

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

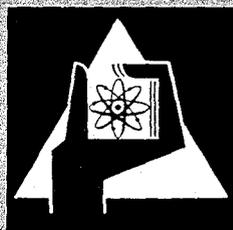
Juli/August 1970

KFK 1311

Medizinische Abteilung

Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Strahlenunfällen unter besonderer
Berücksichtigung radioaktiv kontaminierter Verletzungen

L. Ohlenschläger



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE

Internationale Monatszeitschrift für angewandte Atomenergie in Technik, Industrie, Naturwissenschaften, Medizin einschließlich Biophysik und Strahlenschutz unter besonderer Berücksichtigung der Raumfahrtforschung und -technik

Hauptschriftleiter: Prof. Dr. rer. nat. Dr. med. E. H. Graul, 355 Marburg/Lahn, Lahnstraße 4a

Verlag G. Braun, 75 Karlsruhe 1, Karl-Friedrich-Straße 14-18 · Postfach 1709 · Telefon: *26951 · Telex: 7826904 vgb d

Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Strahlenunfällen unter besonderer Berücksichtigung radioaktiv kontaminierter Verletzungen

Von L. Ohlenschläger

Aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für Kernforschung mbH, Medizinische Abteilung

1. Kernspaltung als Energiequelle für Gegenwart und Zukunft

Mit zunehmender Umstellung von fossiler Energiegewinnung auf Kernenergie stellt sich auch die Frage nach einer zweckmäßigen Betreuung des exponierten Personenkreises. Es handelt sich dabei sowohl um das Stammpersonal von Kernkraftwerken als auch um Montagetrupps von Herstellerfirmen, die bei Reparatur- und Überprüfungsarbeiten besonders exponiert sind. Die spezielle Art solcher Verletzungen besteht aus einer Kombination von konventioneller Verletzung und Kontamination oder Strahlenexposition. Man spricht auch von Kombinationsverletzungen. Diese bedürfen daher einer differenzierten ersten Hilfe und nachfolgender Behandlung.

Noch stehen wir am Anfang einer kerntechnischen Ära, aber bei der derzeitigen Entwicklung ist zu erwarten, daß in den nächsten 30 Jahren ein wesentlicher Teil des Gesamtenergiebedarfs aus Kernenergie gedeckt wird. Man schätzt in Fachkreisen etwa die Hälfte des gesamten Energiebedarfs.

In der Bundesrepublik befindet sich die Reaktorindustrie in einem deutlichen Aufschwung. Diese Aufwärtsentwicklung verlangt unter anderem auch die bestmögliche Betreuung bei möglichen Unfällen. Neben den Kernkraftwerksanlagen ist es in erster Linie die Industrie der Kernbrennstoffverarbeitung und Wiederaufbereitung bestrahlter Kernbrennstoffe, die in den folgenden Rahmen ärztlicher Überlegungen einbezogen werden. In ihren Bereichen sind potentielle Strahlenunfälle und Kombinationsverletzungen denkbar. Es ist daher zweckmäßig, die zu erwartenden Verletzungsarten im einzelnen anzuführen und die sich daraus ergebenden Erste-Hilfe-Maßnahmen abzuleiten.

Aus Gründen der besseren Übersicht empfiehlt es sich, die beim Umgang mit radioaktiven Stoffen möglichen Verletzungen und Strahlenbelastungen in vier Gruppen einzuteilen:

1. die äußeren Kontaminationen;
2. die Inkorporationen;
3. die kontaminierten Verletzungen;
4. die reine Strahlenexposition.

Gegenstand dieser Betrachtungen sind nur die unter 3 und 4 genannten möglichen Belastungen.

2. Die kontaminierte Verletzung

Jede Verletzung, die im Kontrollbereich entstanden ist, muß solange als kontaminierte Verletzung angesehen und behandelt werden, bis das Gegenteil durch Wundausmessung erwiesen ist.

Das radioaktive Material kann in verschiedenen Formen in die Wunde gelangen: gelöst, fest löslich und fest-unlöslich.

Für die ersten beiden Formen kann auch der Ausdruck transportabler Radionuklide verwendet werden, während die fest-unlösliche Form als nicht transportables Material bezeichnet wird.

Die transportablen Formen der Radionuklide stellen eine besondere Gefahr der Wundkontamination dar, da sie durch eröffnete Lymphspalten und Blutgefäße rasch zur Inkorporation führen können. Die fest-unlösliche Form verbleibt im allgemeinen stationär im Gewebe.

