

KERNFORSCHUNGSZENTRUM

KARLSRUHE

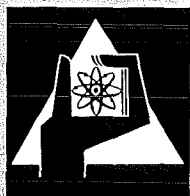
Juli 1971

KFK 1513

Medizinische Abteilung

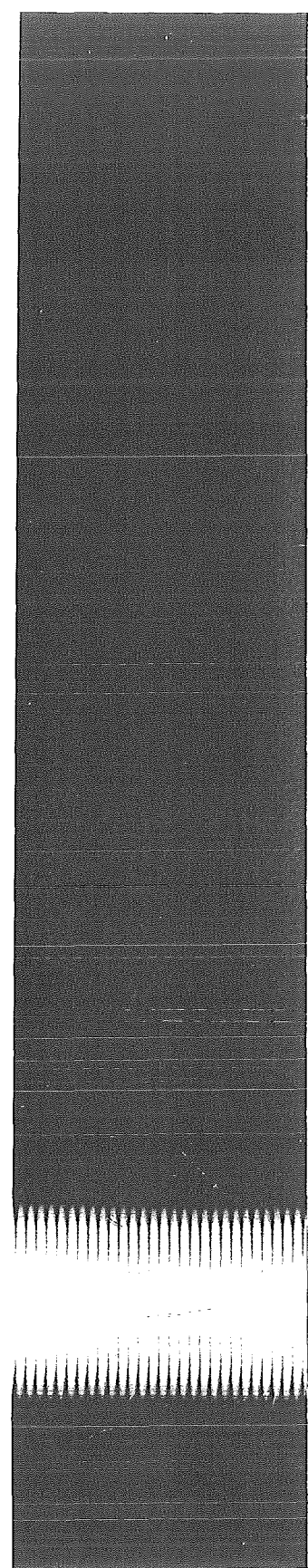
Bericht über eine mit Americium-241 kontaminierte
Stich-Schnittverletzung am linken Zeigefinger

L. Ohlenschläger



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE



Sonderdruck

142/1

1971

Strahlentherapie

Archiv für klinische
und experimentelle Radiologie

Bericht über eine mit Americium-241 kontaminierte Stich-Schnittverletzung am linken Zeigefinger¹

Lothar Ohlenschläger

Aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe, Medizinische Abteilung



URBAN & SCHWARZENBERG

MÜNCHEN - BERLIN - WIEN

Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten

© Urban & Schwarzenberg, München-Berlin-Wien 1971

1. Unfallhergang

Bei der Reinigung einer mit Americium-241 (III) kontaminierten Handschuhbox hatte sich ein 39-jähriger Diplomchemiker gegen 10.00 Uhr an einem Glasgefäß geschnitten. Dabei war ein Glassplitter des mit einer 0,1 molaren Americiumperchloratlösung kontaminierten Gefäßes durch den Handschuh hindurch in die linke Zeigefingerbeere eingedrungen.

Als Sofortmaßnahme am Unfallort wurde nach dem Ausziehen des Handschuhs eine α -Direktmessung der stark blutenden Wunde mit einem Argon-Methan-Durchflußzähler vorgenommen und die Wunde mit einem Notverband versorgt. Auf Grund der Erstmessung konnte eine erhebliche Wundkontamination mit Americium-241 (III) angenommen werden. Eine wundnahe Stauung war nicht angelegt worden. Der Verletzte wurde unverzüglich in die Strahlenunfallambulanz der Medizinischen Abteilung gebracht, wo er gegen 10.15 Uhr eintraf.

2. Befunde

2.1. Klinischer Befund

Lokalbefund

Eine etwa 3 mm lange, stark blutende Stich-Schnittverletzung im Bereich der linken Zeigefingerbeere. Die Wunderstinspektion ergab keinen Anhalt für einen Glasstecksplitter.

2.2. Laborchemische Befunde

Die im Rahmen der vorgeschriebenen strahlenschutzärztlichen Untersuchung bereits durchgeführten und vorliegenden Laborbefunde (gesamtes Blutbild, Thrombozyten und Urinstatus) waren unauffällig. Für eine eventuell notwendig werdende Ausscheidungsintensivierung mit Diäthylentriaminpentaessigsäure (DTPA) wurden zusätzlich als Basiswerte ein Urinstatus sowie die Bestimmung von Harnstoff, Harnstoff-Stickstoff und Harnsäure im Serum veranlaßt.

