

Etiologie: elektrische en chemische verbrandingen

H.J. ten Duis *

Brandwonden ontstaan door warmte-inwerking op, dan wel warmtevorming in de huid. De diepte van de brandwond is direct evenredig met deze warmteontwikkeling/ energieresorptie en wordt aangegeven in Joules/cm²

- plaatselijke roodheid: 10 J/cm²

- gedeeltelijke dikte huidverbranding met blaarvorming: > 20 J/cm² en

- volledige dikte huidverbranding: > 33 J/cm².

De oorzaken van huidverbrandingen zijn zeer divers. Veelvuldig voorkomende oorzaken zijn ongevallen met vuur, hete vloeistoffen en contact met hete voorwerpen. Daarnaast zijn er ook minder bekende etiologische momenten: ongevallen met electriciteit (waaronder bliksem), chemische letsels, inwerking door licht (UV) en verbrandingen door wrijving.

Enkele van de minder frequent voorkomende oorzaken zullen in dit hoofdstuk nader worden belicht.

Ongevallen door electriciteit

Electriciteit kan op verschillende wijzen schade aan het lichaam toebrengen. In de eerste plaats door hittevorming in die weefsels waar stroom vloeit (coagulatieneecrose); daarnaast door ontregeling van elektrisch autonoom functionerende orgaansystemen zoals ademhaling en hartslag (apneu en hartstilstand) en tenslotte wanneer door eenmalige of continue prikkeling van zenuwweefsel en dwarsgestreept spierweefsel massale spiercontracties ontstaan (spierrupturen, ontwrichtingen (schouder), bandletsels en fracturen). Langdurende (minuten) stroomgang door de thorax met als gevolg tetanische contracties van tussenribspieren en diafragma kunnen leiden tot een ernstige asphyxie.

De letsels die iemand bij een electriciteitsongeval oploopt zijn afhankelijk van zowel stroombron- als patiëntgebonden factoren. Om enkele te noemen: de eigenschappen van de stroombron, de duur van de stroomdoorgang, de stroomsterkte en de weerstand van de weefsels in het elektrische circuit: huid, subcutis en spierweefsel.

Het is duidelijk dat het een groot verschil maakt of iemand door een bliksemontlading wordt getroffen (extreem hoge spanning, zeer korte duur: <0.001 sec) of een schok krijgt via het gewone electriciteitsnet (220 volt, korte tot lange duur). De grote variatie in fysische eigenschappen van zowel bliksemontladingen als van voor industriële en huishoudelijke doeleinden gebruikte stroombronnen, alsmede de grote variabiliteit in patiëntfactoren maken dat

letsels van velerlei aard en ernst kunnen ontstaan. In dit hoofdstuk wordt alleen de etiologie van de brandwonden besproken.

Pathofysiologie

De door elektrische stroom veroorzaakte warmte-ontwikkeling in een weefsel is afhankelijk van de stroomsterkte, de weerstand en de tijdsduur volgens de formule I^2Rt . Of het wisselstroom dan wel gelijkstroom betreft is daarbij niet van belang. Wel maken we onderscheid tussen hoogspanning (>1000 Volt) en laagspanning, omdat hoogspanningsongevallen veelal gepaard gaan met uitgebreide brandwonden en weke delen necrose.

Weefselbeschadiging treedt op in het traject van de stroomweg, tussen de in- en uittredeplaats. Binnen dit elektrische circuit heeft de huid in principe de grootste weerstand. Deze heeft echter geen constante waarde en hangt in sterke mate af van de huiddikte en de vochtigheid. De weerstand van een droge huid is 100 tot 1000 maal hoger dan van een huid die nat is door de regen of transpiratie. Omdat de doorslagspanning van een natte huid klein is, zal de grootte van een door coagulatie necrose ontstane volledige dikte huidverbranding (doorslag) gering zijn. Dit in tegenstelling tot de grote weerstand die een elektrische stroom van een dikke droge huid ondervindt. Vanwege deze hoge doorslagspanning zal de huidverbranding in dit geval aanzienlijk zijn.

