppigste symptomer	27
Livskvalitet efter el-ulykker	27
Diskussion	28
Konklusioner	31
Fremtidig forskning	32
Referencer	33



Forord

Under sloganet ”Nul spænding” gjorde Dansk El-Forbunds miljøudvalg 2005 til et internt kampagneår mod el-ulykker.

Kampagnen havde tre overordnede formål: at nedbringe antallet af el-ulykker, at fremme registreringen af indtrufne ulykker samt orientere sikkerhedsrepræsentanterne og følgevirkningerne efter strømstød. Indsatsen bestod af aktiviteter i form af artikler i fagbladet Elektrikeren, fyraftensmøder for sikkerhedsrepræsentanter i alle landets afdelinger samt uddeling af kampagnemateriale. Der blev arbejdet og argumenteret for, at forbundets medlemmer skal tage el-ulykker alvorligt, og at sikkerhedsorganisationerne skal begynde at føre dialog om, hvordan ulykker kan undgås.

I forlængelse af kampagnen var det naturligt også at rette opmærksomheden mod helbredsfølgerne efter el-ulykker. Flere af Dansk El-forbunds medlemmer har savnet information, vejledning og anerkendelse af en sammenhæng mellem ulykke og efterfølgende symptomer og nedsat arbejdsevne. Også blandt læger har skadesramte oplevet manglende viden om mulige følger efter el-ulykker. Men hvad ved man egentlig om følger efter el-ulykker? Hvad er den videnskabelige dokumentation? For at få svar på dette spørgsmål rettede Dansk El-forbund henvendelse til Arbejdsmedicinsk klinik i Herning, som med denne rapport beskriver nogle grundlæggende mekaniske bag strømskader og sammenfatter den videnskabelige litteratur på udvalgte områder.

Dansk El-Forbund har bidraget til rapporten med en finansieringsandel på 50.000 kroner.

Rapporten er gennemlæst og kommenteret af socialrådgiver Lotte Fischer, Dansk El-forbund, overlæge Ole Carstensen, Arbejdsmedicinsk klinik, Herning Sygehus og overlæge dr.med. Kaj Bo Veiersted, Statens Arbejdsmiljøinstitut, Norge.

Kommentarer og tilføjelser er inddraget i den endelige version af rapporten.

Det er Dansk El-forbunds håb, at rapporten vil blive brugt af læger, fagkonsulenter og andre aktører, som skal informere og rådgive patienter udsat for el-ulykker.

*Jens-Olav Pedersen, forbundssekretær
Dansk El-forbund*

Resumé

Denne rapport er udarbejdet i forlængelse af Dansk El-forbunds kampagne ”Nul spænding” i 2005. Det er rapportens formål at bidrage til øget viden om el-ulykker og helbredsmæssige senfølger efter el-ulykker.

Rapporten beskriver nogle grundlæggende mekaniske bag strømskader, og med en litteraturnemgang sammenfattes den eksisterende viden på områderne: smerter, nervebeskadigelse, hukommelses- og koncentrationsbesvær i relation til el-ulykker. Målgruppen er læger, øvrige sundhedspersonaler og fagkonsulenter, som skal informere og rådgive patienter udsat for el-ulykker.

Litteratursøgningen er gennemført i 2005 i de elektroniske tidsskriftdatabaser PubMed og Psychinfo ved søgning på ’electric injuries’ i kombination med en række neurologiske og psykologiske søgeord. I rapporten er medtaget både casebeskrivelser og patientopgørelser uden kontrolgrupper, da der kun findes yderst få studier med kontrolgrupper. De fleste artikler er originalarbejder, men der er også inddraget reviews.

Der findes ingen registre eller opgørelser over det reelle antal årlige el-ulykker i Danmark. Da Arbejdstilsynets statistikker over ulykker kun er opgjort på branchegrupper, jobtyper og skadetyper, kan antallet af el-ulykker ikke udledes af denne statistik. Behæftet med stor usikkerhed laver Sikkerhedsstyrelsen som alternativ en årlig estimering af det samlede årlige antal el-ulykker i Danmark.

El-ulykker rammer oftest mænd. Det er i hovedtræk elektrisk energi, termisk energi, lysbuedannelse, trykbølge, (thermoakustisk effekt), lynnedslag og sekundær mekanisk energi, der er mekanismerne bag vævsskader ved strømdudsættelse.

Smerter i muskler, sener og led er almindeligt forekommende efter el-ulykker. Der er ved denne litteraturnemgang ikke fundet studier, som har fokus på smerter hos el-ulykkes patienter – hverken i relation til udbredelse, intensitet eller forløb.

I en række tilfælde vil følgevirkninger efter el-ulykker kunne forklares umiddelbart ved enten termisk eller elektrisk skade. Der er flere kasuistiske eksempler på, at også lavspændingsulykker kan forårsage nervelidelser, både centrale og perifere. Nerver er det væv, der har den mindste modstand efterfulgt af blod, muskler, hud, sener, fedt og knogler. Ved lavspænding vil strømvejen automatisk gå, hvor modstanden er mindst.

Litteraturen omfatter en lang række casebeskrivelser, hvor neurologiske og neuropsykologiske symptomer indsatte dage, uger eller måneder efter el-ulykken. Årsagsmekanismen bag denne forsinkelse er ikke kendt, men i litteraturen diskuteres forskellige teorier, og disse er gengivet i rapporten.

Otte patientopgørelser omhandler forsinkede neurologiske følger efter el-ulykker. Alle udgår fra specialafdelinger som brandsårsafdelinger, kirurgisk afdeling, neurologisk afdeling og behandlingscenter.

Det er kendt, at der kan opstå neuropsykologiske følger efter en el-ulykke, men hvor udbredt dette problem er hos el-ulykkes patienter, og hvorvidt el-ulykker kan give dokumenterbare (målbare) kognitive reduktioner er genstand for megen diskussion. Rapporteringen i litteraturen er langt overvejende kasuistisk, men de senere år er tilkommet enkelte mindre case kontrol studier. Den bedst kendte ikke-organiske følgevirkning efter el-ulykker er posttraumatisk stress syndrom.

Det bedst og eneste epidemiologisk studerede helbredsudfald efter el-ulykker er amyotrofisk lateral sclerose (ALS) (ikke at forveksle med dissemineret sclerose, som er en fundamental anden sygdom), som i case kontrolstudier er fundet henholdsvis 2,8 og 4,6 gange hyppigere hos el-ulykkes patienter.

Den eksisterende viden om senfølger efter el-ulykker er hovedsageligt baseret på casebeskrivelser og patientopgørelser.

Der er en stor mangel på forskning, der kan beskrive omfanget og alvorligheden af helbredsfølger efter udsættelse for strømskade. I særdeleshed er der mangel på forløbsstudier, hvor det også er muligt at beskrive forsinkede og eventuelt progressive symptomer.



Summary

This report has been written in connection with the Danish Union of Electrician's campaign "Nul spænding" from 2005. The report aims at providing more knowledge about electrical accidents and their long-term health consequences.

The report describes some basic mechanisms underlying electrical injuries. A literature review of existing knowledge is also summarised for the following themes: pain, nerve damage, and memory and concentration impairment in relation to electrical accidents. The report's target group is doctors, other health professionals, and consultants, who inform and advise patients exposed to electrical accidents.

The literature review was conducted in 2005 via the net-based journal archives PubMed and Psychinfo, and involved 'electric injuries' and a combination of various neurological and psychological terms as search criteria. The report includes both case descriptions and summaries of patient group characteristics, but without control groups, since studies with control groups are very rare. Most articles concern original research, but reviews are also included.

No registers or statistics concerning the real number of yearly electrical accidents in Denmark exist. Since the Danish Working Environment Authority's accident statistics are specified only on the basis of trade, job-type and type of injury, the number of electrical injuries can not be estimated from them. As an alternative, The Danish Safety Technology Authority makes an estimate of the total yearly number of electrical accidents in Denmark, but this is encumbered with much uncertainty.

Electrical accidents most often affect men. In general, the mechanisms behind tissue damage following exposure to electric current are electrical energy, thermal energy, arc formation, blasts, (thermo-acoustic effects), lightning strikes and secondary mechanical energy.

Pain in muscles, tendons and joints are frequent after electrical accidents. The present literature review has not uncovered studies that focus on pain in electrical accident patients, neither in terms of frequency, intensity nor course.

In a number of cases the consequences of electrical injuries could be accounted for by either thermal or electrical damage. There are several case examples showing that even low voltage accidents can cause neural disorders, both central and peripheral. Nerves are the tissue with the least resistance, followed by blood, muscles, skin, tendons, fat and bones. In the case of low voltage, the current will automatically take the path of least resistance.

The literature contains many case descriptions, where neurological and psycho-neurological symptoms arise days, weeks or months after an electrical accident. The causal mechanisms behind such delays are not known, but various theories exist and are presented in the report.

Eight summaries of patient characteristics deal with delayed neurological effects after electrical accidents. All originate from specialised hospital departments such as burn-units, surgical wards, neurological departments and treatment centres.

It is established that neuropsychological consequences of electrical accidents can occur, but the extent of the problem and whether or not electrical accidents can give rise to measurable cognitive impairments are questions that remain to be answered. Reports in the literature are dominated by single case descriptions, but in recent years a few small case control studies have appeared. The best known non-organic effect of electrical accidents is post-traumatic stress disorder (PTSD).

The only epidemiologically studied health effect of electrical accidents is amyotrophic lateral sclerosis (ALS) (not to be confused with disseminated sclerosis, which is a completely different disease), which has been found to occur 2.8 and 4.6 times more frequently in electrical accident patients in two case control studies.

The existing knowledge of long-term consequences of electrical accidents is generally based on case descriptions and grouped patient summaries.

There is a marked lack of research describing the extent and seriousness of health consequences following current surge. There is a particular lack of longitudinal studies which allow descriptions of delayed or progressive symptoms.



Indledning

Formål

Rapportens overordnede formål er at bidrage til øget viden om el-ulykker og følger efter el-ulykker. Målgruppen er læger, øvrige sundhedspersonaler og fagkonsulenter, som skal informere og rådgive patienter udsat for el-ulykker.

Det specifikke formål er at identificere videnskabelige undersøgelser, som beskriver smerter, nervebeskadigelse, hukommelses- og koncentrationsproblemer. Disse områder er valgt, fordi de repræsenterer væsentlige senfølger hos arbejdsmedicinske patienter henvist efter strømstød, og fordi områderne samtidig antages som mindre velbeskrevne sammenlignet med de akutte skader. Gennem en litteraturgennemgang sammenfattes den eksisterende viden på området.

Litteratursøgning

Litteraturen, der knytter sig til el-ulykker i alle dets konsekvenser, er omfattende. Litteraturen er samtidig karakteriseret ved at være fokuseret på udvalgte specifikke områder, der naturligt afspejler forfatterens specialetilknytning. El-ulykkes patienter kommer ofte i kontakt med mange forskellige specialister fra plastikkirurger, neurologer og kardiologer til ortopædkirurger, reumatologer og neuropsykologer. Især litteraturen vedrørende brandsårsskader er omfattende. Ekspositionerne omfatter lavspænding, højspænding, lysbuedannelse samt lynnedslag. På nogle områder kan der paralleliseres mellem følger efter lynnedslag og øvrige el-ulykker¹.

Da denne litteraturgennemgang omhandler følger efter el-ulykker, medtages kun litteratur om følger efter lynnedslag, hvor det skønnes relevant.

I PubMed er lavet MeSH søgning (Medical Sub Heading) på "electric injuries" (3423 hits) i kombination med

AND	"neurologic manifestations" [MeSH]
AND	"neurobehavioral Manifestations" [MeSH]
AND	"neurophysiology" [MeSH]
AND	"neuropsychological Tests" [MeSH]
AND	"pain" [MeSH]
AND	"rehabilitation" [MeSH]
AND	cognitive
AND	long-term
AND	dystonia
AND	dystrophy
AND	delayed

Dette gav tilsammen 429 artikler. Abstracts blev gennemlæst, og alle artikler, som alene beskrev akutte skader i form af brandsår, amputationer, akutte øjenskader, hjertelidelser eller andre foci uden for områderne smerter, nervebeskadigelse og hukommelses- og koncentrationsproblemer blev frasorteret. Efter gennemlæsning af abstracts resterede 82 artikler. Der blev suppleret med artikler efter tilsvarende søgning i Psychinfo. Der fandtes ingen referencer ved søgning i Cochrane Library. Ved gennemlæsning af artiklerne blev suppleret med relevante artikler fra referencelister og opfølgende søgninger i PubMed, mens andre artikler blev sorteret fra på grund af manglende relevans. I rapporten er medtaget både casebeskrivelser og patientopgørelser uden kontrolgrupper, da der kun findes yderst få studier med kontrolgrupper. De fleste artikler er originalarbejder, men der er også inddraget reviews.

Definition af el-ulykke

Sikkerhedsstyrelsen (tidligere Elektricitetsrådet) definerer en el-ulykke som ”Enhver hændelse, hvor elektrisk strøm har medført, at en person, direkte eller indirekte, er blevet skadet ved strømgennemgang eller lysbue”. Ifølge definitionen involverer en el-ulykke således altid en person. Definitionen er fælles for de nordiske lande.

El-ulykker i Danmark – registrerede og beregnede

Der findes ingen registre eller opgørelser over det reelle antal årlige el-ulykker i Danmark. Som andre arbejdsulykker skal arbejdsrelaterede el-ulykker, der har medført arbejdsudygtighed i én dag eller mere ud over tilskadekomstdagen, anmeldes til Arbejdstilsynet, og det er arbejdsgiverens pligt at anmelde ulykken. Alle har dog ret til at anmelde en arbejdsulykke; dvs. skadelidte selv, skadelidtes læge eller en anden, som handler på skadelidtes vegne, kan anmelde en arbejdsulykke til Arbejdstilsynet².

I Arbejdstilsynets statistikker er ulykker opgjort på branchegrupper, jobtyper og skadetyper. Da el-ulykker ikke er nogen selvstændig defineret skadetype og samtidig fordeler sig på tværs af stort set alle brancher og med meget forskellige følgevirkninger, er det ikke muligt at vurdere antallet af el-ulykker ud fra denne statistik.

Sikkerhedsstyrelsen udgiver hvert år en statistik over egne registrerede el-ulykker i Danmark. I den seneste statistik³ sammenlignes data fra 2004 med den seneste 10-årsperiode 1994-2003. I 2004 registrerede Sikkerhedsstyrelsen således 81 el-ulykker, hvoraf de 78 var arbejdsulykker. Registreringen baserer sig på oplysninger fra Arbejdstilsynet, politiet og indberetninger fra forsyningselskaberne. Der er imidlertid ingen indberetningspligt i Danmark, og tallene siger derfor intet om det reelle antal ulykker.