Urinstatus

Albumin: \emptyset ; Saccharose: \emptyset ; Urobilinogen: $-/+$;

Sediment: ohne Befund; Harnstoff: 15,40 mg 0 / 0 ;
Harnstoff-N: 7,2 mg 0 / 0 ; Harnsäure 8,19 mg 0 / 0 .
Der erhöhte Harnsäurewert im Serum ist Ausdruck

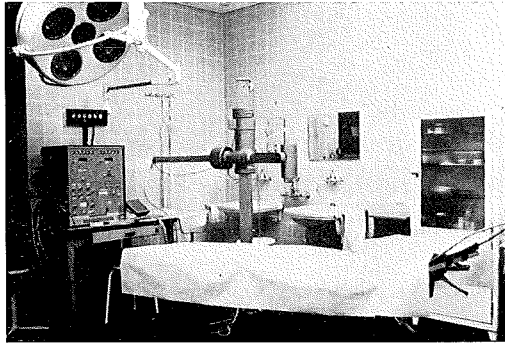


Abb. 1. Radiochirurgischer Meßplatz, Gesamtansicht.

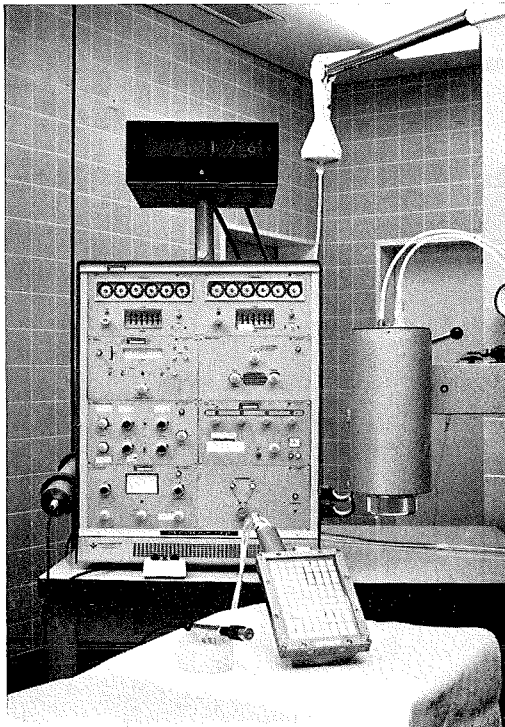


Abb. 2. Detektoren des Meßplatzes.

¹ Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe.

einer klinisch manifesten Arthritis urica, wegen der der Verletzte in ärztlicher Behandlung steht.

3. Radiochirurgische Maßnahmen

Die radiochirurgischen Maßnahmen bestanden in der Ausmessung der Wunde sowie deren Umgebung und der anschließenden chirurgischen Versorgung der kontaminierten Verletzung.

3.1. Meßtechnik

Wir bedienten uns eines radiochirurgischen Meßplatzes mit drei Detektoren, einem α/β -Handzählrohr (Argon-Methan-Durchflußzähler), einem α -Halbleiterdetektor und einem aus einem Natriumjodidkristall bestehenden Szintillationszähler für die 60-keV-Linie des Am-241. Wahlweise kann auch die 17-keV-Linie von Pu-239 eingestellt werden (Abb. 1 und 2).

Tabelle 1. Meßergebnisse an der Wunde und an den Händen über die α -Direktmessung und die 60-keV- γ -Strahlung.

Kontaminationshergang: Beim Reinigen einer mit Am-241 kontaminierten Box habe er sich an einem Glasgefäß in die linke Zeigefingerbeere geschnitten. Ein Stauschlauch sei nicht angelegt worden. Datum: 22. 1. 1971; Zeit: 10 Uhr; Inkorporation: ja? Flüssig; Nuklid: Am-241; Strahlenart: α/γ ; NRC: 4 Imp./min.

Messungen: Imp./min.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Behaarter Kopf vorne										
Behaarter Kopf rechts										
Behaarter Kopf links										
Behaarter Kopf hinten										
Rechtes Ohr vorne										
Rechtes Ohr hinten										
Linkes Ohr vorne										
Linkes Ohr hinten										
Stirn rechts										
Stirn links										
Nasenrücken										
Nasenflügel rechts										
Nasenflügel links										
Wange rechts										
Wange links										
Kinn										
Hals										
Nacken										
Rechte Hand außen	151	15	NR							
Rechte Hand innen	253	NR								
Linke Hand außen	287	NR								
Linke Hand innen	211	NR								
Nasenvorhof rechts										
Nasenvorhof links										
Rachen										
Stichverletzung im Bereich der linken Zeigefingerbeere	9019	4588	15	NR	26 302	4742	405	327	280	150
Errechnete Wundaktivität vor der Therapie: ~ 244 nCi										
Nach der chirurgischen Intervention: 0,75 nCi										
Netzmittel		nach 1. Exzis.	nach 2. Exzis.	nach 3. Exzis.		nach 1. Exzis.	nach 2. Exzis.	nach Spülg. m. phiol-wasser	nach Spülg. DT-PA-Lösg.	nach 3. Exzis.