Die überwiegende Mehrzahl solcher kontaminierten Verletzungen tritt naturgemäß in Arbeitsbereichen auf, in denen mit offenen radioaktiven Stoffen hantiert wird. Dies trifft in erster Linie für die kernbrennstoffverarbeitende Industrie zu, die vorwiegend mit Uran-238, Uran-235 und Plutonium-239 arbeitet.

Obwohl solche Arbeiten unter strengsten Sicherheitsvorkehrungen in sogenannten Gloveboxen mit Unterdruck und permanentem Abzug durchgeführt werden, kommt es immer wieder infolge Unachtsamkeit zu kontaminierten Verletzungen in der Box.

Es handelt sich dabei in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle um Bagatellverletzungen, wie sie beim Handtieren mit Pipetten und Glasgefäßen in der Box sowie bei der Durchführung mechanischer Arbeiten wie Feilen, Sägen oder Schleifen von radioaktivem Material auftreten können. Entsprechend diesen Tätigkeiten handelt es sich meistens um Stich-, Schnitt- und Rißverletzungen. Hinzu kommen noch Verbrennungen, wie sie bei Verpuffungen oder kleineren Explosionen in der Box auftreten können. Da die Arbeiten in den schon erwähnten Handschuhboxen durchgeführt werden, ist die Lokalisation vorwiegend im Bereich der Hände und Vorderarme.

Die Häufigkeit und Schwere solcher Ereignisse ist verglichen mit rein konventionellen Unfällen allerdings sehr gering. Dies wiederum ist auf die Schutzbestimmungen und sehr guten Sicherheitsvorkehrungen am Arbeitsplatz zurückzuführen. Andererseits können selbst extrem kleine Mengen radioaktiver Substanzen, wenn sie in transportabler Form über eine Wunde als Eintrittspforte in den Organismus gelangen, sich in verschiedene Organsysteme ablagern und teilweise zu schweren Allgemeinstörungen führen. Dies gilt insbesondere für die Elemente der Transurane und hier in erster Linie für das Plutonium-239.

Für erfolgversprechende therapeutische Maßnahmen bei kontaminierten Wunden ist die Kenntnis der Reichweiten radioaktiver Strahlungen im Gewebe erforderlich.

2.1. Reichweite von radioaktiven Strahlungen im Gewebe

2.1.1. α -Reichweiten. Der Energiebereich der α -Strahlung liegt zwischen 0 und 8 MeV. Die Reichweite beträgt für diesen Bereich in Luft zwischen 0 und 7,5 cm. Bei flüssigen und festen Medien läßt das Durchdringungsvermögen der α -Strahlung erheblich nach. Der α -Strahler Plutonium-239 strahlt bei einer Oberflächenkontamination etwa 40 μ in die intakte Haut. Die Dicke der Epidermis beträgt 70 bis 150 μ , so daß eine lokale Schädigung der Haut auf die Oberhaut beschränkt bleiben würde.

2.1.2. β -Reichweiten. Weiche β -Strahler wie Schwefel-35 und Kohlenstoff-14 vermögen ebenfalls die Epidermis nicht zu durchdringen. Mittelharte und harte β -Strahlung, wie beispielsweise vom Strontium-90, Yttrium-90 oder Phosphor-32, reicht bis in das Corium und teilweise bis in die Tela subcutanea (also 1 bis 2 cm weit).

2.1.3. γ -Reichweiten. γ -Strahlung vermag schon als sehr weiche Strahlung den menschlichen Körper zu durchdringen und ist daher meßtechnisch leichter erfaßbar.

2.2. Nachweis von radioaktiver Strahlung im Gewebe

Während γ - und β -Strahlung verhältnismäßig einfach meßtechnisch erfaßt werden können, ist die Messung der α -Strahlung bei kontaminierten Wunden ungleich schwieriger. α -Strahler finden sich unter den Radioisotopen der schweren Elemente oberhalb der Ordnungszahl 82.