Nadat zich een elektrisch circuit heeft gevormd, inclusief de doorgeslagen huid, zal de stroom inhomogeen door de weefsels

lopen. Weke delen zoals spieren en bloedvaten zijn, in tegenstelling tot ligamenten, botweefsel, darmen en longweefsel, goede geleiders. De stroom zal zich dan ook bij voorkeur door deze goed geleidende weefsels een weg banen. Wanneer de diameter van deze weefsels groot is, zoals bijvoorbeeld de kuit of de proximale onderarm, dan is de stroomdichtheid per cm² gering en dus de warmteontwikkeling eveneens. Is de diameter van goed geleidende structuren klein, zoals op plaatsen waar zich voornamelijk slecht geleidende structuren bevinden als botten en pezen (gewrichten), dan is in en rond de goed geleidende structuren als bloedvaten een grote warmteontwikkeling en dus ook schade te verwachten. Deze coagulatie necrose van weke delen bevindt zich dikwijls onder een niet verbrande huid en maakt daarmee een eerste inschatting van de ernst van het letsel moeilijk. Bij laagspanningsongevallen (220 Volt) is de kans op een ernstige weke delen beschadiging klein.

Klinische verschijningsvormen en achtergronden.

Er kunnen 4 typen brandwonden door electriciteit worden onderscheiden

- electrothermische brandwonden

- lichtboog verbrandingen
- contact verbrandingen
- bliksemfiguren

Electrothermische verbrandingen van de huid.

Zuivere electrothermische verbrandingen treden op door een direct contact tussen huid en een elektrische geleider. De warmtevorming volgt de formule I^2Rt . In het merendeel van de gevallen is er sprake van een laag voltage ongeval en is de uitgebreidheid van de brandwond beperkt tot enkele centimeters; de diepte varieert van een oppervlakkige huidverbranding tot een volledige dikte huidverlies.

Pure electrothermische brandwonden ten gevolge van hoogspanning zijn zeldzaam. Door een hoogspanningsgeleider vast te grijpen (schakelstation etc.) en de onmogelijkheid deze los te laten (flexoren in de onderarm zijn sterker dan de extensoren) kan door langdurige stroomdoorgang een enorme warmteontwikkeling plaatsvinden (figuur 1). De verbrandingen beperken zich in dit geval niet alleen tot de huid maar omvatten ook de weke delen van onder- en bovenarm.

In zowel hoog- als laagspanningsongevallen kunnen electrothermische brandwonden ook worden gezien op de plaats waar het slachtoffer contact maakt met het aardpotentiaal.



Figuur 1: Typische klauwstand van hand en vingers door langdurig contact met een hoogspanningsbron. Deze diepe huid- en weke delen (pezen) verbranding is vooral geconcentreerd rond het (pols) gewricht.

Lichtboogverbrandingen.

Brandwonden ontstaan door lichtboogvorming behoren tot de meest frequent voorkomende letsels bij electriciteitsongevallen, zowel bij laagspanning-, hoogspanning-, als bij bliksemongevallen. Wanneer een persoon een elektrische geleider zodanig dicht is genaderd dat de tussenliggende lucht door ionisatie doorslaat, vormt zich een lichtboog. De temperatuur in de lichtboog kan tot enkele duizenden graden oplopen. Wanneer de stroom zich over een groot huidoppervlak verspreidt (splash) kan dit grote gedeeltelijke dikte huidverbrandingen veroorzaken. Binnen dit gebied kunnen, daar waar in de huid electrothermische coagulatie plaatsvindt, kleinere volledige dikte huidlaesies ontstaan. Veelal komen combinaties van deze twee verbrandingstypen voor. Lichtboog verbrandingen worden door hun ontstaanswijze vooral gezien aan de handen en het gezicht. Bij bliksemongevallen is de grootte van het verbrande oppervlak meestal beperkt tot enkele procenten van het lichaamsoppervlak, wat kan worden verklaard door de extreem korte duur van een bliksemontlading (<0.001 sec).

gedragen metalen voorwerpen zoals armbanden, kettingen, oorbellen en ritssluitingen. Doordat zij een onderdeel vormen van het elektrische circuit worden deze voorwerpen zo sterk verwarmd dat de er ondergelegen huid verbrandt. Niet zelden smelten of verdampen zij zelfs. Het oppervlak van de brandwonden beperkt zich meestal tot enkele centimeters.

Bliksemfiguren.

Bliksemfiguren zijn rode huidverkleuringen in de vorm van varen- of bloempatronen. Zij markeren de electronenstromen over de huid tijdens een bliksemontlading. Het zijn geen echte brandwonden in pathologische zin; binnen enkele uren zijn de verkleuringen verdwenen zonder een spoor na te laten. Positieve ontladingen vinden we terug als Lichtenbergfiguren (varens) terwijl negatieve ontladingen lijken als de druppels die uit een douchekop komen (bloemen). Bliksemfiguren zijn voor de forensisch geneeskundige van belang omdat zij soms de enige aanwijzing vormen dat iemand door de bliksem is getroffen.