in 10 ml Aqua bidestillata i.v.-Applikation von 0,5 g DTPA NR. 70 Imp./min;

Der Meßvorgang wurde mit der α -Direktmessung der Wunde eingeleitet, wobei wegen des günstigeren Wirkungsgrades (etwa 16 %) der Argon-Methan-Durchflußzähler dem Halbleiterdetektor vorgezogen wurde. Eine Plexiglasabdeckung mit Aussparung für die Fingerbeere ermöglichte eine isolierte Messung der Wunde. Infolge Absorption durch Blutkoagula und Wundschorf war die α -Direktmessung an der Verletzung allerdings mit einem Unsicherheitsfaktor belastet. Die erhaltenen Meßdaten konnten daher nur auf die der Wunde unmittelbar aufliegende Aktivität bezogen werden.

Um auch das bei einer Stichverletzung häufig in die Tiefe des Stichkanals verlagerte Aktivitätsdepot mit ausreichender meßtechnischer Sicherheit erfassen zu können, wurde anschließend noch die 60-keV- γ -Strahlung des Am-241 mit dem Natriumjodidkristall gemessen.

Die zusätzliche α -Direktmessung der Handinnenflächen und Streckseiten der Hände ergab ebenfalls eine geringfügige Kontamination, die sich der Verletzte beim Abstreifen der kontaminierten Handschuhe nach dem Unfall zugezogen hatte.

3.2. Meßergebnisse (Tab. 1)

Um den Zeitfaktor so klein wie möglich zu halten, wurde die Meßzeit pro Messung auf eine Minute festgesetzt. Die Aktivität konnte sowohl über die α -Direktmessung als auch über die 70-keV- γ -Strahlung mit genügender Sicherheit nachgewiesen werden. Erwartungsgemäß war die Ausbeute der α -Direktmessung infolge Absorption durch Blut- und Gewebsflüssigkeit geringer als die der 60-keV- γ -Strahlung. Die Wundaktivität betrug 244 nCi.

3.3. Wundbehandlung

Vor Beginn der Wundbehandlung wurde die Verletzung mit einem weitgehend wasserdichten Leukoflexverband versehen und die Dekontamination der Handinnenflächen und Handrücken mit Na-EDTA-Lösung durchgeführt. Diese Maßnahme war erforderlich, um eine Verschleppung der Aktivität auf die Abdecktücher und den handchirurgischen Beistelltisch zu verhindern. Die chirurgische Intervention bestand nach Anlage einer Oberstschen Leitungsanästhesie in einer ovalären Exzision der Stich-Schnittverletzung im Bereich der linken Zeigefingerbeere, wobei sich herausstellte, daß der Stichkanal nahezu bis zum Ansatz der Sehne des Flexor digitorum profundus reichte. Ein Glassplitter war auch jetzt nicht nachweisbar. Die nachfolgende Wundausmessung ergab eine

Minderung der Aktivität von 244 nCi auf 44,5 nCi.

Die genaue Lokalisation des Radionuklids in der Wunde bereitete einige Schwierigkeit.

Es wurde daher eine zweite Exzision vorgenommen, wodurch eine weitere Senkung der Aktivität von 44,5 nCi auf 3,8 nCi erzielt werden konnte. Die im Anschluß daran durchgeführte Wundauswaschung mit Zephirolwasser und nachfolgend mit DTPA-Lösung (1 g auf 10 ml Aqua bidestillata) verringerte die Restwundaktivität nicht wesentlich. Erst nach der dritten Wundexzision ergab die α -Direktmessung 0-Rate und die Messung der γ -Strahlung 80 Imp/min über Nullrate. Dies entsprach einer Aktivitätsrate von 0,75 nCi (Abb. 3). Bei diesem Stand der Therapie wurde die chirurgische Intervention beendet.

Applikation eines Nebacetin-Styli, Adaptationsnaht und Wundverband beendeten den chirurgischen Eingriff. Da Tetanusvollschutz bestand, wurde auf eine weitere Immunisierung verzichtet.