Geringe Reichweite und Strahlenabsorption durch selbst kleinste Blutkoagula oder Blutropfen sind die Ursachen für den erschwerten Nachweis. Aber gerade die Radioisotope der Transurane sind von hoher Radiotoxizität und bedürfen daher eines möglichst schnellen und exakten meßtechnischen Nachweises. Dies ist allein über die α -Strahlung nicht immer möglich, besonders wenn bei einer Stichverletzung ein Aktivitätsdepot in tiefere Gewebsschichten verlagert worden ist. In solchen Fällen gelingt im allgemeinen der Nachweis der Aktivität über die weiche Röntgen- oder γ -Strahlung solcher Radionuklide.

Allgemeine Richtlinien für maximal zulässige Wundkontaminationen sind bisher noch nicht erlassen worden.

Aus dem amerikanischen Schrifttum sind Erfahrungswerte bekannt geworden, nach denen eine Wundkontamination mit Plutonium-239 nicht größer als 3 nCi sein sollte (etwa $1/10$ der body burden). Das entspricht einer Menge Plutonium von 0,05 μ g. 1 μ g lösliches Plutonium, entsprechend 64 nCi, kann im Tierversuch in der Haut bereits zu einem Fibrosarkom führen [8].

Daraus ergibt sich als therapeutische Konsequenz eine gute meßtechnische Einrichtung mit der Möglichkeit 3 nCi Plutonium-239 nachweisen zu können und eine möglichst schnell einsetzende Erste Hilfe mit anschließender ärztlicher Betreuung.

2.3. Der radiochirurgische Meßplatz

Die Meßeinrichtung besteht aus drei Detektoren: einem α - β -Handzählrohr, einem α -Halbleiterdetektor und einem Szintillationszähler.

Die Messung erfolgt zuerst an der Wunde mit dem α - β -Handzählrohr. Dann werden die Wundränder mit dem Halbleiterdetektor ausgemessen. Schließlich wird bei der plutoniumkontaminierten Wunde noch die 17 keV weiche Röntgenstrahlung mit dem Szintillationszähler gemessen, um auch in die Tiefe verlagerte Aktivitätsdepots zu erfassen. Erst dann erfolgt die chirurgische Versorgung der Wunde, wobei vor Verschluß derselben Kontrollmessungen vorgenommen werden müssen.

3. Therapeutische Maßnahmen

Erste Hilfe und therapeutische Maßnahmen gliedern sich in drei Abschnitte.

3.1. Erste-Hilfe-Maßnahmen am Unfallort durch den geschulten Laien

Durch Aufklärung des betroffenen Personenkreises und Ausbildung in Erster Hilfe kann die Voraussetzung für eine sachgerechte und schnelle erste Hilfe am Unfallort geschaffen werden.

An jedem Arbeitsplatz, an dem mit offenen radioaktiven Substanzen der Transuranreihe gearbeitet wird, hängt ein Stauschlauch mit Kocherklemme, der bei einer Ver-

letzung sofort wundnah angelegt und mit der Kocherklemme befestigt wird. Auf diese Weise kann eine Aszension des Radionuklids in die Blutbahn vermieden werden und gleichzeitig durch die venöse Blutung eine Ausschwemmung eines Teiles der Aktivität ermöglicht werden.

Die Wunde wird dann mit einem sterilen Verband bedeckt und der Verletzte unverzüglich in die medizinische Ambulanz gebracht.

3.2. Ärztliche Versorgung in der Strahlenunfallambulanz

Das Ziel der ärztlichen Bemühungen ist es, möglichst die gesamte Aktivität aus der Wunde zu entfernen und die Wunde primär zu verschließen. Dazu sind zwei Arbeitsgänge erforderlich:

1. *Der Meßvorgang*, der mit angelegter Stauung in der bereits geschilderten Weise durchgeführt wird. Dabei werden alle Meßergebnisse nebst der Anamnese des Unfallherganges in ein Dekontaminationsprotokoll eingetragen.