Som alternativ laver Sikkerhedsstyrelsen hvert år i sin statistik en beregning (estimering) af det samlede årlige antal el-ulykker i Danmark. Denne estimering baserer sig på flere kilder, blandt andet tal fra skadestuerregistreringer på 5 sygehuse i Danmark: Glostrup, Herlev, Frederikssund, Esbjerg og Randers. De fem sygehuse dækker 17 % af den danske befolkning, og registreringerne er skønnet repræsentative for befolkningen i relation til køn og alder. På de 5 skadestuer blev i 2004 registreret 89 arbejdsulykker og 54 hjemmeulykker i forbindelse med el. Samtidig refererer Sikkerhedsstyrelsen til en spørgeskemaundersøgelse fra 1995 om konsekvenser af el-chock (Elundersøgelsen)⁴, hvor 29 % af de ulykkesramte bekræfter at have modtaget lægebehandling på grund af følger efter ulykken. Endelig benyttes en oplysning om, at 25% af ulykkesramte behandles udenfor skadestuerne (Arbejds miljøfondet, 1980), altså hos praktiserende læger eller andre steder. Disse oplysninger kombineres herefter til estimering af det årlige antal el-ulykker i Danmark i 2004: $(89 + 54) / (0,17 \times 0,75 \times 0,29) = 3867$. Dette tal er behæftet med meget stor usikkerhed.

Kønsfordeling

El-ulykker rammer oftest mænd. Blandt de 78 arbejdsrelaterede el-ulykker, Sikkerhedsstyrelsen registrerede i 2004, var 86% mænd. En stor brandsårsafdeling i Alberta, Canada modtog over en 10 års periode 74 patienter med følger efter el-ulykker, heraf var 96% mænd⁵. De 30 af tilfældene var på grund af lysbue, 42 skyldtes direkte kontakt og 2 tilfælde var lynnedslag. 74.3% af ulykkerne var arbejdsrelaterede. I Duffs review fra 2001⁶ af 26 el-ulykkes studier udgør mændene 98%.

Dødsulykker

De seneste 10 år har antallet af omkomne ved el-ulykker i Danmark svinget mellem 0 og 5 personer. Gennemsnitlig er 2 omkommet pr år i perioden 1995 til 2004. I USA er el-ulykker den fjerde hyppigste enkeltårsag til arbejdsrelaterede dødsulykker⁷ og i absolutte tal sker der cirka 1000 dødsulykker om året.

Patienter på arbejdsmedicinsk klinik

Arbejdsmedicinsk klinik i Herning har i perioden 1997 til 2005 undersøgt 15 patienter med følger efter el-ulykker, heraf de 10 patienter inden for de seneste 4 år.

Gennemsnitsalderen for de undersøgte var 42 år (25 til 56 år). Kønsfordelingen var 12 mænd og 3 kvinder. De 12 mænd fordelte sig på fagene: kabelmontør, plast maskinpasser, rørsmed, murer, 2 elektrikere, hvidevaremontør, ufraglært svejser, slagteriarbejder, asfaltarbejder, servicemedarbejder, operatør. De 3 kvinder var en isolatør, en rengøringsassistent og en tarmrenserlærling. Strømkilden var i 3 tilfælde højspænding, 7 lavspænding, 1 lynnedslag, 4 uangivne. Tidsintervallet fra ulykkes-hændelsen til undersøgelsen på Arbejdsmedicinsk klinik varierede jævnt fra ½ år og op til 9 år.

Patienterne præsenterede ved undersøgelsen en række forskelligartede symptomer. Fælles for stort set alle patienterne var dog klager over muskelsmerter, udtalt træthæd, kraftsløshed, og tiltagende hukommelses- og koncentrationsbesvær. To patienter fik stillet diagnosen PTSD (Post Traumatisk Stress Disorder).

Allerede i 1991 skrev Hansen ON⁸ i Ugeskrift for Læger tre kasuistikker om patienter, der ved arbejdspsykologisk undersøgelse efter en el-ulykke fremviste neuropsykologiske følger i form af dementiell tilstand, kognitive reduktioner og angsttilstand.



Ellære

El-ulykker forekommer hyppigst i relation til arbejdsfunktioner, men er dog ikke ualmindelige i forbindelse med aktiviteter i hjemmet. Ulykker ved lynnedslag udgør en helt særlig gruppe, men på grund af fælles helbredseffekter er el-ulykker og lynnedslags-ulykker ofte afrapporteret sammen i litteraturen.

Nedenstående faktorer er afgørende for typen og alvorligheden af strømskader:

Strømtype

Der skelnes mellem jævnstrøm (hvor elektroner løber én vej) og vekselstrøm (hvor elektroner løber frem og tilbage). Vekselstrømmens svingninger opgives i Hertz (Hz). På grund af en tendens til at give tetaniske kramper med fiksering til strømkilden, er vekselstrøm anset for at være farligere end jævnstrøm⁹. Dels kan kramperne betyde, at personen ikke er i stand til at slippe spændingskilden, og strømbelastningen forøges dermed. Dels forekommer hjertet at være mere følsomt overfor vekselstrøm – især ved lave frekvenser omkring 50-100 Hz, hvor risikoen for udløsning af hjertestop (ventrikelflimmer) er størst. Muskelkramperne kan være så kraftige, at muskler, sener og knogler beskadiges. Den almindelige strøm i privatboliger og kontorer (husholdningsstrøm) er lavspændings vekselstrøm (i Danmark 220volt, i USA 120 volt) med en frekvens omkring 60 Hz.

Spænding

I daglig omtale skelnes mellem højspænding og lavspænding. I litteraturen lægges skillelinien i de fleste tilfælde ved 1.000 volt, selv om andre opdelinger også anvendes. Når skillelinien netop lægges der, har ikke noget klinisk argument – blot at det kan bruges til at lave en opdeling af patienterne. Spænding angives i Volt (V), og spændingsforskel er det, som får den elektriske strøm til at løbe gennem et sluttet kredsløb.

Strømstyrke

Elektrisk strøm måles i Ampere (antal elektroner der passerer et givet punkt pr sekund). Strømmængden vil ofte være betydende for omfanget af indre skader. Strømmen afhænger både af spænding og modstand. Ohms lov: $I = U/R$, hvor I er strømmen målt i ampere, U er spændingen i volt og R er modstanden i ohm, på det sted strømmen løber. Betydningen af strømstyrken for skader i et vævsområde kan i nogle tilfælde bedre beskrives ved strømtætheden i vævsområdet, målt som ampere/cm².

Vævsmodstand

Modstanden er sjældent kendt men vil nogle gange kunne estimeres. Huden er den primære (overgangs)-modstand overfor strømstød. Jo tykkere hud, jo større modstand – jo fugtigere hud, jo mindre modstand. Mens en arbejdshånd med masser af hård hud vil kunne udgøre en modstand på over 1.000.000 ohm, vil en almindelig tør gennemsnitshånd have en modstand på 5.000 ohm og en våd hånd 1.000 ohm^{6,7,10,11}. Til at illustrere betydningen heraf kan man foretage det regneeksempel, at en hårdhudet hånd (f.eks. 1.000.000 ohm) tager om en spændingskilde på almindelig husholdningsstrøm, 220 volt. Dette vil skabe en strøm på ($I=U/R$) under 0.5 mA, hvilket kun vil føles som et let knips. Til sammenligning vil modstanden på en svedig eller våd hånd måske være reduceret til 1000 ohm, og strømmen derfor 220 mA, hvilket er særdeles smertefuldt og kan være dødeligt (ventrikelflimmer), afhængigt af strømvejen. Normalt vil 15mA forårsage muskelkontraktioner, og allerede fra 30-50 mA kan strømme udløse ventrikelflimmer¹².

Kroppens øvrige indre modstand udgøres af alle væv og er skønnet til at ligge mellem 500 og 1000 ohm⁷.

Forskellige typer af væv i kroppen udgør forskellige modstandsforhold. Med største modstand nævnt først er rækkefølgen: knogler, fedt, sener, hud, muskler, blod, nerver¹⁰.

Strømvej

Ved lavspænding vil strømvejen automatisk være der, hvor modstanden er mindst. Ved højspænding følger strømmen ikke på samme måde vejen med lavest modstand, men tager den direkte vej mellem kontaktpunkt og jord¹³.

Ved el-ulykker vil der typisk være ét eller flere steder, hvor strømmen går ind i kroppen og tilsvarende ét eller flere steder, hvor strømmen går ud. I langt de fleste tilfælde er indgangen gennem hænderne. De alvorligste skader opstår ved strømvej gennem centralnervesystemet eller brystet. Når strøm passerer fra hånd til hånd passerer også en del af halshvirvelsøjlen (C4-C8 regionen) med risiko for neurologiske og respiratoriske følger¹³.

Varighed af strømstød

Jo længere tid strømmen virker, jo større termisk skade. For vekselstrøm gælder, at hvis varigheden er kortere end 1/3 af hjertecyklus, er der betydelig større risiko for hjerrestop (ventrikelflimmer) end hvis varigheden er mere end 6 hjerteslag. Ved det korte stød kan udløses ventrikelflimmer, hvis stødet rammer i hjertets vulnerable fase (T-takken på EKG'et)⁹.



Skademekanismer

Det er i hovedtræk følgende mekanismer, der kan forårsage vævsskader ved strømdudsættelse:

- 1) Elektrisk energi, er energien relateret til positionen af elektriske ladninger i et elektrisk felt. Det elektriske felt, der dannes under et strømstød, antages at kunne medføre strukturelle ændringer i cellemembraner og dermed beskadigelser på celle niveau. Se side 15.

- 2) Termisk energi. Når strøm møder modstand dannes varme (termisk energi), der beskrives med enheden joule.

Joules lov: $J = U \times I \times t$ (J =joule, U =volt, I = ampere, t =tid)

Ohms lov: $U = R \times I$

$\Rightarrow J = R \times I^2 \times t$

Den termiske energi, der afsættes i vævet, er således proportional med spændingen, men også med kvadratet af strømmen. Når den elektriske energi ved passage gennem kroppen hurtigt omsættes til termisk energi (varme), er dette årsagen til de fleste umiddelbare og varige skader^{11,14} (vævsdestruktion og koagulativ nekrose).

Eksempel: Hvis hudmodstanden er stor, vil højspænding ofte medføre betydelige brandsår som følge af varmeudviklingen. Hvis hudoverfladen derimod er fugtig og modstanden lav, kan der være beskedne forandringer i huden men til gengæld store skader i underliggende væv.

Selv om modstanden er størst i knoglevæv (og varmeafgivelsen derfor stor), er knoglen også forholdsvis resistent overfor varmpåvirkning sammenlignet med kar- og nervevæv¹³. Ved højspændingsskader eller langvarig lavspænding med strømgennemgang kan den termiske energi dog blive så høj, at der opstår destruktion og nekrotisering af knogler og omkringliggende væv.

- 3) Lysbuedannelse. Elektrisk strøm kan fremkalde skader ved lysbuedannelse (gnistdannelse i luften mellem strømførende materialer), hvor højspænding ioniserer luftens partikler. En lysbue kan række over flere meter og dermed forårsage skade, uden der har været direkte kontakt til spændingskilden¹¹. Ved lysbuedannelse løber der normalt ingen eller kun lidt strøm gennem personen, men temperaturen kan til gengæld i løbet af en brøkdel af et sekund blive meget høj ($4000-5000^{\circ}\text{C}$)^{7,11}. Beklædning kan antændes, og denne gruppe patienter vil derfor oftest præsentere de mest omfattende brandsårsskader¹⁵.
- 4) Trykbølge. (thermoakustisk effekt) Ved lysbuedannelse/-eksplosion opstår på brøkdele af et sekund så kraftig varmeudvikling, at der dannes en trykbølge. Varigheden er ganske kort, men effekten kan være voldsom (f.eks. trommehindesprængning)^{6,16}.
- 5) Lynnedslag. Ved lynnedslag kan strømmen løbe gennem kroppen, men oftere vil den løbe langs huden, hvorved der kan aftegnes et karakteristisk bregnelignende mønster på huden¹¹. Hjertestop er den hyppigste dødsårsag (cirka 30 % af de ramte)¹¹. Ellers er forbrændingerne oftest begrænsede og de neurologiske udfald forbigående^{11,15}.
- 6) Sekundær mekanisk energi (voldsomme muskelkontraktioner eller fald). Stumpe traumer sker ikke sjældent, når personen i forbindelse med strømstødet falder, slår sig eller får noget ned over sig.



Organskader, oversigt

Der anvendes i litteraturen mange måde til opdeling af helbredsskader efter el-ulykker. På følgende måde kan opdeles efter symptomdebut og varighed:

1. Akut skade – opstår i umiddelbar relation til ulykken og kan enten være
 - a) forbigående (f.eks. bevidstløshed, hukommelsestab, paræstesier)
 - b) varige (f.eks. CNS-skader, neuropati, forringet korttidshukommelse).
2. Forsinket skade – viser sig med kortere eller længere latenstid efter ulykken og kan enten være:
 - a) forbigående eller varig (f.eks. myelopati, neuropati)

De alvorligste akutte helbredsskader ved el-ulykker omfatter hjertestop, respirationsstop, brandsår, skader på nervevæv og nyresvigt.

Hjerte og kar

Et strømstød kan i alvorligste fald medføre hjertestop (ventrikelflimmer). I andre tilfælde kan følgerne være forskellige former for uregelmæssig hjerterytme (arytmi). Strøm, der ledes fra arm til arm, giver relativ størst risiko for hjertekomplikationer, fordi strømmen passerer hjertet¹⁷. De farligste frekvensområder for vekselstrøm er 50-100 Hz. Hvis en person umiddelbart efter en el-ulykke har et normalt EKG (hertekardiogram), beskrives risikoen for hjertelidelse og uregelmæssig hjerterytme som ubetydelig¹⁷. Tidligere lavede man på de fleste hospitaler et døgn's arytmiovervågning af alle patienter udsat for el-ulykker, men det ser ikke ud til at være nødvendigt undtaget på helt bestemte indikationer⁹. Skader på blodkar, herunder blodpropper (tromber) er en velkendt akut og subakut skade. Langsom trombosering kan være en mulig forklaring på sent indsættende symptomer, hvor muskulatur har fået ødelagt blodtilførslen⁹. Der er beskrevet blodpropper i vener til hjernen. Mange tilfælde bliver angiveligt overset¹⁷.

Respiration

Respirationsstop er ligesom hjertestop en umiddelbar livstruende konsekvens¹¹.

Hud

De sværeste brandskader forekommer ved lysbuedannelse og som sekundære brandskader på grund af lysbuens antændelse af beklædningsdele. Det skal altid erindres, at selv om huden er intakt, kan der på grund af energiafsættelse i vævet alligevel være betydelige skader i dybden.

Nyrer

Nyresvigt kan være en akut dødelig konsekvens direkte af strømmen. Sekundært kan opstå nyreskade ved ophobning af myoglobin (muskulaturens iltbinder) fra skadet muskelvæv. I de fleste tilfælde vil en påvirket nyrefunktion normaliseres, når der tilføres rigelige mængder væske¹⁷.

Bevægeapparatet (muskul-skelet systemet)

Når strøm passerer væv med stor modstand som f.eks. knoglevæv, kan den afsatte varmeenergi medføre vævsdestruktion (nekrose) i både knogle og omkringliggende sene- og muskelvæv¹⁰. Blod og væske, der trænger ud under stramme muskelhinder, kan medføre så højt et tryk, at blodkar og nerver bliver afklemt (kompartmentsyndrom). Højspændingsulykker er associeret med en høj forekomst af denne komplikation. Blandt 195 patienter, indlagt på et amerikansk brandsårscenter efter højspændingsulykker, forekom kompartmentsyndrom hos 29% inden for det første døgn¹⁸. Risikoen for amputationer var tilsvarende høj. Ved muskelødelæggelse frigives store mængder kalium og myoglobin, som efterfølgende skal udskilles via nyrerne, og hvor en eventuel udfældning af myoglobin i nyrevævet kan medføre nyreskade.