4. DTPA-Applikation aus diagnostischen und therapeutischen Gründen

Nach Beendigung der chirurgischen Maßnahmen wurden 100 ml Blut aus der Cubitalvene des verletzten Armes zwecks Durchführung einer Aktivitätsanalyse entnommen, desgleichen in den drei darauffolgenden Tagen und am zehnten Tag nach der Verletzung. Wegen der nicht angelegten Stauung am Unfallort und der hohen Wundaktivität von 244 nCi konnte eine Inkorporation von Americium-241 nicht aus-

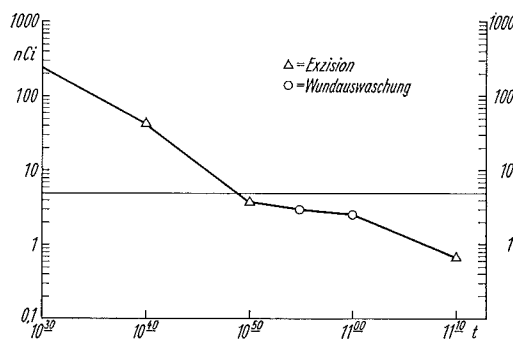


Abb. 3. Darstellung des Aktivitätsabfalls nach den Wundexzisionen und Wundauswaschungen mit Zephirolwasser und DTPA-Lösung.

Tabelle 2. Ergebnisse der Aktivitätsanalysen in Blut-, Urin- und Stuhlproben.

	Aktivität in etwa je 100 ml Venen- blut	Aktivität im 24-Stun- den-Urin	Aktivität im Stuhl
22. 1. 1971	1,7 pCi		
0,5 g DTPA iv.			
23. 1. 1971	0,4 pCi	7,8 pCi	
24. 1. 1971	2,1 pCi	<0,1 pCi	
25. 1. 1971	0,3 pCi	1,4 pCi	
26. 1. 1971	—	1,6 pCi	
27. 1. 1971	—	0,2 pCi	
28. 1. 1971	—	<0,1 pCi	
29. 1. 1971	—	0,1 pCi	
30. 1. 1971	—	0,1 pCi	
31. 1. 1971	—	0,1 pCi	0,2 pCi
1. 2. 1971	<0,1 pCi	0,2 pCi	
0,5 g DTPA iv.			
2. 2. 1971	—	<0,1 pCi	<0,1 pCi
3. 2. 1971	—	0,4 pCi	1,3 pCi
4. 2. 1971	—	0,8 pCi	0,4 pCi
5. 2. 1971	—	<0,1 pCi	—
9. 2. 1971	—	<0,1 pCi	—
12. 2. 1971	—	0,3 pCi	—
17. 2. 1971	—	0,3 pCi	0,5 pCi

geschlossen werden. Dies ergab die Indikation zu einer intravenösen Initialinjektion von 0,5 g DTPA (Ditripentat Heyl) in 10 ml Aqua bidestillata, um einer Organablagerung des Americiums (Hepar, Thyreoidea, Os) vorzubeugen [4, 7, 11, 15, 23, 34]. Darüberhinaus wurde die Anwendung der DTPA zum Zwecke einer diagnostischen Ausscheidungsintensivierung des Radionuklids für notwendig erachtet. 24-Stunden-Urine und Fäzes wurden Aktivitätsanalysen unterzogen.

4.1. Empfehlungen für die Anwendung der DTPA in der Praxis bei Wundkontaminationen mit Transuranen

Die Überlegung geht von der besonderen Situation einer Wundkontamination aus, bei der der Eintritt des Radionuklids in die Blutbahn sehr schnell, innerhalb von Minuten, erfolgen kann. In bezug auf den Zeitpunkt der DTPA-Anwendung ergeben sich dabei drei Möglichkeiten.

4.1.1. Die initiale intravenöse DTPA-Gabe von 0,5 g in 10 ml Aqua bidestillata

Sie stellt eine wichtige Maßnahme bei der Behandlung der kontaminierten Wunde dar.

Da lösliches Pu-239 und Am-241 nach Eintritt in die Blutbahn verhältnismäßig rasch einen Komplex mit Transferrin bilden (Transportform der Radionuklide in der Blutbahn), ergibt sich die Indikation einer frühzeitigen intravenösen DTPA-Injektion, um einer körpereigenen Komplexbildung des Radionuklids durch Transferrin oder Ferritin zuvorzukommen [3, 5, 18, 25, 33]. Dadurch kann einer Organablagerung vorgebeugt werden.