2. *Die Wundversorgung*. Nach Beendigung des Meßvorganges wird in üblicher Weise unter Wahrung der Asepsis die ovaläre Excision der Wunde vorgenommen und zwar unter Belassung der Stauung. Anschließend erfolgt erneute Ausmessung der Wunde. Im allgemeinen gelingt es durch ein- oder zweimalige Excision, die gesamte Aktivität zu entfernen. Erst dann wird die Stauung geöffnet und die Wunde verschlossen. Gelingt es nicht, die gesamte Aktivität durch Excision zu entfernen, so ist auch ein Versuch der Auswaschung der Wunde mit physiologischer Kochsalzlösung oder Zephirolwasser gestattet. Wunden an den Händen, die sich durch mehrmalige Excisionen nicht mehr schließen lassen, können durch geeignete Plastiken nach Reverdin oder Wolf-Krause gedeckt werden. Verband und Tetanusprophylaxe beschließen den eigentlichen Eingriff. Erstverband und excidiertes Gewebstück sowie Spülflüssigkeiten werden aufgehoben und einer Aktivitätsanalyse unterzogen. Bei Verdacht auf Inkorporation wird sofort Wund- und Venenblut aus der Cubitalvene der verletzten Extremität entnommen und zusammen mit dem 24-Stunden-Urin auf α -Aktivitäten überprüft. Ist es zu einer Inkorporation durch eine kontaminierte Wunde gekommen, so erhebt sich die Frage einer Ausscheidungsintensivierung mittels Infusionen mit Chelatbildnern (DTPA 30 bis 60 mg pro kg Körpergewicht, Einzeldosis 2 bis 4 g, in 5%iger Glukoselösung 1 bis 3 Stunden Einlaufzeit [1]).

Diese Therapie ist nur bei intakten Nieren und unter ständiger Kontrolle der Nierenfunktion durchführbar.

3.3. Maßnahmen bei Katastrophen

Im Falle katastrophenähnlicher Ereignisse wird die medizinische Strahlenunfallambulanz die Funktion einer Auffangstation, ähnlich dem Hauptverbandplatz im Kriege, haben. Am Unfallort werden geschulte Laien zusammen mit Sanitätern und Ärzten erste Hilfe leisten. In der Strahlenunfallambulanz werden ergänzende Maßnahmen durchgeführt, um auch Schwerverletzte trans-

portfähig zu machen (Schockbehandlung, Herz-Kreislaufbehandlung, Dekontaminationen, Wund- und Frakturversorgung, Tetanusprophylaxe).

Von hier aus wird dann die Weiterverlegung in eine zentrale Behandlungsstelle vorgenommen, nötigenfalls auch direkt vom Unfallort, wenn keine Strahlenunfallambulanz vorhanden ist.

4. Äußere lokale Strahlenschäden

Einer externen lokalen Strahlenbelastung der Haut können zwei Ursachen zugrunde liegen:

1. Die Strahlenbelastung erfolgt durch eine Kontamination der Haut mit radioaktiven Substanzen in fester oder flüssiger Form. Die Strahlenquelle befindet sich dabei direkt auf der Haut (α - oder β -Strahler).

2. Die Strahlenquelle befindet sich von der Haut entfernt (z. B. γ - oder Neutronenstrahlung). Um den klinischen Ablauf einer lokalen Strahlenüberbelastung bei Hautkontaminationen abschätzen zu können, ist die Kenntnis des Radionuklids erforderlich. Bei lokaler Überexposition durch körperferne Strahlungsquellen sind außerdem noch Strahlungsart (γ - oder Neutronenstrahlung), Dosis und Dosisverteilung von Interesse. Daraus ergibt sich zwangsläufig eine enge Zusammenarbeit zwischen Ärzten und Strahlenschutzphysikern, die gemeinsam die Erstmaßnahmen besprechen und durchführen.

4.1. Klinische Symptomatologie

Die lokale Strahlenüberlastung der Haut führt zu den klinischen Zeichen einer Verbrennung. Die klassische Einteilung einer konventionellen Verbrennung in die drei Gradstufen Erythem, Blasenbildung und Schorfbildung läßt sich auch bei der Strahlenüberbelastung der Haut in Anwendung bringen.

Darüberhinaus spielt die Ausdehnung des strahlenbeschädigten Hautbezirkes eine bedeutende Rolle bei der prognostischen Beurteilung. Auch hier läßt sich als grobe Orientierungshilfe am Unfallort die Neunerregel für Verbrennungen anwenden.

4.2. Erste-Hilfe-Maßnahmen am Unfallort

Das Ausmaß der Erste-Hilfe-Maßnahmen und ersten ärztlichen Betreuung hängt von der Schwere des Strahleninsultes ab. In Anlehnung an die drei klassischen Gradstufen der Verbrennung kann man folgende Empfehlungen für Erstmaßnahmen gelten lassen:

4.2.1. *Combustio erythematosa*. Es bestehen zwei Verlaufsmöglichkeiten: a) das Erythem heilt ab; b) die Combustio erythematosa geht über in eine Combustio bullosa.