Brandwonden door chemische stoffen

Niet slechts door het aantal, maar vooral door de diversiteit aan chemische stoffen kunnen bij

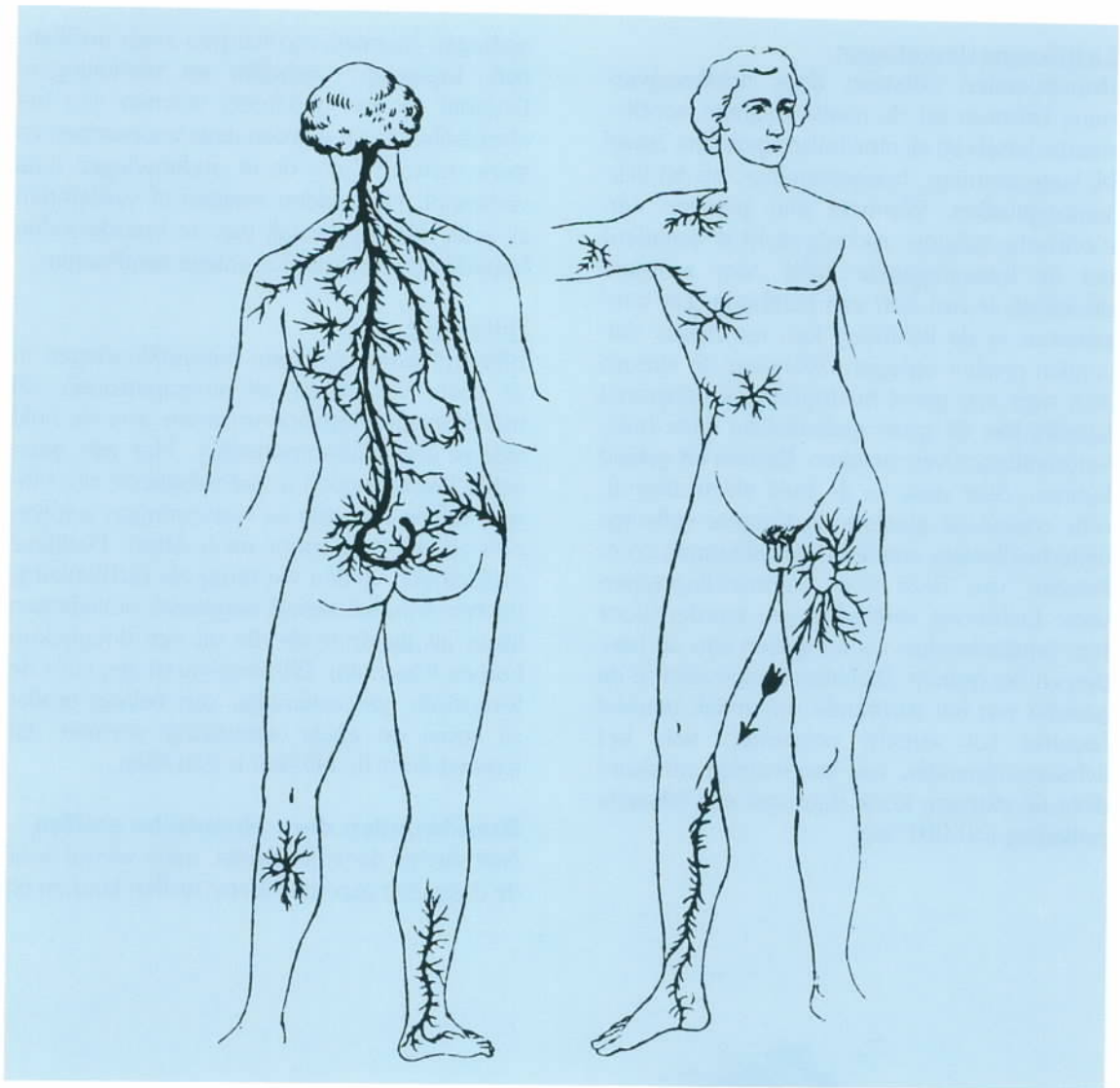


Contact verbrandingen.

Contactverbrandingen komen nagenoeg uitsluitend voor bij bliksemongevallen. Zij volgen op een lichtboogvorming tussen op de huid

contact met huid en slijmvliezen velerlei vormen van verbrandingen ontstaan.

