

Diatomeen-Nachweis im Knochenmark (Femur) Nichtertrunkener

B. Schellmann und W. Sperl

Institut für Rechtsmedizin der Universität Erlangen-Nürnberg, Universitätsstraße 22,
D-8520 Erlangen, Bundesrepublik Deutschland

Detection of Diatoms in Bone Marrow (Femur) of Nondrowned

Summary. Diatoms in the bone marrow (femur) of 16 nondrowned bodies were detected by a modern method of ultrafiltration. The rate of diatoms were found to be in the same range as in cases of drowning.

The results deny the proof of diatoms even in bone marrow to be useful any longer for the diagnosis of death from drowning.

Key word: Diatoms, detection in bone marrow of nondrowned

Zusammenfassung. Mit Hilfe der nahezu verlustfrei arbeitenden Ultrafiltrations-Methode wurden Femurmarkproben von 16 Nichtertrunkenen auf ihren Diatomeengehalt untersucht. Die nachgewiesenen Diatomeenzahlen lagen in der gleichen Größenordnung wie bei Ertrunkenen.

Auch positive Diatomeenbefunde im Mark langer Röhrenknochen stellen nach diesen Ergebnissen kein verwertbares Indiz für einen Ertrinkungstod dar.

Schlüsselwort: Diatomeennachweis im Knochenmark

Die Diskussion über den Beweiswert von Diatomeen als hilfreiches Indiz für einen Ertrinkungstod ist noch nicht abgeschlossen. Nach den Untersuchungen zahlreicher Autoren, die Diatomeen auch in Organen des großen Kreislaufs bei Nichtertrunkenen nachweisen konnten (z. B. Otto, 1961; Spitz, 1963; Rommeney et al., 1966; Staak, 1968; Burger, 1968; Reh, 1968; Schneider, 1969; Pachowsky, 1972; Udermann u. Schuhmann, 1975), wurde der Beweiswert von Kieselalgen für einen Ertrinkungstod in Frage gestellt, zumal einige Untersucher bei Wasserleichen den Nachweis postmortalen Eindringens von Kieselalgen in Organe des großen Kreislaufs geführt haben.

Nach Tamaska (1961) ließen sich jedoch bei Nichtertrunkenen nie Diatomeen im Knochenmark langer Röhrenknochen finden, selbst wenn diese vorher in einer Diatomeen-Aufschwemmung gelegen hatten. Tamaska sieht daher den Diatomeen-Nachweis im Knochenmark (Femur), insbesondere bei faulen Wasser-

leichen, als ein verlässliches Zeichen für einen Ertrinkungstod an. Ähnliche Feststellungen trifft auch Koseki (1969), der in seinen Versuchen die Eindringungsmöglichkeit von Tusche ins Knochengewebe prüfte. Wir folgen in dieser Untersuchung einer Anregung von Mueller (1975), an einem größeren Kollektiv festzustellen, ob und wie häufig auch im Knochenmark von Nichtertrunkenen Diatomeen nachweisbar sind.

Material und Methode

Wir untersuchten das Knochenmark von 16 Leichen, die eines natürlichen Todes starben bzw. durch Unfall ums Leben kamen. Das Kollektiv bestand aus 8 männlichen und 8 weiblichen Leichen. Das Alter lag zwischen 7 und 82 Jahren. Zum Vergleich wurden entsprechende Proben von 7 Leichen untersucht, für die ein Ertrinkungstod wahrscheinlich oder gesichert war (Donau, Raum Regensburg).

Die asservierten langen Röhrenknochen (Femura) wurden zunächst von anhaftenden Weichteilen befreit, mit bidestilliertem Wasser abgespült, in fabrikneue Plastiktüten eingelegt und tiefgefroren. Nach Quetschung im Schraubstock in der Plastiktüte wurden große Splitter des tiefgefrorenen Knochens gewonnen, so daß sich 2–10 g schwere Knochenmarksproben, Fettmark und rotes Knochenmark getrennt, ohne die Gefahr einer Kontamination, leicht entnehmen ließen.

In Vorversuchen erwies sich für den Aufschluß des organischen Materials ein von Udermann und Schuhmann (1975) angegebenes Verfahren mit 96%iger rauchender Salpetersäure p.a. und 65%iger Salpetersäure am geeignetsten. Dieses wurde von uns in einigen Punkten modifiziert: Durch Zugabe hochprozentiger Salzsäure im Rahmen der nassen Veraschung wurde die Bildung bei der mikroskopischen Untersuchung störender Kalziumkristalle vermieden (Hustedt, 1939).