Muskel-skelet systemet kan i øvrigt være påvirket indirekte via strømmens beskadigelser på nervesystemet medførende f.eks. nedsat muskelkraft eller muskelsvind (atrofi).

Syn og hørelse

El-ulykker kan forårsage forskellige øjenlidelser, hvoraf grå stær (katarakt) er den hyppigst beskrevne. Grå stær er beskrevet udviklet fra en måned og op til to år efter en el-ulykke, men kan også udvikles inden for få timer¹⁹⁻²¹. Høreskader forekommer efter el-ulykker med en hyppighed, der berettiger, at der udføres en høretest efterfølgende (audiometri)^{17,22,23}.

En sammenligning af de væsentligste og mest karakteristika helbredsmæssige konsekvenser efter lavspænding, højspænding og lynnedslag ses i tabel 1. Tabellen er en oversættelse fra Koumbourlis AC's artikel Electrical injuries, 2002⁷.

Tabel 1 Helbredsmæssige konsekvenser efter lavspænding, højspænding og lynnedslag

	Lavspænding	Højspænding	Lynnedslag
Spænding (V)	<1000	>1000	>30 x 10 ⁶
Varighed	Længerevarende	Kortvarig	Øjeblikkelig (1-2 msek)
Strømtype	Oftest veksel	Jævn eller veksel	Jævn
Årsag til hjerTESTop	Ventrikelflimmer	Ventrikelflimmer	Asystoli
Årsag til respirationsstop	Tetaniske kontraktioner af respirationsmusklerne	Indirekte traume eller tetaniske kontraktioner af respirationsmusklerne	Direkte CNS skade
Muskelkontraktioner	Tetaniske	Jævn: enkelt, Veksel: tetaniske	Enkelt
Forbrændinger	Oftest overfladiske	Hyppige, dybe	Sjældne, overfladiske
Rhabdomyolyse*	Hyppig	Meget hyppig	Sjælden
Årsag til stumpe skader	Fald (sjældent)	Muskelkontraktion, fald	Trykbølge
Akut dødelighed	Lav	Moderat	Meget høj

*Myoglobin i urinen, øget serumkreatinkinase (frigjorte proteiner som tegn på ødelæggelse af muskelceller)

Tabellen er en oversættelse fra Koumbourlis AC's artikel Electrical injuries, 2002⁷.

Smerter

Smerter i muskler, sener og led er almindeligt forekommende efter el-ulykker. Mange patienter vil have smerter i den ekstremitet strømmen er gået ind, også selv om der ikke er abnorme objektive fund.

Der er ved denne litteraturgennemgang ikke fundet studier, som har fokus på smerter hos el-ulykkes patienter – hverken i relation til udbredelse, intensitet eller forløb.

I Henders artikel "Overlooked diagnoses in chronic pain: Analysis of Survivors of electric shock and lightning strike" fra august 2005²⁴ undersøges, hvilke diagnoser der kan stilles hos kroniske smertepatienter. Blandt 1579 nyhenviste til et multidisciplinært behandlingscenter for kroniske smertepatienter kom i perioden 1999-2003 77 patienter med symptomer efter en el-ulykke. Heraf gennemgik 41 et fuldt udredningsprogram (24 havde ikke tilstrækkelig forsikring, 12 gennemgik delvis udredning). For hver patient blev lavet et review over undersøgelsesresultater (blodprøver, psykologiske testninger, lægeundersøgelser) før henvisning til centret. Afhængigt af patientens symptomer blev lavet en omfattende udredning med røntgen, Doppler scanning, MRI scanning, knoglescanning, EMG, nerveledningshastighed, neurometri (følesans), diagnostiske blokader, blodprøver, EEG, PET scanning af hjernen m.m.

Kun meget få af de praktiserende lægers henvisningsdiagnoser på de 77 patienter kunne genfindes. Til gengæld blev stillet 444 nye diagnoser (beskrevet ved objektive fund), hvoraf kun 8 fremgik af henvisningerne. Det drejede sig primært om nerve beskadigelser og columnalidelser.



Neurologiske følgevirkninger

Nervesystemet

Nervesystemet kan anatomisk opdeles i centralnervesystemet og det perifere nervesystem. Centralnervesystemet består af hjernen og rygmarven, mens det perifere nervesystem består sensoriske nerver, der bringer signaler til hjernen, og motoriske nerver, der overfører kommandosignaler fra hjernen til musklerne.

Funktionsmæssigt kan man inddеле nervesystemet i det somatiske og det autonome nervesystem. Det autonome nervesystem er karakteriseret ved at være udenfor viljens kontrol (f.eks. nerver til blodkar og indre organer).

Ved el-ulykker kan der opstå beskadigelse på alle niveauer af nervesystemet. Den lægelige betegnelse for nervebeskadigelse i det perifere nervesystem er neuropati, som kan ramme følenerver (sensoriske), bevægenerver (motoriske) eller begge. Neuropati kan ramme en enkelt nerve (mononeuropati) eller flere nerver (polyneuropati). Beskadigelse af hjernen betegnes encefalopati, beskadigelse af rygmarven betegnes myelopati og om beskadigelser i det autonome nervesystem bruges betegnelsen autonom neuropati. Der kan, ud over selve strømudsættelsen ved en el-ulykke, opstå andre akutte nervebeskadigelse på grund af sekundære traumer som f.eks. faldtraumer med slag mod hovedet eller frakturer.

Stort set enhver kombination af neurologiske symptomer og lidelser kan opstå efter et strømstød, og der beskrives forsinkelse på op til måneder mellem ulykken og udviklingen af de neurologiske dysfunktioner.

Centralnervesystemet

Centralnervesystemet påvirkes ofte ved en el-ulykke. Bevidsthedsmæssigt kan det variere fra lettere desorientering umiddelbart efter ulykken over kortvarig bevidstløshed til langvarig bevidsthedstab (koma). Symptomer fra centralnervesystemet er oftest akutte og forbigående, men kan dog også vise sig som forsinkede symptomer, og ved alvorlige skader på centralnervesystemet kan symptomerne blive permanente i form af føleforstyrrelser eller lammelser, enten delvist (pareser) eller fuldstændigt (paralyser). I en diagnostisk udredning, kan funktionen af centralnervesystemet undersøges elektrofysiologisk med EP-undersøgelser (evoked potentials), hvor SEP (somatosensory evoked potentials) er en undersøgelse af sensoriske baner fra arme og ben til rygmarv og sensorisk hjernebark, og MEP (motor evoked potentials) er en undersøgelse af motoriske baner fra motorisk hjernebark til musklerne. I Hooshmands opfølgning af 16 patienter²⁵ med forskellige anfaldsfænomener efter el-ulykker fandtes abnormiteter i EP-undersøgelserne, mens EEG (elektroencephalografi, måling af hjerneaktivitet) og CT-scanning af hjernen var uden diagnostisk værdi.

Amyotrofisk lateral sclerose (ALS) er en alvorlig lidelse i centralnervesystemet (50-100 tilfælde i Danmark om året), hvis association til udsættelse for magnetfelter har været undersøgt i store register og kohorte studier de senere år²⁶. Også i relation til el-ulykker findes ALS flere gange kasuistisk beskrevet. ALS er en af flere sygdomme, der betegnes motor neuron sygdomme, hvor samlinger af nerveknopper beliggende i hjerne og rygmarv ødelægges, og hvor sygdommen udvikler sig i løbet af få år med et forudsigeligt tab af funktionsevne. Mekanismen bag sammenhæng mellem el-ulykke og ALS er ikke kendt. En case-kontrol undersøgelse fra 1983²⁷ (63 patienter med motor neuron lidelse, 61 kontroller) viste en 4,6 gange øget risiko for ALS, hvis man havde været udsat for el-ulykke eller ramt af lyn. Et større case-kontrol studie af Deapen og Henderson i 1986²⁸ (518 cases, 518 kontroller)(tabel 6) viste en signifikant øget risiko for ALS med en odds ratio på 2.8 i forhold til alvorlige elektriske chok. I Johansen og Olsens historiske kohorteundersøgelse fra 1998²⁹ fandt

man blandt 21.236 mænd (ansatte på danske el-værker i perioden 1900 til 1993), en fordoblet risiko (SMR, 2.0) for at dø af ALS sammenlignet med gennemsnitsbefolkningen.

Det er uvist om overdødeligheden på grund af ALS skyldtes udsættelse for elektromagnetisk felt eller strømstød.

Som for mange af de øvrige neurologiske lidelser opstår symptomerne ofte med betydelig forsinkelse i forhold til ulykkestidspunktet. Dette ses blandt andet i Jafaris³⁰ patientopgørelse fra 2001 af seks cases (tabel 4).

Dystoni er betegnelsen for et symptom, men også en sygdom i hjernen. Sygdommen viser sig som en konstant og formålsløs overaktivitet i visse muskler, hvilket medfører enten ufrivillige, vridende/rykvise bevægelser i hoved, krop, arme eller ben eller vedholdende muskelsammentrækninger, der kan give anledning til forkerte stillinger af dele af kroppen. Dystoni findes beskrevet i en række casebeskrivelser som følge efter el-ulykke, se tabel 3. Mekanismen, der fører til sygdommen, er ukendt, men tillægges normalt forstyrrelser i hjernens besked til musklerne. Bedst kendt er nok tilstanden torticollis (skævhals), der er en konstant drejning eller træk af hovedet mod den ene side. Diagnosen stilles ved hjælp af sygehistorien og den neurologiske undersøgelse, evt. EMG (elektromyografi). Karakteristisk for alle casebeskrivelser i tabel 3 er, at der er vel undersøgt for psykoneurotiske årsager og ikke fundet tegn på dette.

I litteraturen er rygmarsvslæsioner (spinal cord lesions) nok den hyppigst rapporterede neurologiske følge efter el-ulykker. I tabel 2 giver Holbrook³¹, Farrell³², Allan³³, Clouston³⁴ og Freeman³⁵ alle casebeskrivelser af rygmarsvslæsioner (myelopati).

Myelopathy er den engelske betegnelse for, at der er noget galt med selve rygmarsven (spinal cord). Lidelsen er meget forskellig fra radiculopathy, som er tryk på konkrete nerverødder udspringende fra rygmarsven. Forskellige former for rygmarsvslæsioner kan forekomme, når strømmen passerer fra krop til ekstremitet eller fra ekstremitet til ekstremitet..

Forsinket rygmarsvslæsion efter el-ulykker er et sjældent men veldokumenteret fænomen. Incidensen (hyppigheden) af rygmarsvsskader som følge af el-ulykker angives fra flere traumecentre at ligge mellem 2-5%^{34,35}.

Spinal beskadigelse er som regel enten akut og forbigående eller forsinket og vedvarende.

Det perifere nervesystem

Perifere nervebeskadigelser – enten forbigående eller vedvarende – er ikke ualmindelige efter el-ulykker, specielt i den ekstremitet strømmen er passeret. De fleste tilfælde findes blandt patienter udsat for højspænding³⁶. Skader kan opstå i relation til forbrændinger, enten direkte eller indirekte senere fordi arvævsvævninger medfører afklemning. Perifer neuropati kan dog også opstå uden umiddelbart synlige skader. Et eksempel er Paranos³⁷ beskrivelse af en seksårig dreng, som med begge hænder fugtige tommel og pegefinger sætter begge ender af en udrettet papirclips ind i en stikkontakt. Ud over lidt rødme på fingrene har drengen ingen umiddelbare symptomer. Efter seks uger opstår begyndelse følelsesløshed og kraftnedsættelse i hænderne. Der udvikles muskelsvind i håndfladerne (tenar atrofi), og seks måneder efter ulykken viser neurofysiologisk undersøgelse nedsat nerveledningshastighed svarende til medianusnerven på begge hænder. Der var ingen tegn på afklemning. Tabel 2 indeholder flere eksempler på perifer nervedilse: Rosenberg³⁸ og Clouston³⁴ beskriver begge cases med carpal tunnel syndrom (CTS, afklemning af medianusnerven ved håndleddet) og Engrav³⁹ beskriver en case med både ulnaris- og medianusnerve affektion.

Det autonome nervesystem

Det autonome nervesystem påvirkes ofte i det akutte stadie efter en el-ulykke med forstyrrelser af tarmfunktion, blærefunktion, temperaturregulering, blodtryksregulering og vasomotion (ændring i blodkars kalibre). Forstyrrelsen forsvinder sædvanligvis igen, men kan hos enkelte blive kronisk.

En speciel tilstand af autonom nervebeskadigelse er refleksdystrofi (RSD, Reflex Sympathetic Dystrophy). Refleksdystrofi er en kronisk smertetilstand, hvor den sympatiske del af det autonome nervesystem er involveret. Tilstanden kan opstå efter en fysisk skade, blandt andet el-ulykker⁴⁰. Mekanismen er, at hjernen, på grund af beskadigede nerver det sted, hvor skaden har ramt, ikke kan genkende nervesignaler gennem det normale system. Der bliver så aktiveret nervesignaler fra hjernen og rygmærken gennem det ubevidste nervesystem, og symptomet er intense brændende smerter i det ramte område. Senere udvikles muskelsvind (atrofi), nedsat bevægelsefunktion og kølig cysnotisk (blålig bleg) hud. Sygdommen udvikles gradvist over måneder. Diagnosen stilles dels ved sygdomsbilledet og hudens udseende, dels ved at se effekt af at blokere for den sympatiske del af det ubevidste nervesystem højere oppe end det smertende sted (sympaticusblokade). Der findes en række kasuistiske beskrivelser af refleksdystrofi efter el-ulykker⁴⁰. Se desuden case-beskrivelserne Rosenberg DB³⁸, Demun EM⁴¹ og Aldrete JA⁴² i tabel 2.

Forsinkede nerveridelser (delayed nerve injury)

Mens de akutte helbredseffekter efter el-ulykker oftest er kendte og velbeskrevne, så overses de forsinkede effekter antageligt ofte efter en el-ulykke. Allerede i 1968 samlede Farrell³² 23 tidligere beskrevne eksempler på forsinkede neurologiske symptomer, hvor alle havde udviklet symptomer mellem få dage og 24 måneder efter en el-ulykke. De fleste cases drejede sig om atrofisk paralys af en ekstremitet. Farrell supplerer selv i artiklen med et eksempel på forsinket neurogen atrofi (tabel 2).

Mulige årsagsmekanismer bag forsinkede neurologiske lidelser

Mekanismerne er stort set ukendte for skader på nervesystemet, som manifesterer sig efter uger eller måneder. I litteraturen diskuteres forskellige teoretiske årsagsmekanismer. Termisk energi kan forklare mange af de akut indsættende symptomer men ikke de forsinkede.