Besteht schon am Unfallort mit hoher Wahrscheinlichkeit der Verdacht einer Wundkontamination mit Transuranen und ist eine chirurgische Intervention innerhalb einer halben Stunde nicht möglich, so wird die intravenöse Initialinjektion von 0,5 g DTPA als Erste-Hilfe-Maßnahme empfohlen. Intakte Nieren sind Voraussetzung für diese Maßnahme. Zugleich sollte auch eine wundnahe Stauung angelegt werden.

Ist trotz sofort eingeleiteter chirurgischer Intervention (Wundexzision, Wundauswaschung) mit einer erhöhten Wundaktivität ($> 1/10$ der Körperbelastung, bezogen auf das kritische Organ) zu rechnen, wird ebenfalls die Verabfolgung von 0,5 g DTPA intravenös empfohlen.

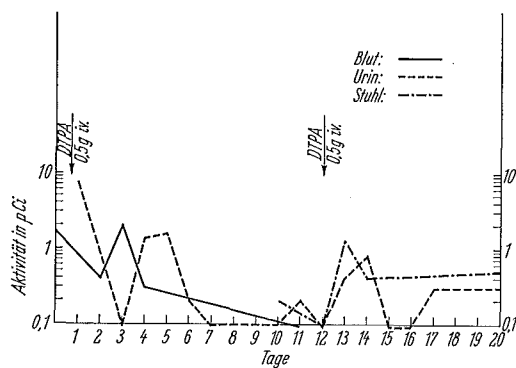


Abb. 4. Darstellung der Ausscheidungswerte von Am-241 in 24-Stunden-Urin und Stuhl im Vergleich zu den Blutwerten nach intravenöser DTPA-Injektion.

4.1.2. Tägliche Einzelgaben von 0,2 g DTPA intravenös zur diagnostischen Ausscheidungsintensivierung

Ist zu befürchten, daß es über eine verstärkte Aszension des Radionuklids durch eröffnete Lymphspalten und Blutgefäße zu einer vermehrten Ablagerung in Organe gekommen ist, interessiert die Höhe der Körperbelastung. Durch diagnostische Ausscheidungsintensivierung mit kleinen DTPA-Gaben intravenös über mehrere Tage kann eine Abschätzung der Körperbelastung über die ausgeschiedenen Aktivitätsmengen in 24-Stunden-Urinen und Fäzes erleichtert werden (Tab. 2).

4.1.3. Intermittierende Langzeittherapie mit DTPA-Infusionen (30 mg bis 60 mg pro kg Körpergewicht in 5% Glukoselösung, ein bis drei Stunden Einlaufzeit) [7]

Hat sich auf Grund der Abschätzung eine Körperbelastung von mindestens der Hälfte der maximal zulässigen Menge des kritischen Organs ergeben, so wird die Langzeittherapie für erforderlich gehalten. Die intermittierende Applikation (jeden zweiten oder dritten Tag) soll die Intensität der Ausscheidung erhöhen und eventuell auftretende toxische Nebenerscheinungen verringern [7].

5. Diskussion

Die etwa 15 Minuten nach dem Unfall durchgeführte Wundausmessung in der Strahlenunfallambulanz der Medizinischen Abteilung ergab eine Aktivität von 244 nCi. Durch dreimalige Wundexzision und Wundauswaschungen mit Zephirolwasser und DTPA-Lösung konnte die Wundaktivität auf 0,75 nCi gesenkt werden. Dabei stellte sich heraus, daß sowohl die Wundauswaschung mit Zephirolwasser als auch mit DTPA-Lösung nur einen geringen therapeutischen Effekt hatte. Die lokale Wirkung der DTPA-Lösung bei der Auswaschung der Wunde scheint mehr im Sinne eines mechanischen Abriebeffektes zu bestehen, wie er in diesem Fall auch mit Zephirolwasser erzielt wurde.

Da eine Aszension des Radionuklids in die Blutbahn nicht mit Sicherheit auszuschließen war, wurden aus diagnostischen Gründen bei Blut-, Urin- und Stuhlproben Aktivitätsanalysen durchgeführt.

Die intravenöse Initialinjektion von 0,5 g DTPA wurde aus zwei Gründen vorgenommen.

1. Prophylaktisch, um einer Einlagerung des Am-241 in Organe (Leber, Schilddrüse, Knochen) vorzubeugen [37, 38].
2. Im Sinne einer diagnostischen Ausscheidungsintensivierung des inkorporierten Radionuklids.