Erstmaßnahmen bei der Combustio erythematosa: Zur Hautpflege Applikation indifferenten Puder, z. B. Talkum plus Zinkoxyd, was einen leicht entzündungshemmenden Effekt besitzt.

4.2.2. *Combustio bullosa*. Sie ist dann zu erwarten, wenn die eingestrahlte Dosis mehr als 1000 rad betragen hat. *Erstmaßnahmen*: a) steriler Puderverband, Eispackung; b) fachdermatologische Behandlung.

4.2.3. *Combustio escharotica*. Diese Verbrennung dritten Grades entspricht einer Strahlendosis von mehr als 5000 rad. Bereits einige Stunden nach dem Strahlensinsult kommt es zur Rötung und ödematösen Schwellung. Ein bis drei Tage später setzt Blasenbildung ein.

Erstmaßnahmen: a) gesamter klinischer und laborchemischer Status als Ausgangswerte; b) steriler Puderverband, Eispackung; c) stationäre Einweisung in eine fachdermatologische Klinik.

5. Äußere Ganzkörperbestrahlung

Die erhöhte äußere Ganzkörperbestrahlung stellt von einer bestimmten Dosis an von allen Strahlenunfällen die wohl schwerste Beeinträchtigung des Organismus dar.

Es handelt sich dabei um ein komplexes Geschehen, bei dem neben der lokalen Strahlenbelastung zusätzlich eine strahleninduzierte Schädigung des blutbildenden Systems, des gastrointestinalen Epithels und des zentralen Nervensystems auftreten kann. Darüberhinaus finden sich bei Ganzkörperbestrahlung hoher Dosis auch immer Zeichen eines schweren Strahlenschocks.

5.1. Abgrenzung der Stadien des akuten Strahlensyndroms zwecks Abschätzung des Schweregrades der Strahlenbelastung und Erste-Hilfe-Maßnahmen

Um dem am Unfallort tätigen Arzt eine erste prognostische Einschätzung der Schwere des Strahlensyndroms zu ermöglichen, wird eine vereinfachende Einteilung der Strahlenexponierten in drei Gruppen vorgenommen. Der Einteilung liegt die Tabelle von Wendt zugrunde [3, Kapitel II]. Es werden den drei Prognosen, Heilung sicher (ohne Therapie), Heilung möglich (mit Therapie) und Heilung unmöglich (trotz Therapie), die drei in etwa entsprechenden Strahlendosen zugrunde gelegt.

5.1.1. *Dosisbereich unter 100 rad*. Keine klinischen Symptome, keine Therapie erforderlich. In jedem Falle sollten klinischer Status und gesamtes Blutbild einschließlich Thrombo- und Retikulozyten als Ausgangswerte gemacht werden. — *Prognose*: Restitutio ad integrum.

5.1.2. *Dosisbereich 100 rad bis 500 rad*. Klinische Symptome während der ersten Stunden bis 5 Tage: Schwindel, Übelkeit, zeitweiliges Erbrechen, Blutbildveränderungen (Granulo- und Thrombozyten). — *Erstmaßnahmen*: 1. Ausziehen der kontaminierten Kleidung. — 2. Bei zusätzlicher äußerer Kontamination Ganzkörperduschung im Liegen mit lauwarmen Wasser zwecks Minderung der durch äußere Kontamination bedingten zusätzlichen Strahlung. — 3. Bei Neutronenstrahlung Einsammeln von Haaren zwecks Durchführungen von Aktivitätsanalysen auf Phosphor-32. Blutentnahme zur Bestimmung von Natrium-24 (50 bis 100 ml). — 4. Lie-

gender Transport in ein geeignetes Krankenhaus. — *Prognose*: Überlebenschance gegeben bei Ausnutzung aller diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen.

5.1.3. *Dosisbereich 500 rad bis 3000 rad*. Klinische Symptome: Kurz nach dem Ereignis auftretendes unstillbares Erbrechen, Schwindel, Fieber mit Durchfällen, Strahlenschock. — *Erstmaßnahmen*: 1. Ausziehen der kontaminierten Kleidung bei zusätzlicher äußerer Kontamination durch Spaltprodukte. — 2. Vorsichtige Ganzkörperduschung mit lauwarmen Wasser zwecks Minderung der durch äußere Kontamination bedingten Strahlung. — 3. Bei Neutronenbestrahlung Einsammeln von Haaren zur Aktivitätsanalyse von Phosphor-32. Blutentnahme zur Natrium-24-Bestimmung (50 bis 100 ml). 4. Liegender Transport in ein geeignetes Krankenhaus. — *Prognose*: infaust.