Ændring i proteinsyntese: En hyppig antaget teori er, at strømmen medfører strukturelle ændringer i cellernes proteinsyntese (evt. mitoseændring i celler med hurtig celledeling som under stråling) og dermed beskadiger blodkarrenes intima (inderste cellemembran i blodkar) medførende risiko for trombose og ændring i blodflow. Denne udlægning gav allerede i 1969 anledning til en diskuterende leder i BMJ⁴³ om årsagerne til forsinkede neurologiske følger efter el-ulykker. I 1976 fulgte Low⁴⁴ efter med en casebeskrivelse af muskelsvækkelse, atrofi og nedsat følesans på høj hånd og underarm, debuterende 2 år efter ulykken (tabel 2).

Vaskulær skade: Strømmen danner tromber i helt små blodkar, som ikke har akut betydning, men hvor vedvarende nedsat blodforsyning til væv og nerver medfører iskæmi, fibrose af strukturerne omkring nerven og dermed forsinket tab af nervefunktion.

Apoptose (programmeret celledød): Apoptose er en proces, hvorved celler ødelægges sig selv⁴⁵. Mekanismerne har været studeret i dyre- og in vitro (reagensglas) forsøg i relation til cancerbehandling og udvikling af neurologiske lidelser. Teorien er, at beskadigede celler afgiver signalstoffer, der efterfølgende fører til nabocellers død.

Electroporation: Det elektriske felt, der dannes under et strømstød, antages at kunne medføre beskadigelser på celle niveau. Baggrunden er ændringer i cellemembranernes proteinstruktur⁴⁶ med den konsekvens, at cellevægens permeabilitet ændres. Der opstår porer i cellemembranen og konsekvensen kan være irreversibel celledød^{6,12}. Især hvis strømstødet er kort, vil de ikke-termiske betingede skader være vigtige, og ødelæggelserne være relateret til cellemembraner⁴⁷.

Electroporation med langsom celledød er én mulig forklaring på forsinkede neurologiske følger efter el-ulykker – og er også en teoretisk mulig forklaring på forsinkede neuropsykologiske symptomer.

Casebeskrivelser

I nedenstående tabel 2 og 3 ses casebeskrivelser af forsinkede neurologiske manifestation efter el-ulykker. I tabellerne ses flere eksempler på, at også lavspændingsulykker kan medføre perifer neuropati.

Tabel 2 Casebeskrivelser. Forsinkede symptomer/lidelser efter el-ulykker.

Forfatter/land/år	Alder, Køn Profession Spænding	Strøm ind/ud	Akutte symptomer	Forsinkede sympto- mer/lidelse	Forsinkelse efter el-ulykke
Farrell DF ³² Californien USA 1968	67 år, mand 18.000 volt vek- selstrøm	Høj hånd/Ve fod	Fortumlet få sekun- der, smerter mellem skulderbladene, beh. m fysioterapi.	Føleforstyrrelser, muskel- svækkelse, atrofi, fascikula- tioner. Findes foreneligt med neurogen atrofi af ve ben. Ellers rask.	24 måneder
Christensen JA ¹⁰ Florida USA 1980	22 år, kvinde 7.000 volt	Ve hånd/ ve side kraniet	Svære brandsår, amputation af ve. underarm, kranie- knoglenekrose.	Gradvis quadriplegi*. Spontan remission. Bevaret følesans.	5.-9. dag
Ratnayake B ⁴⁸ England 1996	23 år, mand 20kV	Høj arm/ høj side af bryst og abdomen	Forbrændinger 28%. Svære ne- kroser, amputation.	Perifer neuropati, forbigå- ende.	4 uger
Vazquez D ⁴⁹ Spanien 1994	41 år, mand Bar stilladsele- ment mod høj- spænding 11.000 volt	Hals/ arme og ben	Forbrændinger Nekroser, amputati- on.	Paraplegi* m inkomplet tab af følesans. MR viste herni- ation af Th6/Th7 m anterior spinal compression. Fuld remission efter 1 år.	7 dage
Rosenberg DB ³⁸ Philadelphia, USA 1989	31år, mand Tog mekaniker 600 volt, jævn- strøm	Høj hånd/?	Forbrænding på hånd og underarm 2%. Snurren og prikken i fingrene.	Smerter og fornemmelse af følelsesløshed fra nakke og ned gennem høj arm. Påvist Carpal tunnel syndrom.	2-3 uger
Rosenberg DB ³⁸ Philadelphia, USA 1989	19 år I telefonboks	Ve hånd/ Høj ben	Svag og følelsesløs ve hånd. Normal neuro us og CT scan.	Brændende, følelsesløs, stiv ve hånd. Ødematøs, varm, nedsat sens i området God effekt af sympatikus- blokade. (ganglion stellate). Diagnose: refleksdystrofi.	> 3 uger
Demun EM ⁴¹ Virginia, USA 1993	37 år, kvinde Filmfremkalder 120 volt, 60 Hz	Høj hånd/?	Ikke bevidstløs. Ingen forbrændin- ger. Normal neurologi.	Hævelse af høj hånd, pa- ræstesier, pulserende smer- ter i høj OE. Hudtemp lavere. Nedsat håndtrykskraft Ødem. Røntgen, øvrige neuro og obj us normal. Diagnose: Refleksdystrofi.	5-60 dage
Aldrete JA ⁴² USA 1994	39 år, kvinde Rengøring af vådt metalbord 220 volt	Høj hånd/begge fødder	Kortvarig bevidstløs	Refleksdystrofi af høj arm med hårtab, kølig hud, hyperhidrose, allodyni, skøre negle. Smerter i hele armen. Senere refleksdy- strofi af ve fod m sm i ve 1 tå, allodyni, hypersensibilitet. UL viser fibrose/ arvæv i tåen.	3-11 må- neder

Parano E ³⁷ Italien 1995	6 år, dreng Hjemme 220 volt, veksel- strøm	Begge tommel og pegefingre om en udrettet papirclips, hvor enderne stikkes ind i en stik- kontakt.	Let rødme og ødem, intet bevidsthedstab, ingen brandsår, ingen lægekontakt	Snurren og svaghed i begge hænder. Atrofi af tenar bilat Nerveledningshastighed viser betydelig bilat me- disnuspåvirkning. MRI af hjerne og rygmarg er nor- mal. Ingen anden sygdom.	Få uger – 6 måneder
Holbrook LA ³¹ England 1970	23 år, mand Hjemme 33.000 volt	Klipper i et kabel med en hækkesaks	Bevidstløs indtil sygehuset, her ud af sengen uden pro- blemer. Overfladisk for- brændt på 15%.	8.dag: føleforstyrrelser i ve tommel og pegefingre. 12.dag: spastisk parese i begge ben. 21.dag: lam og følelsesløs i alle fire ekstremiteter. 120.dag: bilat katarakt 160.dag: fuld følesans undtaget hænder. Svage ben, men går ved stokke. Ellers rask	8 - 20 dage
Francis DA ⁵⁰ England 1984	34 år, mand Hjemme 240 volt, veksel- strøm	Høj hånd/ve hånd Tetaniske kramper	Svære smerter i nakke og ve skul- der. Klinisk under- søgelse normal Flere dage med muskelspasmer i ve arm.	Progressiv kraftsløshed og muskelatrofi i ve arm veri- ficeret ved klinisk us og EMG. Påvist kompressions- fraktur af caput humeri. Symp persisterer efter 4 måneder	3 uger
Allan RN ³³ England 1969	61 år, mand Egen båd 240 volt, veksel- strøm	Lille overfla- disk sår på ve albue/ Rødt område til ve nederst på ryggen	Findes bevidstløs. Hyperrefleksi i høj arm ellers normal neurologi. Desori- enteret ca et døgn. Normal lumbal- punktur, blodprøver, BT, kliniks us.	Kraftsløshed i begge arme, bekræftes ved EMG. Nor- mal ben- og kranienerver. Normal ledningshastighed bekræfter den kliniske diagnose rygmargslæsion og ikke perifer læsion.	48 timer
Bariar LM ⁵¹ Indien 2002	35 år, mand Telefonmontør	??	2 min bevidstløs EKG normal 2. og 3. grads for- brændiger, 35%	Blæreparese. Kraftsløshed i begge ben. Fremgang efter dag 3.	1 døgn
Clouston PD ³⁴ Australien 1989	34 år, mand Hang-glider i højspændingsled- ning 22.000 volt	Brandsår begge underarme og ve lår.	Initialt normal kraft overalt. Rhabdomyolyse. Fascie spaltning.	Svaghed i begge ben. Følelsesløs på ve balle. Klin us viser bilat UE spa- sticitet og kraftnedsættelse. MR af hals og bryst colum- na er normal Diagnose: myelopati, vist ved EP-us. Desuden også Carpal tunnel syndrom høj side. Følesans og autonome nervesystem intakt. Næsten fuld remis- sion.	2 uger
Freeman CB ³⁵ Canada 2004	58 år, mand Lynnedslag	Høj kranie og halside/ nederste ve side af brystvæggen	Brandsår. Kort tid bevidstløs.	Gradvis følelsesløshed og snurren i begge hænder, progredierende til underar- me og fødder. Via MR ses hyperintens signal på ni- veau C1 til C3 – Diagnose: forsinket myelopati. Desu- den også høj Carpal tunnel syndrom. Ellers rask.	6 uger

Jackson FE ⁵² USA 1964	10 år, dreng Dragesnor vikledesig omkring højspændingsledning 71.000 volt	Begge hæn- der/fødder	Bevidstløs Brandsår, 36% God bevægelighed af ekstremiteter	Konfus, hallucineret Gradvis motorisk og senso- risk quadriplegi. Postmortem: Makroskopisk og histologisk ingen tegn på traume eller infektion – derimod et segment midt- cervicalt til T4 med vævs- nedbrud, ødem, sporadisk intravaskulær trombose.	7 uger
Shreenivas DK ⁵³ 1971	22 år, mand Gadelys reparation Højspænding	Brændsår høj albue og under- arm.	Bevidstløs et døgn Alle us normale. Ingen kendt sygdom	Lammelse af høj ansigts- halvdel, høj arm, begge ben. Forenelig med upper motor neuron læsion.	1-2 uger
Low YS ⁴⁴ Malaysia 1976	26 år, mand Laboratorie- assistent 220 volt	Høj underarm/ ? (evt fødder)	Ikke bevidstløs. Snurren i høj arm i to dage, herefter symptomfri	Udvikler progressiv mu- skelsvaghed, atrofi og ned- sat følesans på høj hånd og underarm. Diagnose: progressiv spinal atrofi. Grundig paramedi- cinsk us viser ingen tegn til anden sygdom.	2 år
Breugem CC ⁵⁴ Holland 1999	20 år, mand 15.000 volt	Høj side kraniet/ ve underben	Sekunders bevidst- løshed. Brandsår 8.5%	Paralyse af begge ben + hypoton parese af begge arme. Katarakt høj øje. Efter 15 måneder fuld kraft og følesans i begge arme, benene bedring men nedsat kraft.	10 dage
Baqain E ⁵⁵ Australien 2004	33 år, mand elektriker 22.000 volt	Isse/fødder	Brændsår på isse og fødder.	Tiltagende påvirkning af kraniennerver (respirator) + quadriplegia CT, MR, blodprøver nor- male. Diagnose: tetraplegi. Spon- tan bedring efter 8 uger. Symp væk efter 1 år.	7 dage

Quadriplegia: lammelse af begge ben og begge arme. * Paraplegia: lammelse af halvdelen af kroppen, almindeligvis benene, * Hemiplegia: lammelse af den ene halvside af kroppen.

Forkortelser: beh behandling m med symp symptomer
bilat bilateralt MR magnet resonans scanning temp temperatur
EMG elektromyografi obj objektivt UL ultralyd
høj højre OE overekstremitet us undersøgelse
klin klinisk sm smerter ve venstre

Tabel 3 Casebeskrivelser. Tvangsholdninger (dystoni) efter el-ulykker.

Forfatter/land/år	Alder, Køn Profession Spænding	Strøm ind/ud	Akutte symptomer	Forsinkede sympto- mer/ lidelse	Forsinkelse efter el- ulykke. (udredninger)
Tarsy D ⁵⁶ Massachu- setts, USA 1994	29 år, Mand Arbejde 110 volt	Fast i 10 sek Ind: høj hånd	Ingen forbrændin- ger. Smerter, pa- ræstesier og snur- ren i højre hånd.	Tonisk ekstension af høj 2-4. finger. Heref- ter gradvis udvikling af refleksdystrofi med tynd skind, kølig hud, cyanose, ødem af fingre, nedsat følesans distalt for albue.	3 dage (Ingen psykoneuro- tiske eller hysteri- ske træk i anamne- se eller klinisk us. MRI normal. Ner- veledning normal)
Tarsy D ⁵⁶ Massachu- setts, USA 1994	31 år Mand Arbejde ? volt	Ind: venstre hånd Ud: fødder	Kort bevidstløs Mindre forbræn- dinger. Udvikler brændende, snur- rende smerter i venstre arm og ben.	Ufrivillig fleksion af venstre 4 og 5 finger efter 6 uger + inversion af venstre ankel	6 uger. (Normal nerveled- ning. MRI hjerne og columna nor- mal)
Tarsy D ⁵⁶ Massachu- setts, USA 1994	19 år Mand arbejde ? volt (almin- delig ledning)	Ind: venstre hånd	Let overfladisk brandsår. Svag i venstre tommel og pege- finger + smerter i hånden. Hypersensitiv.	Spasmer i 2.-4. fing- res bøjemusklér. Kan ikke aktivt strække. Normal passiv bevæ- gelighed. Normal følesans	2 uger (Normal nerveled- ning. Årsag ufor- klarlig. Ingen indi- kationer på simule- ring)
Cosolimo C ⁵⁷ England 1993	28 år Mand Hushold- ningsmaskine	Ind: høj hånd Fastsiddende indtil slået væk	Intet bevidst- hedstab. Svære smerter i høj arm, skulder og nakke. Normal kraft.	Udvikler spasmer i høj arm, herefter torti- collis (skævhals) med konstant hovedhæld- ning mod venstre, løftet venstre skulder, og drejning af kind mod højre.	15 dage (CT normal, MRI normal. Normal bevægelig- hed under bedøvel- se. Funktionelle årsager overvejet, men ingen forkla- ring i personlighe- den.)
Bookong- chuen P ⁵⁸ England 1996	37 år Mand Jernbanemand 400 volt	Ind: venstre armhu- le Ud: høj arm Kortvarige kramper.	Intet bevidst- hedstab. Let for- brænding på begge skuldre. Prikken og stikken i fingre og arme. Stærke smer- ter i venstre arm.	Udvikler ufrivillig løft af høj skulder, hovedfældning mod høj, rykvis retrocollis (bagudbøjning) med rotation af kinden mod venstre.	1 uge (MR normal. CT normal. EMG ingen denervation. Effekt af botulinum toxin Ingen familiær eller personlig forklaring på dystoni.)
Ondo W ⁵⁹ Texas, USA 1997 Baskerville JR ⁶⁰ Texas, USA 2002 (Samme case)	21 år Kvinde Skifte el-pære	? (ang 110 v) Bevidstløs nogle minutter. Lille brandsår på høj pegefin- ger.	Brændende for- nemmelse omkring begge ører. Metal- smag i munden.	Efter 3 minutter smertefri højresidig deviation af tungen - medførende læspende tale, tendens til tun- gebid og synkebe- svær.	Umiddelbart. (Ingen depression, histrioniske træk eller kognitive reduktioner. Ingen atrofi. MR og angiografi normal. Effekt af botulinum toxin.