Veel van de letsels ontstaan in het huishouden bij het gebruik van schoonmaak- en afbijtmid-



Figuur 2: Lichtenbergfiguren ten gevolge van positieve bliksemontlading in publikatie van Mayer, 1795 (*Neue Bemerkungen und Erfahrungen zur Wundarzneikunst und Arzneigelehrtheit, Berlin, 1795, III Teil*).

delen. Daarnaast komen verbrandingen voor bij ongevallen in het productieproces van chemische produkten en de toepassing van chemicaliën in laboratoria.

Omdat veel van de chemische verbindingen die tot verbrandingen aanleiding geven behoren tot de zuren en basen wordt vooral om praktische redenen deze indeling gehanteerd. Zuurinwerking leidt tot denaturatie van in de huid aanwezige eiwitten en veroorzaakt de zo typische witte verkleuring. De ernst van de verbrandingen is afhankelijk van de hoeveelheid vloeistof, de concentratie, de zuurgraad (Ph) en de duur van de inwerking. Gewoonlijk blijft de diepte van de verbranding beperkt tot de huid. Zuren kunnen van de huid worden verwijderd door ze uitgebreid en langdurig te spoelen met water. In het algemeen is een irri-

gatieperiode van 60 minuten voldoende. Vooral zuren kunnen door resorptie aanleiding geven tot het ontstaan van algemene ziekteverschijnselen.

Het verbrandingsmechanisme van basen berust op een sterke dehydratie van die weefsels waarmee het in aanraking komt. Uiteindelijk is celdood het resultaat. Sterk alkalische stoffen blijven vaak langdurig in de huid en subcutane weefsels aanwezig ondanks het uitgebreid spoelen met water; er wordt geadviseerd dit enige tijd vol te houden. De toxische inwerking op de weefsels kan eigenlijk alleen adequaat worden verholpen door direct een adequaat chirurgisch wondtoilet te verrichten; alleen daarmee kunnen de alkali volledig worden verwijderd.

Op enkele chemische stoffen na, zoals fosfor,

fluorwaterstof en phenol, dienen brandwonden veroorzaakt door chemische stoffen niet behandeld te worden met een neutraliserende stof, aangezien hierbij een exotherme chemische reactie ontstaat die een verdieping van de brandwond zal veroorzaken.

De ernst van een chemische verbranding wordt dikwijls onderschat door het "goedaardige" aspect van de brandwonden. Onder een ogenschijnlijk oppervlakkige verbranding gaat meestal een volledige dikte huidverbranding schuil waarbij niet zelden ook het subcutane weefsel is aangedaan. Het is van belang om de in de omgeving van de verbrande huid aanwezige kleding te verwijderen; kleding kan enerzijds nog de chemische stoffen bevatten die het verbrandingsproces onderhouden, anderzijds kan kleding verbrande huidoppervlakken aan het oog onttrekken.

De over meerdere procenten van het lichaamsoppervlak aanwezige chemische verbrandingen eisen minimaal dezelfde reuscitatie maatregelen als de vlam- en vloeistofverbrandingen.

* H.J. ten Duis: chirurg Academisch Ziekenhuis Groningen

Literatuur

1. Lee RC, Cravalho EG, Burke JF. Electrical Trauma. Cambridge University Press 1992. ISBN 0-521-3834-5-5.
2. Brinkman K, Schaefer H. Der Elekrounfall. Springer Verlag Berlin 1982.
3. Andrews CJ, Cooper MA, Duis H.J. ten, Sappideen D. The pathology of Electrical and Lightning injuries Chapter 23a in Wecht CH, Forensic Sciences Matthew Bender Edit. New York, Oakland 1995. ISBN 0-8205-1313-x.
4. Duis H.J. ten, Reenalda PE, Klasen HJ. Keraunoparalysis, a "specific" lightning injury. Burns 1985;12:54-7.
5. Duis H.J. ten, Klasen HJ, Nijsten MWN, Pietronero L. Superficial lightning injuries. Their "fractal" shape and origin. Burns 1987;13: 141-146.

Het WCS Classificatie kaartje

Altijd het Classificatiemodel op zak.

Dit handzame kaartje biedt u de gelegenheid om het Classificatiemodel tijdens uw werk altijd bij de hand te hebben.

Dit kaartje kost slechts f 1,- per stuk
(exclusief verpakkings- en verzendingskosten)

en kan besteld worden via:

de WCS bestellijn: 0252 - 230026.

WCS SERVICE

31