6. Der Strahlenschock

Der bei einer externen Ganzkörperbestrahlung von mehr als 500 rad zu erwartende Strahlenschock stellt eine schwere Komplikation des akuten Strahlensyndroms dar und bedarf deshalb einer besonderen Würdigung. Da bis heute noch keine spezifische Therapie für den Strahlenschock bekannt ist, werden im allgemeinen Maßnahmen wie bei einem konventionellen hämorrhagischen Schock empfohlen.

Volumenersatz durch Plasmaexpander, Verabfolgung von Elektrolytlösungen und Sympatikomimetika sowie Corticosteroide haben beim akuten Strahlensyndrom nicht den erhofften Erfolg. Dies geht unter anderem auch aus neueren tierexperimentellen Untersuchungen [5] und amerikanischen Therapieberichten [7] über das akute Strahlensyndrom hervor.

6.1. Pathophysiologie des Strahlenschocks

Die Ursachen eines Schocks können vielseitig sein, die Folge ist immer eine Verringerung der kreisenden Flüssigkeitsmenge oder anders ausgedrückt, ein Mißverhältnis zwischen kreisender Flüssigkeitsmenge und Gefäßkapazität. Infolge des verminderten venösen Angebotes an das Herz wird die Druckvolumenarbeit des Herzens herabgesetzt, das Minutenvolumen verringert sich, der Blutdruck sinkt ab.

Hinzu kommen noch die Zeichen einer Trans- und Demineralisation.

Der intravasale Volumenmangel wird beim konventionellen Schock mit gutem Erfolg durch Infusionen, Verabfolgung von Sympatikomimetika und Corticosteroiden bekämpft. Dies setzt ein leistungsstarkes Herz voraus.

Hochrein, Braun und Viering [5] haben anhand von Tierversuchen nachgewiesen, daß es bei dem akuten Strahlensyndrom neben dem bekannten Zeichen eines Volumenmangels und einer Hämokonzentration auch zu einem Abfall des intrazellulären myocardialen Kaliums und Natriums kommt. Während sich durch Verabfolgung von Haemaccel oder Elektrolytlösungen und Sympatikomimetika der intrazelluläre myocardiale Ka-

liumgehalt wieder normalisiert, bleibt der Natriumgehalt der Myocardzelle erniedrigt. Als Folge leiten die Autoren eine Depolarisationshemmung der Myocardzellmembran ab, welche vergleichbar ist mit einer strahlenbedingten Membranabdichtung. Das Herz wird dadurch nicht mehr belastungsfähig und versagt bei Infusionsbehandlung schneller.

So verenden bestrahlte und nach den Richtlinien der klassischen Schocktherapie behandelte Tiere früher als bestrahlte unbehandelte Tiere. Die Applikation peripherer Kreislaufmittel hat sich dabei ebenfalls als ungünstig erwiesen, dagegen sollen zentrale Analeptika wie Pervitin und Benzedrin einen günstigen Effekt haben.

6.2. Erste Hilfsmaßnahmen beim Strahlenschock

Für die Praxis ergeben sich aufgrund dieser Untersuchungen folgende Gesichtspunkte:

- Der Strahlenschock ist pathophysiologisch nicht identisch mit dem konventionellen Schock.
- Die bei dem konventionellen Schock infrage kommende Therapie kann nicht ohne weiteres auf den Strahlenschock übertragen werden.
- Jede zusätzliche hämodynamische Belastung führt zur Gefahr des Herzversagens.

Für die erste Hilfe beim akuten Strahlenschock bedeutet das die absolute Ruhigstellung bei einer *vita minima* ohne Kreislauf- und Infusionsbehandlung.

6.3. Belastung der Ersthelfer durch Strahlung während der Erste-Hilfe-Maßnahmen bei erhöht Ganzkörperbestrahlten

Bei allen Hilfsmaßnahmen, die bei einer akuten Ganzkörperbestrahlung notwendig werden können, verdient die Sicherheit der Ersthelfer besondere Beachtung.