Adler CH ⁶¹ USA 1997	34 år Mand Kraftigt el- stød ved rust- frit stålbord.	Ind: høj hånd	Ikke bevidstløs Ingen brandsår Kramper i høj arm.	Efter to timers søvn: bøjet albue, smerter i hele armen, følelses- løshed. Efter to uger: reflexdystrofi med dystoni: høj arm ad- duceret, flekteret i albue og håndled.	2 timer Mangeelektrodet EMG viser kon- stant tonisk akti- vit, kan ikke afledes. Ingen varig effekt af botulinim toxin. Ender efter 4 år med elektiv am- putation over albu- en, fordi armen er i vejen for aktivitet.
---------------------------------------	---	---------------	---	---	---

Som tabel 2 og tabel 3 illustrerer, er case rapporteringerne mange, og i langt de fleste tilfælde beskrives seriøse overvejelser og undersøgelser for at finde en organisk forklaring.

I casen beskrevet af Shreenivas⁵³ redegøres systematisk for differentialdiagnostiske overvejelser. Tilfældet er en 22-årig mand, udsat for en højspændingsulykke i forbindelse med reparation af gadelys. Patienten var bevidstløs et døgn tid, havde overfladiske brandsår på højre albue og underarm. Hjerterytme, EKG, lungefunktion, pupilreaktion, muskeltonus, dybe reflekser fandtes alt sammen normalt ved indlæggelsen. I løbet af anden uge efter ulykken udvikler patienten kraftsløshed i højre arm, højre ansigtshalvdel og begge ben. Tilstanden udvikler sig til komplet paralyse. Følesansen er normal. Røntgenbilleder, spinalvæske og WR (syfilis test) er normale. Normal myelografi.

Blødning i hjernen udelukkes, da der er normal øjenreaktion og ingen cerebral irritation.

Kronisk subdural hæmatom (blødning under den hårde hjernehinde) udelukkes, da der ikke er hovedpine, ingen fluktuerende bevidsthed, helt blank cerebrospinalvæske (rygmarvsvæske). Cerebral ødem efter traumat udelukkes, da symptomerne ville være progredieret og have medført døden.

Trombose i carotis interna udelukkes, da der er god puls og ingen mislyde på nogen af siderne.

Tilstanden tolkes til sidst som en direkte følge af strømmens effekt på hjernen. Den mest nærliggende forklaring vurderes at være lokal forstyrrelse i hjernens blodflow.

Patientopgørelser

I tabel 4 på næste side ses en oversigt over 8 patientopgørelser, hvoraf 5 udgår fra brandsårsafdelingen, 1 fra kirurgisk afdeling, 1 fra neurologisk afdeling og 1 fra et behandlingscenter. Alle opgørelser benytter sig af journalmateriale med det formål enten at samle casebeskrivelser eller beskrive en afdelings generelle erfaringer med el-ulykker.

I den største opgørelse, som omfatter 700 el-ulykkes patienter indlagt over en 20 års periode (1982-2002), beskriver Arnoldo¹⁵ (tabel 4), at mens der under indlæggelsesperioden kun var 5 % af patienterne, der havde neurologiske komplikationer, var der ved opfølgning efter en uangivet periode 25 procent af de samme patienter, der havde perifer mono- eller polyneuropati.

Tabel 4 Patientopgørelser. Forsinkede symptomer/lidelser efter el-ulykker.

Forfatter Land Årstal	Patientgruppe Afdeling Opsamlingsperiode Opfølgning Mænd/kvinder Gennemsnitsalder Arbejdsulykker %	Spænding	Metode Outcome	Udvalgte resultater	Forsinkede symptomer/ lidelse
Arnoldo BD ¹⁵ Texas, USA 2004	700 konsekutive patienter udsat for el-ulykker (7.1% af alle) Brandsårcenter. 1982-2002 Ja, opfølgning 662/38 32.4 år	Højspænding 38% Lavspænding 20% Lysbue 40% Lynnedslag 2%	Journaloplysninger. Outcome: Alder, køn, udbredelse af brandsår, bevidsthedstab indlæggelsestid, operationer, amputationer, mortalitet	Bevidsthedstab hos 37% af højspænding, 26% af lavspænding. Højspænding giver generelt flere og alvorligere komplikationer.	Mens indlagt: 5% med neurologiske komplikationer Ved follow-up (periode ikke angivet): 25% med perifer mono eller polyneuropati
Butler ED ⁶² Californien, USA 1977	182 konsekutive patienter med el-skader. Kirurgisk afd. 20 år Nej, opfølgning 179/3 36 år 95%	Høj 66% Lav 34 % (110 til 220.000 volt) Veksel 95% Jævn 5%	Journaloplysninger. Outcome: forbrændinger, mortalitet, hjertesygdom, infektioner, lunge-, mave-tarm-, nerve- (hyp-pigst), blære-, kar-lidelser, amputationer m.m.	Perifer neuropati hos 9%, hyppigst medianus og ulnaris	Omhandler kun akutte lidelser
Hooshmand H ²⁵ Florida, USA 1989	16 patienter Anfalds (epilepsi) Control Center. 1976-1987 5-9 år 13/3 Range 21-47 år 75%	Høj 75% Lav 25%	Journaloplysninger. Outcome: Anfaldsfænomener, psykologiske testresultater for angst, depression, hukommelse, koordination. Rekruttering ikke beskrevet.	88% med svær depression. 75% med anfaldsfænomener. EEG og CT uden diagnostisk værdi. EP-us viste abnormiteter.	Ingen angivelser Efter 5 år havde 11 af 13 mistet deres arbejde, 9 af 11 var blevet skilt.
Engrav LH ³⁹ Washington, USA 1990	Retrospektiv review af 9 cases, ud af 80 el-ulykkes patienter. Plastikkirurgisk/brandsårskirurgisk afdeling 1983-1988 Nej, opfølgning Alle mænd 21-42 år	7.000 til 25.000 volt	Journaloplysninger. 9 patienter (15 overekstremiteter) præsenterede akut lam-melse af medianus og ulnaris på håndleds-niveau. Heraf blev 7 ekstr, amputeret. Nu 5 patienter med 8 ekstr.	Bedring over tid for 7/8 ekstremiteter. Effekt af CTS og Guyon's kanal operation uvis.	Alle akut opstå-et. Ingen undersøgelser af senere incidente cases.
Jafari H ³⁰ Frankrig 2001	Patientopgørelse 6 cases Neurologisk afd 5 mænd, 1 kvinde 51.5 år	2 Lynnedslag, 4 udsat for 380V Strøm ind: Høj hånd (2+1lyn), ve hånd (1), ve fod (1), ve øre/hånd (1) (lyn)	Journaloplysninger Casebeskrivelser med div symptomer som karakteristisk for ALS: fascikulationer, kraftnedsættelse, muskelsvind.	Motor neuron sygdom, der starter i kropssiden udsat for elstød. 4 af cases diagnosticeret som ALS (amyotrofisk lateral sklerose)	10 dage, 21 dage, 6 måneder, 7 måneder, 33 måneder, 18 år

Koller J ⁶³ Slovakiet 1989	5 patienter (af 138 patienter) med brandsår efter højspændingsulykker. Brandsårsafdeling 15 års periode 5 mænd 20-47 år	Højspænding	Journaloplysninger Forbrændinger Forsinket neurologisk lidelse.	Motor neuron-sygdom. Fuld helbredelse hos 3, delvist hos 2	21 dage 5 dage 4 dage 20 dage 5 dage
Ko SH ⁶⁴ Syd Korea 2004	13 patienter (af ukendt antal el-stød) Brandsårscenter 1996-2002	Højspænding Ind hoved: 11 Ind høj hånd: 2	Journaloplysninger Lammelser.	Forsinket spinal disorder hos alle. Paraplegi 5 cases Quadriplegi 4 cases. Delvis bevaret følesans hos alle.	Indsætter mellem 2-10 dage efter ulykken
Grube BJ ³⁶ Washington 1990	90 patienter (af 2305 indlagte) udsat for el-ulykker. Brandsårscenter. 1980-1986 82/8 31 år 72% af høj 38% af lav	Høj 67% Lav 24% Lysbue: 4 personer (ekskluderet)	Journaloplysninger Bevidstløshed, akutte og forsinkede perifere neurologiske seque-lae.	11 patienter udviklede forsinket perifer neuropati	Ingen angivelser

Epidemiologiske studier

I tabel 5 følger Pliskins⁶⁵ tværnsnitsstudie med sammenligningsgruppe, der beskriver somatiske, kognitive og emotionelle symptomer som senfølger, mens tabel 6 omfatter ét case-kontrol studie af den sjældne men alvorlige sygdom amyotrofisk lateral sclerose (ALS).

Tabel 5 Tværnsnitsundersøgelse med sammenligningsgruppe

Forfatter Land Årstal	Materiale Metode	Risikomål Confoundere	Effekt mål	Resultat	Diskussion
Pliskin NH ⁶⁵ Chicago, USA 1998	63 udsat for el-ulykke (hospitalsbehandlede) 22 raske aldrig tidl været ude for el-ulykke (elektrikere fra den lokale fagforening) Spørgeskema: Neuripsyk symp checklist. Beck Depression Inventory.	Højspænding Lavspænding Ulykke sket inden for seneste 3 måneder (akut) Ulykke sket for mere end 3 måneder siden (postakut). Hospitalisering. Kirurgi Bevidstløshed. Hjertestop.	Somatiske, kognitive og emotionelle symptomer. Depression.	Signifikant højere symp score hos cases (Stikken og prikken, hovedpine, muskeltræknin-ger, k koncentrations- og hukommelsesbe-svær, angst, depression) Symptomscore for postakut-gruppen=23.4 +/- 11.9, akut-gruppen= 11.0 +/- 8.6. Forskellen størst på kognitive mål. Signifi-kansen mellem cases og kontroller forsvin-der, hvis post-akut gruppen fjernes.	Ingen stillingtagen til PTSD. På grund af forsin- ket manifest debut af symptomer er opfølgning af pati- enterne vigtig. Forløbsundersøgelse efterspørges.

Tabel 6 Case-kontrol studier. Symptomer/lidelser efter el-ulykker.

Forfatter Land Årstal	Materiale Metode	Risikomål Confoundere	Effekt mål	Resultat	Diskussion
Deapen DM ²⁸ Californien, USA 1986	678 cases rekrutteret blandt levende medlemmer af ALS-forening og indsamlet via klinikker og praktiserende læger. 518 kontroller rekrutteret blandt aldersvarende kollega/nabo/bekendt opgivet af cases. Spørgeskema.	Fysisk traume. Tidl neurolog lidelse. Tidl infektion. Beskæftigelse. Episoder med bevidstløshed enten efter el-stød eller traume. Bopæl. Neurologisk lidelse i familien Diagnosticerende læge. Debutalder.	Amyotrofisk lateral sclerose (ALS)	Repræsentative for alder og køn El-ulykker med bevidstløshed OR=2.8 [1.0-9.9] Elektricitetsrelaterede jobs OR= 3.8 [1.4-13.0] Kirurgiske indgreb involverende nervesystemet (spinal anæstesi, myelografi mm) OR mellem 1.1 og 1.9, alle non-signifikante. Tidl neurologiske lidelser (meningitis, encephalitis, multiple sclerose mm): sjældne og OR non-signifikant. Parkinsonisme hos nærmeste pårørende: OR 2.7 [1.1-7.6] Plastikarbejder OR= 3.7 [1.0-20.5] Tungmetaller uden betydning.	ALS er en degenerativ motor neuron lidelse af ukendt ætiologi Mænd/kvinder: 1.8:1 Opmærksom på recall bias: at cases vil have en tendens til at huske hændelser inden diagnose-tidspunktet, som kontrollerne vil have glemt.



Neuropsykologiske følger og virkninger

Neuropsykologi er læren om sammenhængen mellem hjernens funktioner og menneskets personlighed, adfærd, tænkning og følelser. Ved en skade i hjernen vil personens intellekt, adfærd og personlighed blive påvirket, og omfanget af skadesfølgerne vil være afhængig af skadens sværhedsgrad, dens lokalisation, patientens alder, køn og generelle helbred. Kendte eksempler på årsager til hjerneskader er blodprop i hjernens blodkar, hjerneblødning, infektion, kræft eller ulykker.

Kognitive funktioner er et samlet begreb for en række forskellige processer i hjernen, herunder koncentration, opmærksomhed, indlæring, hukommelse, overblik, planlægning, sprog, rumlig opfattelse og bearbejdning af sanseindtryk. Alt sammen funktioner, som er afgørende for, at personen føler sig velfungerende og kan opretholde et normalt dagligt aktivitetsniveau.

Kognitive dysfunktioner er velbeskrevet i relation til depression, og hukommelses- og koncentrationssymptomer rapporteres også hyppigt af personer med stressreaktioner.

Det er kendt, at der kan opstå neuropsykologiske følger efter en el-ulykke, men hvor udbredt dette problem er hos el-ulykkes patienter, og hvorvidt el-ulykker kan give dokumenterbare (målbare) kognitive reduktioner er genstand for megen diskussion.

Rapporteringen i litteraturen er langt overvejende kasuistisk.

Duff⁶ lavede i 2001 en opgørelse over 8 tidligere casestudier af sammenlagt 65 el-ulykkespatienter, hvor man havde udført forskellige neuropsykologiske tests. Han delte testresultaterne op i 8 hovedgrupper (almen neuropsykologisk funktion, intelligens, opmærksomhed/koncentration, tale/sprog, senso-motorisk funktion, visuel-motorisk funktion, hukommelse, handlekraft). Alle testresultater blev scoret enten 'normal' eller 'nedsat' (sammenlignet med normalmateriale), hvorefter de 1.058 testresultater for 65 patienter blev placeret under de 8 grupper. Denne opgørelse viste, at 33% af alle testresultater blev scoret 'nedsat'. Af disse lå 37 % i gruppen hukommelse, 14,8 % i gruppen opmærksomhed/koncentration, 12,8 % i senso-motorisk funktion, 9,6% i tale/sprog, 5,1% i hver af grupperne handlekraft og intelligens, og endelig 2,3% i almen neuropsykologisk funktion. Der var ingen sammenligningsgrupper.

En interessant casebeskrivelse af kognitive dysfunktioner efter el-ulykke er Martins longitudinelle case studie fra 2003⁶⁶. Her præsenteres progression af kognitive problemer (dårlig hukommelse, indlæring, global intellektuel funktion) hos en 49-årig kvinde udsat for en højspændings ulykke, og som neuropsykologisk blev testet henholdsvis 6 måneder og 56 måneder efter ulykken.

Kvinden blev ramt på panden af en højspændingsledning og udgang var gennem begge håndled. Hun var ikke bevidstløs, men følte sig sløret de efterfølgende 2-3 uger. Kvinden var rask på ulykkestidspunktet uden tidligere psykisk lidelse eller hjernetraumer. Umiddelbart efter ulykken havde kvinden hukommelsessvigt og problemer med at finde ordene. Seks måneder efter ulykken følte hun sig hukommelsessvækket, depressiv, træt, havde stort søvnbehov og sløret syn. Efter 56 måneder var symptomerne stadig hukommelsesudfald, træthed, søvnproblemer, depressivitet og brændende fornemmelse i arme og fingre.