Der nach dem Veraschen gelbliche Organenaufschluß wurde durch tropfenweise Zugabe von Perhydrol (30% p.a.) gebleicht, um eine störende Gelbfärbung des Membranfilters zu vermeiden. Die zugegebene Menge der hochprozentigen Salpetersäure wurde möglichst gering gehalten, um die Bildung störender, schwer löslicher organischer Nitroverbindungen auszuschalten (Wieczorek, 1968). Wir erreichten damit auch eine schonende Veraschung der durch hohe Temperaturen und Säurekonzentrationen leicht zerstörbaren Kieselalgenskelette (Wieczorek, 1968; Timperman, 1969). Fettphase und wäßrige Phase wurden nach Aufschluß des Knochenmarks getrennt untersucht.

Bei der Ultrafiltration des Organenaufschlusses mittels Zellulosenitratfilter (Sartorius) mit einer Porengröße von 3μ erwies sich ein elektrischer Exhaustor der Wasserstrahlpumpe als überlegen. Die Abkühlung des aufgeschlossenen Mediums vermied ein zu rasches Verstopfen der Ultrafilter, gelegentlich waren Spülgänge mit Petroleumbenzin notwendig.

Pro Knochen wurden 10 Filterpräparate untersucht. Die Durchtränkung der getrockneten Filterpräparate mit Immersionsöl erlaubte eine direkte Untersuchung im Lichtmikroskop. Im Vergleich brachten weder Präparate, die durch Zentrifugation und Einbettung des Materials in Styragewinnung gewonnen worden waren (Rommeney et al., 1966; Schneider, 1967), noch die Untersuchung mit dem Phasenkontrast- oder Dunkelfeldmikroskop wesentliche Vorteile. Die Durchmusterung erfolgte bei 250facher, die Identifizierung der Diatomeen bei 400facher Vergrößerung.

In drei Leersätzen, die alle Arbeitsgänge durchliefen, sowie im Spülwasser der fabrikneuen Plastiktüten fand sich nur ein fragliches Diatomeen-Bruchstück.

Untersuchungsergebnisse

Die Zahlen der im Femurmark von Nichtertrunkenen gefundenen Diatomeen (DAS) sind in Tabelle 1 dargestellt, und zwar getrennt nach rotem Knochenmark

Tabelle 1

Sektionsnummer	♀/♂	Alter	Todesursache	Rotes KM (a)		Fettmark (b)		DAS/1 g	
				DAS	g	DAS	g	(a)	(b)
134/77	w	7	Schädelhirntrauma	57	7	37	9	8,1	4,1
208/77	w	31	Schädelhirntrauma	3	3,4	2	2,7	0,9	0,7
218/77	m	35	Polytrauma	7	0,9	9	2,7	7,8	3,3
219/77	w	78	Lungenembolie	21	5,6	7	8,0	3,8	0,9
220/77	w	25	Polytrauma	13	4,3	3	1,2	3,0	2,5
244/77	m	69	Coma uraemicum	24	2,8	21	3,3	8,6	6,3
247/77	w	71	Rectumcarcinom	36	3,5	7	4,8	10,3	1,5
298/77	m	59	Herzinfarkt	4	8,8	15	7,6	0,5	2,0
300/77	m	73	Lungenembolie	0	4,2	0	4,7	—	—
302/77	m	45	Malignom	25	4,2	27	3,6	6,0	7,5
315/77	w	33	Cardiomyopathie	25	3,0	22	2,4	8,3	9,2
316/77	m	38	Pankreatitis	8	2,6	5	1,8	3,1	2,8
321/77	w	19	Schädelhirntrauma	11	4,4	7	3,8	2,5	1,8
320/77	m	71	Lungenembolie	21	2,2	39	11	9,5	3,5
381/77	m	82	Hirntumor	14	3,7	7	1,8	3,8	3,8
390/77	w	80	Apoplex	3	3,1	5	6,5	0,9	0,8
Durchschnitt DAS/g KM								4,8	3,2