Die Ausscheidungsintensivierung des Am-241 im Urin nach intravenöser DTPA-Gabe und der Abfall der Blutaktivität wurden als Zeichen eines bereits im Organismus, wenn auch nur kleinen Am-241-Depots gedeutet. Für diese Interpretation sprach der Anstieg des Am-241 im nachfolgenden 24-Stunden-Urin auf 7,8 pCi. Am vierten und fünften Tag nach der DTPA-Applikation stiegen die Ausscheidungswerte im Urin erneut auf knapp über 1 pCi an und bewegten sich in den folgenden Tagen im Bereich der Nachweisgrenze von 0,1 pCi. Die Blutaktivität fiel in diesem Zeitraum ab.

Der intermittierende Anstieg der Aktivität im Urin am vierten und fünften Tag nach der DTPA-Verabfolgung verstärkte den Verdacht einer Inkorporation.

Wegen seiner Affinität zur Leberzelle wird das Am-241 auch über die Choleresse in das Duodenum ausgeschieden und kann daher im Stuhl nachgewiesen werden [1, 5, 16, 17, 19, 21, 25].

Diese Überlegung führte dazu, durch eine zweite intravenöse DTPA-Injektion eine Ausscheidungsintensivierung über den choledochointestinalen Trakt zu erreichen, bei gleichzeitiger Kontrolle der Urinausscheidungen. Die einen Tag vor der zweiten DTPA-Injektion im Stuhl vorgenommene Aktivitätsanalyse ergab mit 0,2 pCi einen Wert, der knapp über der Nachweisgrenze lag. 40 Stunden nach der zweiten Injektion des Chelatbildners kam es zu einem Anstieg der Aktivität auf 1,3 pCi im Stuhl und auf 0,4 pCi am darauf folgenden Tag. Acht Tage danach fanden sich noch 0,5 pCi im Stuhl und 0,3 pCi im 24-Stunden-Urin.

Dieser Verlauf bestätigte die Annahme eines kleinen Aktivitätsdepots im Organismus (Hepar), wobei die Körperbelastung weit unter der maximal zulässigen Menge von 50 nCi für den Knochen geschätzt wurde. Die Prognose ist gut.

Weitere therapeutische Maßnahmen wurden für nicht mehr notwendig erachtet. Der Verletzte konnte bei komplikationslosem Heilverlauf mit per primam intentionem verheilter Wunde nach 23 Tagen seine Tätigkeit wieder aufnehmen.

Die Aktivitätsanalysen in Blut-, Urin- und Stuhlproben wurden im Toxikologischen Labor der Medizinischen Abteilung des Kernforschungszentrums Karlsruhe von Herrn Dr. rer. nat. H. Schieferdecker durchgeführt.

Zusammenfassung

Bericht über eine mit Americium-241 kontaminierte Stich-Schnittverletzung am linken Zeigefinger

Es wird über die besttechnischen und therapeutischen Maßnahmen einer mit Americium-241 kontaminierten Stich-Schnittverletzung im Bereich der linken Zeigefingerbeere berichtet. Die in der Wunde gemessene Aktivität von 244 nCi konnte durch dreimalige Wundexzision auf 0,7 nCi gesenkt werden.

Zur diagnostischen und therapeutischen Ausscheidungsintensivierung wurden am ersten und zwölften Tag jeweils 0,5 g DTPA in 10 ml Aqua bidestillata intravenös injiziert. Die Anwendung der DTPA in der Praxis bei Wundkontaminationen mit Transuranen wird diskutiert.

Die Ergebnisse der in einem Zeitraum von vorerst 26 Tagen durchgeführten Aktivitätsanalysen bei Blut-, Urin- und Stuhlproben werden interpretiert.

Summary

Report of a Perforating and Incised Wound of the Left Forefinger Contaminated with Americium-241

The report is a description of the measurement and therapeutic measures on a puncture and cut wound contaminated with Americium-241 in the area of the tip of the left index finger. The activity of 244 nCi measured in the wound was reduced to 0,7 nCi by three wound excisions.

For diagnostic and therapeutic intensification of the excretion, 0,5 g each of DTPA in 10 ml of aqua bidestillata were injected intravenously on the first and twelfth day. The practical application of DTPA in cases of wound contamination with transuranium elements is discussed.

The results of the activity analyses of blood, urine and feces carried out initially over a period of 26 days are interpreted.

Résumé

Rapport d'une plaie perforante avec coupure de l'indice gauche contaminée d'Americium-241

Ce rapport décrit les opérations métrologiques et thérapeutiques effectuées sur une blessure par instruments piquants et tranchants dans la région du bout de l'indice gauche contaminée à l'Americium-241.