Kvinden gennemgik et omfattende neuropsykologisk testbatteri efter 6 og 56 måneder, hvor resultaterne viste tydelig progressiv nedsættelse af hukommelse, verbal indlæring, abstraktionsevne og global intellektuel funktion.

Forfatteren vedkender sig de iboende begrænsninger, der er ved en enkelt casebeskrivelse med gentagne målinger. Et længere interview med kvinden ved 56 måneders testningen afslørede ikke anden årsag til udviklingen (sygdom, medicin etc.)

I 1998 sammenlignede Pliskin⁶⁵ somatiske, kognitive og emotionelle symptomer hos en gruppe el-ulykkesramte med en gruppe elektrikere aldrig udsat for el-ulykke. Blandt de ulykkesramte havde 46% været udsat for svagstrøm (<1000 volt) og 54% for stærkstrøm (>1000 volt). Som forventet var forekomsten af somatiske symptomer højere hos ulykkesgruppen, men det overraskende var, at man fandt en markant højere forekomst af kognitive og emotionelle symptomer hos ulykkesramte, hvor der var gået mere end 3 måneder siden ulykken. Ingen af patienterne havde fået strøm direkte mod hovedet. Deltagerne blev ikke vurderet i forhold til forekomsten af PTSD. Hvorvidt symptomerne er en direkte følge af strømmens indvirkning på centralnervesystemet er uvist.

I en undersøgelse blandt 101 patienter henvist til brandsårscenter efter en el-ulykke modtog 34 personer et traumbaseret psykiatrisk behandlingsforløb²². De 34 personer bestod af 16 personer, hvor der havde været strømvej gennem kroppen og 18 personer, hvor der ikke havde været strømgennemgang. Et år efter ulykken var der en markant højere forekomst af kognitive, psykomotoriske og personlighedsmæssige symptomer hos den gruppe, hvor der har været strømgennemgang.

I en efterfølgende undersøgelse af Pliskin⁶⁷ sammenlignes neuropsykologiske testresultater fra 45 el-ulykkes cases med en sammenligningsgruppe på 29 raske personer. Her viser specielt den visuelle hukommelsesfunktion sig at være dårlig hos cases. Det er igen de post-akutte, som klarer sig dårligst.

I studierne findes ingen statistisk association mellem spænding, bevidstløshed, hjertestop, hospitalisering, kirurgi og risikoen for udvikling af neuropsykologiske symptomer eller depression.

PTSD (Post Traumatisk Stress Disorder)

Den bedst kendte ikke-organiske følgevirkning efter el-ulykker er posttraumatisk stress syndrom. PTSD er en psykisk lidelse, som kan opstå efter, man har oplevet eller været vidne til en traumatisk hændelse eller situation. Ifølge IDC-10, den internationale sygdomsklassifikation fra World Health Organization (WHO), skal man have været udsat for en hændelse af en så truende eller katastrofal karakter, at den kan forårsage stress hos de fleste mennesker. I forbindelse med den traumatiske oplevelse opstår der ofte delvist hukommelsessvigt og vedvarende symptomer på overfølsomhed og anspændthed, såsom søvnproblemer, irritation eller vredesudbrud. De fleste har vanskeligt ved at koncentrere sig og er anspændte. Vanskelighederne kan komme umiddelbart efter traumet eller først måneder senere. Hændelsen genopleves via påtrængende minder og tilbagevendende mareridt. Når man udsættes for nye hændelser, som symboliserer eller minder om den traumatiske hændelse, oplever personen et intenst ubehag og undgår derfor sådanne situationer. Lidelsen kompliceres ofte af depression, angst, misbrug, hukommelsesproblemer eller andre fysiske eller psykiske lidelser.

I forlængelse af Pliskins hyppigt citerede studie om neuropsykologiske symptomer efter el-ulykker⁶⁵ iværksætter Kelley KM⁶⁸ (tabel 9) i 1999 et studie med det formål at påvise prædiktorer for udvikling af PTSD (posttraumatisk stress syndrom) og depression hos el-ulykkes patienter. Hun finder, at traumet ikke at kunne slippe strømkilden (no-let-go), bevidstløshed og amnesi for ulykken, hver især signifikant øger risikoen for PTSD. No-let-go og amnesi øger risikoen for depression.

Mancusi-Ungaro⁶⁹ viser ved sammenligning af patienter med brandsår efter el-ulykker og patienter med brandsår af andre årsager, at el-ulykkes patienter har både flere neuropsykologiske symptomer og en lavere grad af tilbagevende til arbejde.

De beskrevne neuropsykologiske følger efter el-ulykker er mangeartede og uspecifikke. I Janus' patientopgørelse fra 1996⁷⁰ vælger forfatterne at se på følgerne som et slags syndrom med en kon-

stellation af kernesymptomer: nedsat opmærksomhed, hukommelsesproblemer og distress (depression, angst, anspændthed/irritabilitet). Desværre tages ikke stilling til om den samtidige tilstedeværelse af kognitive dysfunktioner og emotionelle tilstand alene kunne forklares ved en af diagnoserne belastningsreaktion, PTSD eller depression.

I en efterfølgende artikel af samme forfatterpar, Barrash J (1996)⁷¹, sammenlignes samme retrospektive patientgruppe (n=12) plus 6 patienter evalueret prospektivt med en matchet gruppe patienter med traumatisk hjerneskade. Der var ingen signifikante forskelle på de neuropsykologiske testresultater i de to grupper. Tre af de seks prospektivt evaluerede patienter fik diagnosen PTSD.

Tabel 7 Casebeskrivelser. Neuropsykologiske følgevirkninger efter el-ulykker

Forfatter Land Årstal	Alder, Køn Profession Spænding	Strøm ind/ud	Akutte symptomer Symptomudvikling	Subjektive neuropsykologiske symptomer	Fund ved neuropsykologisk testning. Øvrige objektive.
Laforce RJ ⁷² Canada 2000	50 år Mand Elektriker 600 volt	Lysbue- eksplosion	Brændsår hænder og ansigt. Ikke bevidstløs. Ikke yderligere beskrevet.	Hukommelsestab Irritabel Angst Mareridt Flashback Søvnforstyrrelser Hustru registrerer personlighedsændring.	Vurderet intakt i stort set alle test, dog reduktion i alle opmærksomhedskrævende opgaver. CT hjernen normal. Neurolog us normal. Tyder på ikke-organisk ætiologi. Diagnose: PTSD
Hansen ON ⁸ Danmark 1991 (3 cases)	54 år Mand Specialarbejder 1500 volt	Høj hånd/ Ve 3. finger	Smerter. Forbrændinger. Bevidsthedssløret. Åndenød. Talebesvær. Høj arm: styringsbesvær, smerter, kraftnedsættelse. Sitren i arme og ben.	Psykisk ændret. Trist. Angst. Nedsat hukommelse. Udtalt koncentrationsbesvær.	Svær nedsat visuel og auditiv indlæring. Opmærksomheds- og koncentrationsproblemer. Ude af stand til at huske såvel auditivt som visuelt materiale. Nedsat psykmotorisk tempo. Diagnose: middelsvær demens. Tidligere:rask
Veiersted KB ²³ Oslo Norge 1997 (3 cases)	28 år Mand 380 volt	Høj albue/ Ve hånd	Hovedpine, træt, slap, forkvalmet. Ikke bevidstløs. Smerter i høj arm. Sved, angst, søvnbesvær. 10.dag: muskelsmerter, stiv nakke. Ude af arbejde siden ulykken.	2. år: hukommelses- og læsebesvær, irritabel.	Nedsat verbal indlæring, visuel hukommelse og motorik/koordination i høj hånd.

Tabel 8 Surveys. Neurologiske og neuropsykologiske symptomer/lidelser

Forfatter Land Årstal	Materiale Metode	Risikomål Confoundere	Effektmål	Resultat	Kommentarer
Noble J ⁷³ Toronto Canada 2006	14 udskrevne patienter + 8 el kongres deltagere udsat for ulykke. Brandsårsafdeling 1998-2003 Mail tværsnits survey. Spørgeskema.	Høj/lav spænding. Tidl/aktuelle job status. Return to work tid. Brandsår omfang, (TBSA). År siden ulykke.	Jobstatus. Livskvalitet. Coping strategier. Smerter. Depression. Angst. Somatisering.	5 tilbage til samme job. 10 tilbage til andet job. 7 ikke tilbage i arbejde. Hvis mere end 5 år siden ulykken, så færre fysiske symptomer; samme angst, depressions og somatiserings score.	Kun svar fra 22 personer af 108 mulige.
Morse JS ⁷⁴ San Diego USA 2005 (Indholdsmæssigt i vidt omfang det samme som Morse JS ¹⁴ , 2004)	34 kvinder og 59 mænd, som har besvaret en web-survey om symptomer	Spænding <1000 volt. Ingen traumer eller strøm mod hovedet.	Fysiske og neuropsykologiske symptomer.	Hyppigste fysiske symptomer: muskelømhed, muskeltrækninger, udtrætbarhed, udmattelse Hyppigste neuropsykologiske: glem-somhed, koncentrationsbesvær, søvnforstyrrelser, nedsat motivation, følelses-labil, frygt for elektricitet	En meget selekteret gruppe af personer som har symptomer og som søger oplysninger herom på Internettet. Uvist om symp opstår indirekte på grund af psykologiske tilpasningsproblemer eller som direkte effekt af strøm.

Tabel 9 Patientopgørelser. Neurologiske og neuropsykologiske symptomer efter el-ulykker.

Forfatter Land Årstal	Materiale Metode	Risikomål Confoundere	Effektmål	Resultat	Kommentarer
Janus TJ ⁷⁰ Iowa USA 1996	14 neurologisk undersøgte (efter lyn- eller stærkstrøms-ulykke) Retrospektiv review via journaloplysninger.	12 højspænding 2 lynnedslag Testning fundet sted mellem 6 dage og 3½ år efter ulykken.	Neurologiske udfald. Neuropsykologiske udfald: intellekt, sprog, auditiv og visuel hukommelse, opmærksomhed. Rating af depression, angst og irritabilitet.	8 hjertestop. 10 akut neurologiske symp. MRI og CT alle normale. Mest udtalte kognitive dysfunktioner: verbal hukommelse og opmærksomhed. Antal personer der rates at have: Depression: 10 Angst: 7 Irritabilitet: 8	Der er ikke taget stilling til om patienterne har PTSD

Kelley KM ⁶⁸ Chicago USA 1999	73 patienter henvist til psykiatrisk vurdering efter el-ulykke. Min. 3 måneder mellem ulykke og vurdering [3 mdr-9½ år]. Retrospektiv inklusion via journaloplysninger om struktureret interview. Opfølgning, nej Psykiatrisk afd 61/12, 35.5 år	No-let-go (fiksering til strømkilden). Slået tilbage fra strømkilde. Bevidstløshed. Hukommelsestab, hel eller delvis, fra hændelsen.	Depression: 10 PTSD: 9 Depression og PTSD: 23 Ingen psykiatrisk diagnose: 31	No-let-go: øget risiko for PTSD og depression. Slået tilbage: ingen risikofaktor Bevidstløshed: risiko for PTSD Amnesi: risiko for PTSD og depression	Ikke underligt, at liderlserne PTSD og depression er hyppigt forekommende, idet gruppen er selekteret til psykiatrisk vurdering.
---	---	--	---	---	--

Hyppigste symptomer

I 2004 lavede Morse¹⁴ en Web-baseret opgørelse (survey) af de hyppigste kroniske (>6 måneder) symptomer hos 89 personer med vedvarende symptomer efter en el-ulykke, hvor symptomerne ikke umiddelbart kunne forklares af termisk eller elektriske skader. Deltagerne blev delt op i tre kategorier efter spændingskilde (lav, middel, høj) og bevidstløshed (ikke, <1 minut, >1minut).

Hyppigste generelle fysiske symptomer (uafhængig af spændingsniveau og bevidsthedstab) var generel fysisk svaghed, muskelsmerter, muskeltræknings/kramper. Hyppigste neuropsykologiske symptomer var nedsat koncentrationsevne, nedsat hukommelse (især korttidshukommelse), personlighedsændringer, søvnforstyrrelser og øget emotionalitet.

Undersøgelsen rapporterer procentuelle symptomforekomster, men eftersom det er tilstedeværelsen af symptomer, der får svarpersonerne til at deltage i undersøgelsen, siger tallene kun noget om en meget selekteret gruppe. Der findes dog her som hos Pliskin⁶⁵, at symptomforekomsten var uafhængig af, om der havde været bevidsthedstab i relation til ulykken.

I Pliskins⁶⁵ spørgeskemaundersøgelse af 63 el-ulykkes ramte var de hyppigste somatiske symptomer stikken og prikken, hovedpine, muskeltræknings, gangproblemer og smerter. Hyppigste kognitive symptomer var hukommelses- og koncentrationsbesvær, langsom tankevirksomhed og svært ved at finde ordene. De hyppigste emotionelle symptomer var angstsymptomer, tristhed og depression.

I Primeaus⁷⁵ review om adfærdsmæssige konsekvenser af el-ulykker refereres symptomrapportering fra 65 el-ulykkespatienter retrospektivt indhentet og mindst 2 år efter ulykken. De 10 hyppigst rapporterede symptomer var: søvnforstyrrelser, hukommelsesproblemer, koncentrationsbesvær, hovedpine, irritabilitet, indlæringsbesvær, følelsesløshed, stikken og prikken, depression, muskeltræknings.

Livskvalitet efter el-ulykke

Cochran A⁷⁶ benytter spørgeskemaet SF-36 (Medical Outcome Study, Short Form) til en sammenligning af livskvalitet blandt el-ulykkes patienter og patienter med andre termiske skader. SF-36 måler helbredsrelateret livskvalitet, uanset typen af sygdom. Besvarelsen er opdelt på 8 skalaer: fysisk funktion, fysisk betingede begrænsninger, fysisk smerte, alment helbred, social funktion, psykisk betingede begrænsninger og psykisk velbefindende.

64 el-ulykkes patienter bliver matchet (alder, omfang af forbrænding) (TBSA, Total Body Surface Area) med en sammenligningsperson indenfor periode 1995-2000. Patienterne blev kontaktet pr mail, og der kom svar fra 18 el-ulykkespatienter og 14 kontroller.

Der fandtes ingen signifikant forskel i besvarelsene fra de to grupper, og scoren adskiller sig heller ikke fra populationsbaserede niveauer. 13 personer fra hver gruppe (13/18, 13/14) var i stand til at vende tilbage til tidligere arbejde. På grund af gruppens ringe størrelse er denne forskel ikke statistisk signifikant. Undersøgelsens store problem er betydelig selektion, som ikke kan beskrives.

Til sammenligning vises i et andet studie af højspændingsulykker⁷⁷, at kun 5,3% af patienterne er i stand til at vende tilbage til tidligere job.

I Nobels studie⁷³ fra 2006 (tabel 8) vender 68 % tilbage til samme eller andet arbejde. 32% går ud af arbejdsmarkedet.