Beim Studium der im amerikanischen Schrifttum veröffentlichten Unfälle fällt die gleichzeitige äußere Kontamination der Verletzten mit Spaltprodukten auf. Die in einem Abstand von 60 cm von der Körperoberfläche des Gesamtkörperbestrahlten gemessenen Dosisleistungen betragen zwischen 12 und 40 Milliröntgen pro Stunde. In einem Falle konnte die Dosis durch Ganzkörperduschung von 40 Milliröntgen auf 7,5 Milliröntgen pro Stunde gesenkt werden [7].

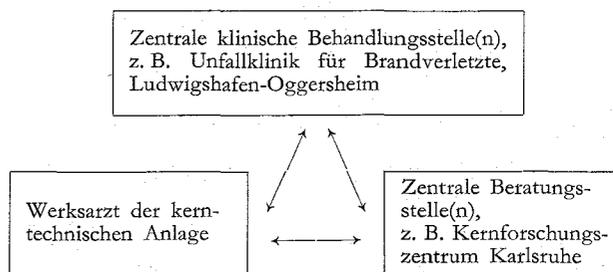
Die bei Erste-Hilfe-Maßnahmen zu erwartende Strahlenbelastung für Ersthelfer und Ärzte wäre unter diesen Gesichtspunkten noch vertretbar, wenn eine bestimmte Zeit, z. B. 2 Stunden, bei 40 Milliröntgen nicht überschritten wird. Strahlenschutzphysiker und Arzt müssen gemeinsam am Unfallort die Entscheidung für die zu ergreifenden Maßnahmen treffen. Der Arzt wird sich dann sowohl von den ermittelten Meßdaten als auch von der Sorge um den Verletzten und der Sicherheit der ihm anvertrauten Hilfskräfte leiten lassen.

7. Orientierende Studie für regionale und überregionale ärztliche Hilfsmaßnahmen bei Unfällen und Katastrophen in kerntechnischen Anlagen

Die bisher aufgezeigten organisatorischen und Erste-Hilfe-Maßnahmen bezogen sich vorwiegend auf den einzelnen kerntechnischen Bereich. Bei der zunehmenden Errichtung von Kernkraftwerken in der Bundesrepublik muß aber schon jetzt eine zweckmäßige regionale und überregionale Planung für Erste-Hilfe-Maßnahmen und Behandlung bei Unfällen vorgenommen werden. Dabei ergeben sich, wie die Praxis zeigt, zwei grundlegende Forderungen:

- Der reibungslose Ablauf der organisatorischen und ärztlichen Maßnahmen am Unfallort: sogenannte Erstmaßnahmen am Unfallort durch den Werksarzt und das Sanitätspersonal.
- Unterbringung kontaminierter Schwerverletzter und Strahlenexponierter in geeigneten Krankenhäusern. Hier kommen nur solche Krankenhäuser in Frage, die über die bautechnisch und pflegerisch geeigneten Raum- und Pflegeeinheiten verfügen. Diese Bedingungen werden beispielsweise in modernen Unfallkliniken für Schwerebrandverletzte erfüllt.

Von hier aus wird dann ein Expertenteam, bestehend aus Strahlenhämatologen, Dermatologen, Internisten und Chirurgen, einberufen, das die Weiterbetreuung des Strahlenexponierten übernimmt. Zwischen beiden Einrichtungen sollte sich eine zentrale Beratungsstelle befinden, die für leichte und mittelschwere Unfälle dem Werksarzt einer kerntechnischen Anlage beratend zur Seite stehen kann.



Alle drei Einrichtungen müßten durch ständigen Informationsfluß miteinander verbunden sein.

Dieses Modell hat sich auf lokaler Ebene bestens bewährt. Es wäre praktisch auch auf regionaler und überregionaler Ebene, also auf Länder- und Bundesebene anwendbar.

Auf diese Weise könnten bis jetzt noch ungelöste Probleme auf dem Gebiet der organisatorischen und therapeutischen Maßnahmen bei kerntechnischen Unfällen einer Lösung zugeführt werden.