L'activité de 244 nCi mesurée dans la plaie pouvait être réduite à 0,7 nCi par trois excisions. Pour augmenter l'excrétion à des fins diagnostiques et thérapeutiques 0,5 g de DTPA en 10 ml d'aqua bidestillata ont été injectés par voie intraveineuse le premier et le douzième jour. On discute l'application en pratique de DTPA aux plaies contaminées par des éléments transuraniens.

Les résultats des analyses d'activité effectuées pendant 26 jours pour l'instant et portant sur le sang, l'urine et les fèces sont interprétés.

Schrifttum

- [1] *Atherton, D. R., R. D. Lloyd, G. N. Taylor, B. J. Stover, C. W. Mays*: Distribution of Am 241 in the Beagle, Annual Report of Work in Progress in the Internal Irradiation Program (1968), S. 117.
- [2] *Bensted, J. P. M., D. M. Taylor, F. D. Sowby*: The Carcinogenic Effects of Americium-241 and Plutonium 239 in the Rat. *J. Radiol.* (1965).
- [3] *Boocock, G., D. S. Popplewell*: Actinide Interactions with Blood Serum Proteins. *AWRE-O-15/67* (1967), 24.
- [4] *Brodsky, A.*: Removal of Am 241 from Humans with DTPA, US Department of Health, Education and Welfare 1968, S. 244.
- [5] *Bruenger, R. W., W. Stevens, B. J. Stover*: Americium 241 in the Blood: In Vivo and in Vitro Observations, *Radiat. Res.* 37 (1969).
- [6] *Bruenger, F. W., B. J. Stover, W. Stevens, D. R. Atherton*: Exchange of ²³⁹Pu (IV) Between Transferrin and Ferritin in Vitro. *Health Phys.* 16 (1968), 339.
- [7] *Catsch, A.*: Radioactive Metal Mobilization in Medicine. Ch. C. Thomas, Springfield, Illinois (USA) 1964.
- [8] *Chipperfield, A. R., D. M. Taylor*: Binding of Plutonium and Americium to Bone Glycoproteins. *Nature (Lond.)* 219 (1968), 609.
- [9] *Durbin, P. W.*: Distribution, Re-Distribution, and Elimination of the Transuranic Elements. I. The Rat, *Biol. Med.* (1968), 80.
- [10] *Durbin, P. W., N. Jeung, M. H. Williams*: Dynamics of Am 241 in the Skeleton of the Rat: A Study of the Relationship Between Behavior of Bone-Seeking Elements and Bone-Growth Status, S. 137. University of Utah Pr. 1969.
- [11] *Foreman, H.*: The Effect of DTPA on Acceleration of Excretion of Actinide Elements, *Health Phys.* 8 (1962), 735.
- [12] *Hesp, R., R. M. Ledgerwood*: The Study of a Case which Involved a Wound Contaminated with Plutonium and Americium-241, Seminar über Strahlenschutzprobleme beim Umgang mit Transuranelementen, Karlsruhe, September 1970, Commission of the European Communities, Paper No. 13, 1970, S. 17.
- [13] *Jackson, P. O.*: Determination of the Ratio of Am 241 to Pu 239, 240 in Soft Tissues, *Biol. and Med.*, Vol. 1, Life Sciences (1970), 22.
- [14] *Jeanmaire, L., J. Ballada*: Etude de deux cas de contamination par Am-241, Seminar über Strahlenschutzprobleme beim Umgang mit Transuranelementen, Karlsruhe, September 1970, Commission of the European Communities, Paper No. 25, S. 18.
- [15] *Lloyd, R. D., D. R. Atherton, G. N. Taylor, C. W. Mays*: Soft Tissue Deposition of Injected Am 241 in Beagles, *Health Phys.* 15 (1968), 175.
- [16] *Lloyd, R. D., C. W. Mays, G. N. Taylor, D. R. Atherton*: Americium-241 Studies in Beagles, *Health Phys.* 18 (1970), 149.
- [17] *Nabors, C. J., D. J. Berliner, W. Stevens*: Preliminary Comparison of the Effects of Am 241 and Pu 239 on Serum Enzymes, 15th Annual Meeting, *Radiat. Res. Soc.*, San Juan, Puerto Rico, May.
- [18] *Popplewell, D. S., G. Boocock*: Distribution of Some Actinides in Blood Serum Proteins. *Excerpta Med. Found.* 1968, 45.
- [19] *Popplewell, D. S., D. M. Taylor, G. Boocock, C. J. Danpure*: The Subcellular Distribution of Americium and Curium in Rat Liver, Seminar über Strahlenschutzprobleme beim Umgang mit Transuranelementen, Karlsruhe, September 1970, Commission of the European Communities, Paper Nr. 9, 1970, S. 17.