Disse modsætningsfyldte resultater tyder på, at grupperne ikke er sammenlignelige, og at tilbagevenden til arbejdet er afhængigt af en række forskellige parametre.



Diskussion

I denne litteraturgennemgang er fravalgt gennemgang af en lang række akutte følger efter el-ulykker såsom hjertelidelser, brandsår og diverse andre organlidelser. Begrundelsen er, at patienter med akutte symptomer som hovedregel vil blive lægeundersøgt, evt. indlagt og behandlet adækvat efter ulykken.

I stedet fokuserer gennemgangen på symptomerne hos de patienter, som måske først søger læge længe efter ulykken. Patienter, som kort efter ulykken bliver fundet 'normale', men som gradvist udvikler symptomer, der i første omgang slet ikke forbindes med en tidligere el-ulykke. Patienter, som i mange tilfælde forsøger at komme tilbage i arbejde, men som ender på førtidspension. Eller patienter, som undersøges af læger, der mangler kendskab til forsinkede følger efter el-ulykker, og som dermed enten ikke mistænker en årsagssammenhæng eller måske direkte afviser en sammenhæng.

Litteraturen om senfølger efter el-ulykker består langt overvejende af casebeskrivelser og patientopgørelser. Casebeskrivelser og patientopgørelser er øjebliksbilleder af symptomer og fund, hvor nogle beskriver patienterne kort efter ulykken, andre efter måneder eller år. Det er på den baggrund vanskeligt at sammenstykke det naturlige forløb. Enkelte cases beskrives over et forløb, men er disse cases typiske eller atypiske? Ved tolkning af case beskrivelser, er det vigtigt at erindre, at når en case publiceres, er det oftest, fordi tilfældet er specielt og derfor ikke repræsenterer 'det almindelige' – snarere tværtimod. Samtidig er det klart, at tilstrækkelig mange enslydende rapporteringer øger sandsynligheden for en årsagssammenhæng. Når det gælder uspecifikke symptomer som f.eks. smerter, snurren og prikken, hukommelses- og koncentrationsbesvær er det afgørende at have kontrolpersoner til sammenligning, da man ellers ikke ved, om symptomerne eventuelt kan forklares af andre faktorer.

I tolkningen af patientopgørelser står vi yderligere over for det problem, at stort set alle beskrivelser baserer sig på patienter med massive akutte symptomer. Det er årsagen til, at de overhovedet er kommet på sygehuset. De fleste patientopgørelser er fra brandsårsklinikker, kirurgiske afdelinger eller behandlingscentre. Patienter med ikke akutte symptomer bliver simpelthen ikke registreret eller gjort op.

Der er intet i litteraturen, der beskriver, hvor ofte et strømstød – stærkstrøms eller svagstrøms – medfører varige gener.

I en patientopgørelse (Grube³⁶) af 90 patienter indlagt på en brandsårsafdeling ville man blandt andet gerne besvare spørgsmålet, om lavspændingsulykker har alvorlige neurologiske følgevirkninger. En patientopgørelse er imidlertid uegnet til at besvare dette spørgsmål. Eftersom det kun er patienter med akutte brandsår eller vævsdestruktioner, der overhovedet vil blive indlagt på denne afdeling, så vil patienterne udsat for lavspænding udgøre en selekteret gruppe. Personer udsat for lavspænding, som ikke bliver indlagt, ved man ikke noget om i forhold til neurologiske symptomer – hverken akutte eller forsinkede.

I patientopgørelserne er symptomprofilerne meget varierende i forhold til, hvad der har været anledningen og formålet med opgørelsen. Flere patientopgørelser beskriver blandt andet ikke de præcise kriterier for inklusion i opgørelsen. Et eksempel på dette er en patientopgørelse af Hooshmand H²⁵. Dette studie er en opfølgning af 16 el-ulykkespatienter, hvor forekomsten af atoniske og kloniske anfaldsfænomener beskrives hos hele 12 af 16 patienter, og hvor 14 af de 16 patienter lider af svær depression. Der er ingen beskrivelse af, hvorfra patienterne rekrutteres, og hvad inklusionskriteriet er for at indgå i opgørelsen. Det eneste man kan se er, at forfatteren er tilknyttet et "Zeizure Control Center" i Florida. En sådan patientopgørelse siger således primært noget om forfatternes kliniske interesse, og ikke noget om hyppigheden af anfaldsfænomener og depressioner hos el-ulykkes patienter.

Et andet problem eksempel er opgivelsen af incidenser på baggrund af patientopgørelser. F.eks. opgives, at 2-5% af el-ulykkes patienter får spinal skade. Denne høje forekomst afspejler, at de opgørelser, der overhovedet er lavet, kommer fra traumecentre og brandsårsafdelinger, hvor brøkens nævner derfor er en selekteret gruppe.

Et andet eksempel er rapporteringen af tilbagevenden til arbejdet efter en el-ulykke. Denne andel varierer i forskellige studier fra 5-68%, hvilket er et klart eksempel på, at patientgrupperne ikke er sammenlignelige.

Rygmarvslæsioner er i denne litteraturgennemgang den hyppigst rapporterede neurologiske senfølge efter el-ulykker. Dette afspejler antageligt alene, at lidelsen opstår i de alvorlige tilfælde, der under alle omstændigheder fører til indlæggelse og dermed kan benyttes til patientopgørelser.

I Danmark har vi ikke noget registreringssystem, der reelt siger, hvor mange el-ulykker, der sker om året. Vil man i stedet fange symptom cases, så er el-ulykkes patienter med ikke akutte symptomer også vanskelige at gøre op, fordi de ikke centrerer sig om et noget lægefagligt speciale. Patienter set på de arbejdsmedicinske klinikker har ofte været sendt rundt gennem en række forskellige lægelige specialer som neurologi, reumatologi og ortopædkirurgi, uden at nogen har bragt det samlede symptom-billede i relation til en tidligere el-ulykke. I nogle tilfælde finder symptomerne måske ingen eller kun lidt støtte i objektiv medicinsk diagnostik.

Simulerer patienter med uforklarlige symptomer? Fænomenet kaldes blandt fagfolk for »malingering« og er ikke ukendt. Det omfatter f.eks. personer, som forsøger at simulere fysiske sygdomme eller mén i forsøget på at blive førtidspensioneret eller få erstatning fra en forsikring. Inden for psykiatrien er området nærmest en selvstændig videnskab. Der findes flere test, der er konstruerede til at afsløre en simulant.

Biancini⁷⁸ undersøgte i 2005 11 el-ulykkes patienter (14 testsituationer) for MND (Malingering Neurocognitive Dysfunction) med en særlig testmetode, Slick Criteria. Efter testen blev svarene analyseret i forhold til overensstemmelse med subjektive klager, sikker eksponering (strømgen-nemgang), brandsår, kliniske tegn på traumatisk hjerneskade og verserende erstatningssag. Resultatet viste, at hvis der var fravær af enten brandsår eller tegn på traumatisk hjerneskade var der

større sandsynlighed for tegn på simulering ved testen. Det var en lille gruppe, der blev undersøgt, men pointen er, at mange studier undlader at inddrage potentielle confoundere som f.eks. verserende erstatningssag – f.eks. i sager med uforklarlige symptomer og sent indsættende symptomer i forløbet af en arbejds-skadessag.

Biancini⁷⁸ sætter f.eks. spørgsmålstegn ved Pliskins undersøgelse, der viste flere neuropsykologiske symptomer i sub-akut gruppen. Begrundelsen er, at 90% blandt denne gruppe havde en verserende erstatningssag, og spørgsmålet er, hvad det har haft af betydning for forløb og prognose for symptomerne.

Litteraturen på det neurologiske område omfatter talrige casebeskrivelser, hvoraf mange har klare tidsmæssigt relaterede objektive nervebeskadigelser i de kropsregioner strømmen har passeret.

Litteraturen på det neuropsykologiske område er mangelfuld men har dog været under udvikling gennem de senere år. Kognitive symptomer som træthed, hukommelsesbesvær og problemer med at koncentrere sig er uspecifikke og relativt almindelige i befolkningen. Symptomerne ses som led i andre posttraumatiske tilstande og er hyppigt forekommende hos personer med depressive symptomer, kronisk smertesyndrom og stress.

Der findes ret overbevisende beskrivelser af både kognitive og emotionelle ændringer efter el-ulykker, men patofysiologien er ikke kendt, og der er stor variation i symptomerne. Noget tyder på, at det er hjernens funktion mere end dens struktur, der tager skade hos el-ulykkes patienter.

Hele el-ulykkes området er karakteriseret ved artikler som er svært sammenlignelige på grund af deres heterogenitet. Der er emotionelle problemer, der strækker sig fra svær angst til depression og skilsmisse, og følgevirkningerne er varierende i sværhedsgrad og varighed. Mange af symptomerne som søvnforstyrrelse, hukommelsestab, depression, seksuel dysfunktion, kroniske smerter, svaghed, svimmelhed, konfusion etc. kan skyldes en neurologisk skade, det kan være en psykologisk reaktion, eller det kan være en kombination af begge.

Der er en stor mangel på kontrollerede undersøgelser på dette område.

I en række tilfælde vil følgevirkninger efter el-ulykker kunne forklares ved enten termisk eller elektrisk skade, når skaderne sker i de områder, der har været strømgennemgang. Herpå findes en række eksempler nævnt i denne gennemgang. Der findes dog herudover en gruppe patienter med symptomer fra områder af kroppen, hvor hverken strømvej eller spændingsfelt umiddelbart kan give en forklaring. Der er symptomer, som ikke umiddelbart har en organisk forklaring. Her er den tidsmæssige sammenhæng mellem ulykke og symptomer måske det eneste argument for en årsagssammenhæng.

I denne rapport er gennemgået artikler, der centrerer sig omkring udvalgte følger efter el-ulykker. Under litteratursøgningen er herudover dukket enkeltstående case beskrivelser op, hvor netop den tidsmæssige sammenhæng mellem en el-ulykke og nyopstået sygdom synes umiddelbar, men hvor årsagssammenhængen er spekulativ.

Ét eksempel er en 64-årig kvinde⁷⁹, ramt af lynet under ridning, som akut havde normal CT- og MR-scanning af hjernen. 13 måneder senere blev påvist en 4 cm stor hjernetumor (glioblastom), og kvinden døde 1 måned senere. Tilbage står spørgsmålet, om der var tale om et tilfældigt sammenstød, eller om et voldsomt elektromagnetisk felt er i stand til at inducere DNA skade og en hurtigt voksende tumor?

Et andet eksempel er en 44-årig mand⁸⁰, som udviklede ekstraskelletale knoglevæv (heterotropisk ossifikation) i høj underarm efter en el-ulykke. I sig selv ikke almindeligt, men dog i opgørelser forekommende hos nogle få procent af alle udsat for el-ulykker. I dette tilfælde opstod 10 år senere kræft (osteosarcoma) i det ekstraskelletale knoglevæv, hvilket er ekstremt sjældent. Kan forklaringen være det kraftige el-stød?

Et sidste eksempel er en 32-årig mand⁸¹, som med højre hånd rørte ved en kondensator med 800 volts vekselstrøm, og som efter ulykken fik kraftig hovedpine, synsfelt udfald, følelsesløshed i højre arm og højre ansigtshalvdel. CT scanning af hjernen var normal, men EEG og efterfølgende cerebral angiogram viste venetrombose. Kan dette være en direkte følge af el-ulykken?

I ovennævnte case beskrivelser gør forfatterne sig overvejelser og diskussioner om forklaringer og årsagsmekanismer. Om udfaldene er tilfældige sammenstræf, om de 'forsinkede symptomer' faktisk har været der hele tiden, men blot i akutfasen blev overskygget af andre symptomer, eller om el-ulykken startede en degenerativ proces – kan ikke besvares.

Det bedste studie til dokumentation af forsinkede symptomer er Arnoldos¹⁵ opfølgning af 700 el-ulykkes patienter, hvor forekomsten af perifer mono- eller polyneuropati blev femdoblet i løbet af opfølgningstiden.

Det bedst og eneste epidemiologisk studerede helbredsudfald efter el-ulykker er amyotrofisk lateral sclerose (ALS) (ikke at forveksle med dissemineret sclerose, som er en fundamental anden sygdom), som i case kontrolstudier er fundet henholdsvis 4,6 og 2,8 gange hyppigere hos el-ulykkes patienter. Mekanismen bag sammenhængen er ukendt.



Konklusioner

Der foregår ingen systematisk registrering af el-ulykker eller følgevirkninger efter el-ulykker i Danmark. Det tilgængelige data, der vedrører el-ulykker i Danmark, er mangelfuldt – både i forhold til oplysninger om incidens og eventuelle følgevirkninger.

Specifikke informationer om typer af skader eller sygdom, skadernes alvorlighed, fordeling på fag- eller erhvervsgrupper og skadernes sociale og økonomiske omkostninger er ikke tilgængelig. Værende forsikringssager medfører altid en risiko for bias i symptomrapporteringen, så personlige forsikringssager og erhvervssygdomssager er selekterede tilfælde og ikke anvendelige til epidemiologisk forskningsformål.

I den gennemgængende litteratur findes ikke svar på, hvor ofte et strømstød – stærkstrøms eller svagstrøms – medfører varige gener. Til belysning af dette mangler der i høj grad epidemiologiske studier. Grundlæggende er incidens, alvorlighed og følgevirkninger efter el-ulykker ikke kendt.

I en række tilfælde vil følgevirkninger efter el-ulykker kunne forklares umiddelbart ved enten termisk eller elektrisk skade. Der er flere kasuistiske eksempler på, at også lavspændingsulykker kan forårsage nerverlidelser, både centrale og perifere.

Fælles for stort set alle cases er, at ulykkesofrene oplever smerter i forlængelse af deres ulykke. Mange patienter vil opleve smerter, specielt i den eller de ekstremiteter, der har været strømførende, uden at der kan stilles nogen specifik diagnose.

Der er ingen artikler, som selvstændigt beskriver smerter i relation til el-ulykker. Den nærliggende forklaring er, at smerterne kan have mange forskellige årsager, og at patienter uden betydelige akutte symptomer derfor fordeler sig over alle områder af sundhedsvæsenet og dermed vanskeligt kan registreres eller gøres op.

Der kan være mange psykologiske faktorer, der komplicerer rehabiliteringen af el-ulykkes patienter. En række af de beskrevne symptomer kan være sent indsættende og umiddelbart ikke synlige, hver-

ken for patient, familie eller arbejdspladsen. Mange føler sig mistænkeliggjort og ikke forstået, når de fortælle om deres symptomer. I nogle tilfælde er der et forsikringsmæssigt aspekt som yderligere komplicerer situationen med tvivl og mistillid.

Undersøgelserne af langtidseffekter i form af neuropsykologiske følgevirkninger foreligger i form af casebeskrivelser, patientopgørelser og enkelte opfølgingsundersøgelser, som har vist, at symptomerne er af både forbigående og varig karakter. Symptomerne kan indsatte umiddelbart efter ulykken eller opstå med uger eller måneders forsinkelse. Symptomerne, der beskrives, er dog spredte og forskelligartede. Dette begrænser mulighederne for en mere entydig konklusion om sammenhængen mellem el-ulykken og symptomerne. Hukommelses- og koncentrationsproblemer er dog gennemgående de hyppigst rapporterede symptomer.