Literatur

- Catsch, A.: „Radioactive Metal Mobilization in Medicine“, Charles C. Thomas, Springfield, Illinois (USA), 1964
- Edelhäuser, H.: „Umgang mit kontaminierten Verunglückten“, ASD/S Kernforschungszentrum Karlsruhe, Arbeitsbericht

- [3] Fliedner, T. M. und Haugner, W.: „Ärztliche Maßnahmen bei außergewöhnlicher Strahlenbelastung“, Thieme-Verlag, Stuttgart 1967
- [4] Hagen, U.: „Biologische Wirkung ionisierender Strahlen“, Arbeitsmedizin Sozialmedizin Arbeitshygiene, Heft 1/1969, S. 7
- [5] Hochrein, H., Braun, H. und Viering, J.: „Zur Problematik der Therapie des Strahlenschocks“, Strahlentherapie 137, 196 (1969)
- [6] Horan, J. R.: „The Health Physics Aspects of the SL-1 Accident“, Health Physics 9, 2 (1963)
- [7] Karas, J. S. und Stanbury, J. B.: „Total Radiation Syndrom from an Accidental Nuclear Excursion“, New England Journal of Medicine 272, 755 (1965)
- [8] Lisko, H., Finkel, M. P. und Brues, A. M.: „Plutonium Projects, Carcenogenic Properties of Radioactive Fission Products and of Plutonium“, Radiology 49, 361 (1947)
- [9] Ohlenschläger, L.: „Beitrag zur chirurgischen Versorgung radioaktiv kontaminierter Wunden“, Schriftenreihe Arbeitsmedizin Sozialmedizin Arbeitshygiene, Band 24, Gentner-Verlag, Stuttgart
- [10] Rajewski, B.: „Strahlendosis und Strahlenwirkung“, Thieme-Verlag, Stuttgart 1956
- [11] Zeller, P. R.: „Apparative und bauliche Voraussetzungen einer Spezialklinik für Verbrennungskranke“, Arbeitsmedizin Sozialmedizin Arbeitshygiene, Heft 3/1970, S. 64

Anschrift des Verfassers: Lothar Ohlenschläger, Gesellschaft für Kernforschung mbH., 75 Karlsruhe, Weberstraße 5

L. OHLENSCHLÄGER

Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Strahlenunfällen unter besonderer Berücksichtigung radioaktiv kontaminierter Verletzungen

Die vorliegende Studie befaßt sich mit den Maßnahmen der ersten Hilfe bei möglichen Strahlenunfällen, wie sie sich im Rahmen von kerntechnischen Anlagen und bei der Herstellung sowie Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffelementen ereignen können. Um schnelle und zweckmäßige erste Hilfe leisten zu können, werden die medizinischen Maßnahmen in drei Abschnitte gegliedert: 1. Erste Hilfe am Unfallort durch geschulte Laien. — 2. Erste ärztliche Versorgung in der Ambulanz. — 3. Weiterbehandlung Schwer- und Schwerverletzter in geeigneten zentralen Behandlungsstellen unter Hinzuziehung eines Expertenteams. — Darüberhinaus wird die Einrichtung regionaler und überregionaler zentraler Beratungs- und Behandlungsstellen erörtert.

L. OHLENSCHLÄGER

First Aid Measures in Radiation Accidents, Especially on Radioactively Contaminated Wounds

This study deals with the first aid measures to be taken in radiation accidents which may occur in nuclear facilities and in the fabrication and reprocessing of nuclear fuel elements. For quick and effective first aid, the medical measures are subdivided into three steps: 1. First aid by trained laymen on the spot of the accident. — 2. First medical care at the casualty ward. — 3. Further treatment of severely and very severely injured persons with the help of an expert team in suitable central surgeries. — In addition, the establishment of regional and supra-regional central consulting and therapeutic agencies is discussed.

L. OHLENSCHLÄGER

Premiers soins en cas d'accidents radiologiques en tenant particulièrement compte des blessures contaminées par radioactivité

La présente étude s'occupe des mesures de premier secours en cas d'accidents radiologiques tels qu'ils peuvent se passer dans le cadre d'installations nucléaires et lors de la fabrication et du retraitement d'éléments combustibles nucléaires. Afin de pouvoir prêter les premiers secours rapidement et efficacement les mesures médicales sont subdivisées en trois phases: 1. Premiers secours prêtés par des profanes instruits au lieu de l'accident. 2. Premiers soins médicaux dans le dispensaire. 3. Traitement des grands et très grands blessés dans des centres de traitement appropriés avec l'assistance d'une équipe de spécialistes. — En plus l'installation de centres de consultation et de traitement régionaux et superrégionaux est discutée.