- [20] *Schieferdecker, H.*: Bestimmung von Radionukliden in biologischem Material (T, C 14, Po, U, Pu, Am, Cm und Cf.). Univ. Karlsruhe, (Naturwiss. Diss.).
- [21] *Stepanov, V. S., G. A. Zalikin*: Verteilung und Kinetik der Abscheidung von Am 241 aus dem Organismus der Ratten. *Radiobiologiya*, 10, (1970), 150.
- [22] *Stevens, W., B. J. Stover, F. W. Bruenger*: The Distribution of Am-241 within Selected Soft Tissues of Beagle Dogs, Annual Report of Work in Progress in the Internal Irradiation Program (1969), S. 119.
- [23] *Stevens, W., B. J. Stover, F. W. Bruenger*: Some Observations on the Deposition of Am-241 in the Thyroid Gland, Annual Report of Work in Progress in the Internal Irradiation Program (1968), S. 133.
- [24] *Stevens, W., B. J. Stover, F. W. Bruenger, G. N. Taylor*: Some Observations on the Deposition of Americium-241 in the Thyroid Gland of the Beagle, 39 (1969), 201.
- [25] *Stover, B. J., F. W. Bruenger, W. Stevens*: Association of Americium with Ferritin in the Canine Liver, *Radiat. Res.* 43 (1970), 173.
- [26] *Taylor, D. M.*: Some Aspects of the Comparative Metabolism of Plutonium and Americium in Rats (Royal Cancer Hospital, London), *Health Phys.* 8 (1962) 673.
- [27] *Taylor, D. M., J. P. M. Bensted*: Long-Term Biological Damage from Plutonium-239 and Americium-241 in Rats, University of Utah Pr., 1969, S. 357.
- [28] *Taylor, D. M., A. R. Chipperfield*: The Binding of Transplutonium Elements to Proteins of Bone, Seminar über Strahlenschutzprobleme beim Umgang mit Transuranelementen, Karlsruhe, September 1970, Commission of the European Communities, Paper No. 8, 1970, S. 14.
- [29] *Taylor, D. M., C. J. Danpure*: Lysosomal Uptake of Actinide Elements, *Biochem. J.* 115 (1969), 53.
- [30] *Taylor, G. N., W. S. S. Jee, N. Dockum, E. Hromyk*: Microscopic Distribution of Americium-241 in the Beagle Thyroid Gland, *Health Phys.* 17 (1969), 723.
- [31] *Taylor, G. N., W. S. S. Jee, N. Dockum, E. Hromyk*: Microscopic Distribution of Americium-241 in the Beagle Thyroid Gland, Annual Report of Work in Progress in the Internal Irradiation Program (1968), S. 124.
- [32] *Taylor, G. N., W. S. S. Jee, J. L. Williams, B. Burggraf, W. Angus*: Microscopic Distribution of Am-241 in the Beagle, Annual Report of Work in Progress in the Internal Irradiation Program (1968), S. 97.
- [33] *Turner, G. A., D. M. Taylor*: The Transport of Plutonium, Americium and Curium in the Blood of Rats, *Phys. in Med. Biol.* 13 (1968), 535.
- [34] *Volf, V.*: Actual State and Problems of Chelation Therapy, Seminar über Strahlenschutzprobleme beim Umgang mit Transuranelementen, Karlsruhe, September 1970, Commission of the European Communities, Paper No. 10, 1970, S. 24.
- [35] *Watters, R. L., L. J. Johnson*: The Movement of Plutonium and Americium from Wound Sites. Midyear Symposium on Operational Monitoring, Los Angeles Calif., Jan. 1969, S. 3.
- [36] *Watters, R. L., J. L. Lebel*: A Study of the Translocation of Plutonium and Americium from Wounds. U.S. Atomic Energy Commission, Contract No. A.T. (11-1)-1787.
- [37] *Zalikin, G. A., Yu. I. Moskalev, I. K. Petrovich*: Distribution and Biological Effect of Am-241. *Radiobiologiya* 8 (1968), 65.
- [38] *Zalikin, G. A., Yu. I. Moskalev, I. K. Petrovich, E. I. Rudnitskaya*: Biological Effects of Americium-241. *Radiobiologiya* 9 (1969), 599, (Engl. Übersetzg.: AEC-tr-7109 [1970], S. 169).

Anschr. d. Verf.: Dr. med. L. Ohlenschläger, Kernforschungszentrum, Med. Abt., 75 Karlsruhe 1, Postfach Nr. 3640.