Tilstanden kan få betydning for både arbejdsevne og familieliv. De neuropsykologiske effekter eller kognitive dysfunktioner kan ligne tilstanden efter en traumatisk hjerneskade eller et post traumatisk stress syndrom.

Den bedst beskrevne ikke-organiske følgevirkning efter el-ulykker er posttraumatisk stress syndrom

Der er i høj grad brug for flere case-control studier og forløbsstudier, der kan bekræfte fundene i de foreliggende case- og patientopgørelser.

Web-baseret survey er en fristende undersøgelsesmetode, men resultaterne er af ringe værdi. Svarene siger kun noget om symptomforekomst hos den gruppe, som på grund af tilstedeværende symptomer søger oplysninger på nettet – og kommer forbi og udfylder den pågældende survey.

Det bedst og eneste epidemiologisk studerede helbredsudfald (to case-control studier og en historisk kohorteundersøgelse) beskriver 2-4 gange fordoblet risiko for udvikling af amyotrofisk lateral sclerose (ALS), hvis man har været udsat for el-ulykke, lynnedslag eller arbejdet i område med elektromagnetisk felt (el-værker).



Fremtidig forskning

Der er en stor mangel på forskning, der kan beskrive omfanget og alvorligheden af helbredsfølger efter udsættelse for strømstød. I særdeleshed er der mangel på forløbsstudier, hvor det også er muligt at beskrive forsinkede og eventuelt progressive symptomer.

Det kunne være en undersøgelse hvor cases (ulykkesramte) defineres og identificeres via en kohorte population fulgt over tid, og hvor cases og matchede kontroller efterfølgende følger en protokol med selvrapportering af symptomer, funktionsniveau, personlighedstype og events samt gennemgår klinisk undersøgelse med neuropsykologisk testning, høreundersøgelse og objektiv undersøgelse af bevægeapparatet.

En anden mulighed er et retrospektivt kohortestudie af populationer indenfor erhverv med risiko for elektriske og ikke elektriske traumer, hvor man via registre kan se på hospitalisering på grund af f.eks. neurologiske eller psykiske lidelser.



Referencer

1. Cherington M. Neurologic manifestations of lightning strikes. *Neurology*. 2003;60:182-185.
2. Bekendtgørelse om anmeldelse af arbejdsulykker m.v. til Arbejdstilsynet. Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 33 af 20. januar 2003. 2005.
3. Sikkerhedsstyrelsen. Statistik over elulykker 2003. 1-43. 2005.
4. Hansen ON, Baldursson EB. Konsekvenser af el-chock. El-undersøgelsen. 1-12. 1995. Arbejdsmedicinsk klinik. Herning Centralsygehus.
5. Tredget EE, Shankowsky HA, Tilley WA. Electrical injuries in Canadian burn care. Identification of unsolved problems. *Ann N Y Acad Sci*. 1999;888:75-87.
6. Duff K, McCaffrey RJ. Electrical injury and lightning injury: a review of their mechanisms and neuropsychological, psychiatric, and neurological sequelae. *Neuropsychol Rev*. 2001;11:101-116.
7. Koumbourlis AC. Electrical injuries. *Crit Care Med*. 2002;30:S424-S430.
8. Hansen ON, Rasmussen K, Christiansen JM. [Neuropsychological sequelae after electric accidents]. *Ugeskr Laeger*. 1991;153:2299-2301.
9. Lippestad C, Erikssen J, Vaagenes P et al. [Injuries caused by electricity]. *Tidsskr Nor Laegeforen*. 1990;110:946-947.
10. Christensen JA, Sherman RT, Balis GA et al. Delayed neurologic injury secondary to high-voltage current, with recovery. *J Trauma*. 1980;20:166-168.
11. Docking P. Electrical burn injuries. *Accid Emerg Nurs*. 1999;7:70-76.
12. Leibovici D, Shemer J, Shapira SC. Electrical injuries: current concepts. *Injury*. 1995;26:623-627.
13. Dendooven AM, Lissens M, Bruyninckx F et al. Electrical injuries to peripheral nerves. *Acta Belg Med Phys*. 1990;13:161-165.
14. Morse MS, Berg JS, TenWolde RL. Diffuse electrical injury: a study of 89 subjects reporting long-term symptomatology that is remote to the theoretical current pathway. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2004;51:1449-1459.
15. Arnoldo BD, Purdue GF, Kowalske K et al. Electrical injuries: a 20-year review. *J Burn Care Rehabil*. 2004;25:479-484.
16. Capelli-Schellpfeffer M, Miller GH, Humilier M. Thermoacoustic energy effects in electrical arcs. *Ann N Y Acad Sci*. 1999;888:19-32.
17. Veiersted KB, Moian R, Remo E et al. Akutte og kroniske skader etter strømulykker. *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2003;123:2453-2456.

18. Cancio LC, Jimenez-Reyna JF, Barillo DJ et al. One hundred ninety-five cases of high-voltage electric injury. *J Burn Care Rehabil.* 2005;26:331-340.
19. Miller BK, Goldstein MH, Monshizadeh R et al. Ocular manifestations of electrical injury: a case report and review of the literature. *CLAO J.* 2002;28:224-227.
20. Saffle JR, Crandall A, Warden GD. Cataracts: a long-term complication of electrical injury. *J Trauma.* 1985;25:17-21.
21. Reddy SC. Electric cataract: a case report and review of the literature. *Eur J Ophthalmol.* 1999;9:134-138.
22. Grossman AR, Tempereau CE, Brones MF et al. Auditory and neuropsychiatric behavior patterns after electrical injury. *J Burn Care Rehabil.* 1993;14:169-175.
23. Veiersted KB, Goffeng LO, Tynes T. [Late effects of low-voltage electricity accidents. Rotator cuff tendinitis, hearing loss and neuropsychological dysfunction]. *Tidsskr Nor Laegeforen.* 1997;117:3363-3365.
24. Hendler N. Overlooked diagnoses in chronic pain: analysis of survivors of electric shock and lightning strike. *J Occup Environ Med.* 2005;47:796-805.
25. Hooshmand H, Radfar F, Beckner E. The neurophysiological aspects of electrical injuries. *Clin Electroencephalogr.* 1989;20:111-120.
26. Johansen C, Riber HH. Magnetfelter fra højspændingsanlæg. Status om viden om virkning på mennesker. Teknisk rapport. ISBN nr. 87-90707-52-4, 1-97. 2006. COWI.
27. Gawel M, Zaiwalla Z, Rose FC. Antecedent events in motor neuron disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1983;46:1041-1043.
28. Deapen DM, Henderson BE. A case-control study of amyotrophic lateral sclerosis. *Am J Epidemiol.* 1986;123:790-799.
29. Johansen C, Olsen JH. Mortality from amyotrophic lateral sclerosis, other chronic disorders, and electric shocks among utility workers. *Am J Epidemiol.* 1998;148:362-368.
30. Jafari H, Couratier P, Camu W. Motor neuron disease after electric injury. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2001;71:265-267.
31. Holbrook LA, Beach FX, Silver JR. Delayed myelopathy: a rare complication of severe electrical burns. *Br Med J.* 1970;4:659-660.
32. Farrell DF, Starr A. Delayed neurological sequelae of electrical injuries. *Neurology.* 1968;18:601-606.
33. Allan RN. Delayed neurological effects of electrical accidents. *Br Med J.* 1969;1:383.
34. Clouston PD, Sharpe D. Rapid recovery after delayed myelopathy from electrical burns. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1989;52:1308.

35. Freeman CB, Goyal M, Bourque PR. MR imaging findings in delayed reversible myelopathy from lightning strike. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2004;25:851-853.
36. Grube BJ, Heimbach DM, Engrav LH et al. Neurologic consequences of electrical burns. *J Trauma*. 1990;30:254-258.
37. Parano E, Uncini A, Incorpora G et al. Delayed bilateral median nerve injury due to low-tension electric current. *Neuropediatrics*. 1996;27:105-107.
38. Rosenberg DB. Neurologic sequelae of minor electric burns. *Arch Phys Med Rehabil*. 1989;70:914-915.
39. Engrav LH, Gottlieb JR, Walkinshaw MD et al. Outcome and treatment of electrical injury with immediate median and ulnar nerve palsy at the wrist: a retrospective review and a survey of members of the American Burn Association. *Ann Plast Surg*. 1990;25:166-168.
40. Cohen JA. Autonomic nervous system disorders and reflex sympathetic dystrophy in lightning and electrical injuries. *Semin Neurol*. 1995;15:387-390.
41. Demun EM, Redd JL, Buchanan KA et al. Reflex sympathetic dystrophy after a minor electric shock. *J Emerg Med*. 1993;11:393-396.
42. Aldrete JA, Ghaly R. Delayed sympathetically maintained pain caused by electrical burn at the current's entry and exit sites. *J Pain Symptom Manage*. 1994;9:541-543.
43. Delayed neurological effects of electrical accidents *Br Med J*. 1969;1:135-136.
44. Low YS. Delayed neurological manifestations secondary to electrical injury--a case report. *Singapore Med J*. 1976;17:58-60.
45. Tews DS. Muscle-fiber apoptosis in neuromuscular diseases. *Muscle Nerve*. 2005;32:443-458.
46. Lee RC, Kolodney MS. Electrical injury mechanisms: electrical breakdown of cell membranes. *Plast Reconstr Surg*. 1987;80:672-679.
47. Lee RC. Injury by electrical forces: pathophysiology, manifestations, and therapy. *Curr Probl Surg*. 1997;34:677-764.
48. Ratnayake B, Emmanuel ER, Walker CC. Neurological sequelae following a high voltage electrical burn. *Burns*. 1996;22:574-577.
49. Vazquez D, Solano I, Pages E et al. Thoracic disc herniation, cord compression, and paraplegia caused by electrical injury: case report and review of the literature. *J Trauma*. 1994;37:328-332.
50. Francis DA, Heron JR. Progressive muscular atrophy and posterior dislocation of the humerus following electric shock. *Postgrad Med J*. 1984;60:143-144.
51. Bariar LM, Ahmad I, Aggarwal A et al. Myelopathy following high voltage electrical injury: a case report. *Burns*. 2002;28:699-700.

52. Jackson FE, Martin R, Davis R. Delayed quadriplegia following electrical burn. *Proc Annu Clin Spinal Cord Inj Conf.* 1964;13:40-45.
53. Shreenivas, Srivastava DK, Narain CK. Varied and delayed neurological sequelae of electric shock. *J Assoc Physicians India.* 1971;19:469-471.
54. Breugem CC, Van Hertum W, Groenevelt F. High voltage electrical injury leading to a delayed onset tetraplegia, with recovery. *Ann N Y Acad Sci.* 1999;888:131-136.
55. Baqain E, Haertsch P, Kennedy P. Complete recovery following a high voltage electrical injury associated with delayed onset of quadriplegia and multiple cranial nerves dysfunction. *Burns.* 2004;30:603-605.
56. Tarsy D, Sudarsky L, Charness ME. Limb dystonia following electrical injury. *Mov Disord.* 1994;9:230-232.
57. Colosimo C, Kocen RS, Powell M et al. Torticollis after electrocution. *Mov Disord.* 1993;8:117-118.
58. Boonkongchuen P, Lees A. Case of torticollis occurring following electrical injury. *Mov Disord.* 1996;11:109-110.
59. Ondo W. Lingual dystonia following electrical injury. *Mov Disord.* 1997;12:253.
60. Baskerville JR, McAninch SA. Focal lingual dystonia, urinary incontinence, and sensory deficits secondary to low voltage electrocution: case report and literature review. *Emerg Med J.* 2002;19:368-371.
61. Adler CH, Caviness JN. Dystonia secondary to electrical injury: surface electromyographic evaluation and implications for the organicity of the condition. *J Neurol Sci.* 1997;148:187-192.
62. 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.
63. Koller J, Orsagh J. Delayed neurological sequelae of high-tension electrical burns. *Burns.* 1989;15:175-178.
64. Ko SH, Chun W, Kim HC. Delayed spinal cord injury following electrical burns: a 7-year experience. *Burns.* 2004;30:691-695.
65. Pliskin NH, Capelli-Schellpfeffer M, Law RT et al. Neuropsychological symptom presentation after electrical injury. *J Trauma.* 1998;44:709-715.
66. Martin TA, Salvatore NF, Johnstone B. Cognitive decline over time following electrical injury. *Brain Inj.* 2003;17:817-823.
67. Pliskin NH, Fink J, Malina A et al. The neuropsychological effects of electrical injury. New insights. *Ann N Y Acad Sci.* 1999;888:140-149.
68. Kelley KM, Tkachenko TA, Pliskin NH et al. Life after electrical injury. Risk factors for psychiatric sequelae. *Ann N Y Acad Sci.* 1999;888:356-363.

69. Mancusi-Ungaro HR, Jr., Tarbox AR, Wainwright DJ. Posttraumatic stress disorder in electric burn patients. *J Burn Care Rehabil.* 1986;7:521-525.
70. Janus TJ, Barrash J. Neurologic and neurobehavioral effects of electric and lightning injuries. *J Burn Care Rehabil.* 1996;17:409-415.
71. Barrash J, Kealey GP, Janus TJ. Neurobehavioral sequelae of high voltage electrical injuries: comparison with traumatic brain injury. *Appl Neuropsychol.* 1996;3:75-81.
72. Laforce R, Jr., Gibson B, Morehouse R et al. Neuropsychiatric profile of a case of post traumatic stress disorder following an electric shock. *Med J Malaysia.* 2000;55:524-526.
73. Noble J, Gomez M, Fish JS. Quality of life and return to work following electrical burns. *Burns.* 2006;32:159-164.
74. Morse JS, Morse MS. Diffuse electrical injury: comparison of physical and neuropsychological symptom presentation in males and females. *J Psychosom Res.* 2005;58:51-54.
75. Primeau M, Engelstatter GH, Bares KK. Behavioral consequences of lightning and electrical injury. *Semin Neurol.* 1995;15:279-285.
76. Cochran A, Edelman LS, Saffle JR et al. Self-reported quality of life after electrical and thermal injury. *J Burn Care Rehabil.* 2004;25:61-66.
77. Hussmann J, Kucan JO, Russell RC et al. Electrical injuries--morbidity, outcome and treatment rationale. *Burns.* 1995;21:530-535.
78. Bianchini K, Love JM, Greve KW et al. Detection and diagnosis of malingering in electrical injury. *Arch Clin Neuropsychol.* 2005;20:365-373.
79. Cherington M, Yarnell PR, Todd HM. Lightning injury and glioma. *Injury.* 1994;25:687-688.
80. Aboulafia AJ, Brooks F, Piratzky J et al. Osteosarcoma arising from heterotopic ossification after an electrical burn. A case report. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81:564-570.
81. Patel A, Lo R. Electric injury with cerebral venous thrombosis. Case report and review of the literature. *Stroke.* 1993;24:903-905.

Dansk EI-Forbund

Vodroffsvej 26
1900 Frederiksberg C.
Telefon 33297000
Fondsregisternr. 100827
VNR. 20163119
Hjemmeside: www.def.dk
E-mail: def@def.dk