Tabelle 2. Ertrinkungsfälle

Sektionsnummer	♀/♂	Alter	Rotes KM (a)		Fettmark (b)		DAS-Zahl/g	
			DAS	g	DAS	g	(a)	(b)
111/77	m	43	84	8	—	—	10,5	—
118/77	m	62	59	10	46	7	5,9	6,5
124/77	m	19	14	3,3	9	5	4,2	1,8
224/77	m	43	18	3,8	19	4,3	4,7	4,4
276/77	m	37	8	4,8	14	4,7	1,7	3,0
304/77	m	37	9	5,5	7	5,7	1,6	1,2
404/77	m	35	15	1,9	24	4,1	7,9	5,8
Mittelwert DAS							5,2	3,3

und Fettmark (in Klammern jeweils das Gewicht der untersuchten Knochenmarksproben in g). Zuletzt ist jeweils der Diatomeen-Gehalt pro 1 g Knochenmark angegeben.

Nur in einem Fall ließen sich keine Diatomeen nachweisen. In 15 der untersuchten 16 Fälle lagen die Diatomeenzahlen im roten Knochenmark pro g zwischen 0,5 und 10,3 (Mittelwert 4,8), im Fettmark zwischen 0,7 und 9,2 (Mittelwert 3,2).

Die Auswertung zeigt überwiegend (11 von 15 positiven Fällen) höhere DAS-Werte im roten Knochenmark. Es fanden sich keine Alters- oder Geschlechtsabhängigkeiten bezüglich der Häufigkeit der gefundenen DAS-Zahlen.

Die Arten *Synedra* und *Nitzschia* sowie *Achnantes* wurden am häufigsten angetroffen, danach folgten die *Stephanodiscus*-, *Cyclotella*- und *Navicula*-Arten. Selten waren *Melosira* und *Pinnularia*. Die Größe der Diatomeen bzw. deren Bruchstücke lag zwischen 5 und 15 μ .

Im Kollektiv der Ertrinkungsfälle ($n = 7$) fanden sich DAS-Zahlen zwischen 1,6 und 10,5 pro g rotes Knochenmark (Mittelwert 5,2) bzw. zwischen 0 und 6,5 im Fettmark (Mittelwert 3,3). Diese Ergebnisse sind in Tabelle 2 aufgeschlüsselt.

Diskussion

Nach unseren Ergebnissen finden sich im Femurknochen Nichtertrunkener Diatomeenzahlen, die in der gleichen Größenordnung liegen wie in den Oberschenkelknochen Ertrunkener. Höhere DAS-Zahlen im roten Knochenmark können durch die gegenüber im Fettmark intensivere Vaskularisation erklärt werden (Boegl, 1966).

Zwar waren bei einem 7jährigen Kind hohe DAS-Werte auffällig, ohne daß dafür eine anamnestische Erklärung gegeben war, sonst fanden sich aber weder Alters- noch Geschlechtsunterschiede bezüglich der Zahl der gefundenen DAS. Die Kollektive der Ertrunkenen und der Nichtertrunkenen scheinen hinsichtlich der Zahl der gefundenen DAS im Femurmark der gleichen Grundgesamtheit anzugehören.

Unsere Befunde vergleichsweise hoher DAS-Zahlen im Knochenmark Nichtertrunkener stehen im Gegensatz zu den Angaben von Tamaska (1961), der Diatomeenbefunde im Knochenmark von Wasserleichen als Beweis eines Ertrinkungstodes ansieht, und denen von Thomas et al. (1961), Janitzky (1964), Boegl (1966), Staak (1968) sowie Udermann und Schuhmann (1975), die im Knochenmark von Nichtertrunkenen keine nennenswerten DAS-Zahlen fanden.

Boegl (1966) beschränkte sich bei seinen Untersuchungen im wesentlichen auf das Fettmark. Staak (1967) fand unter anderem in 30 Knochenmarksproben keine Diatomeen, Janitzky (1964) kam bei 8 Nichtwasserleichen zu negativen Ergebnissen im Knochenmark. Lediglich Reh (1968) fand bis zu 3 Diatomeen in 50–80 g Knochenmark in 10 von 20 untersuchten Fällen und sah daher die Diatomeen-Probe als zweifelhaft an.

Diatomeen gelangen während des Lebens über den Respirationstrakt und den Magen-Darm-Kanal in den Organismus. Otto (1961) wies Diatomeen in den Lungen nach; im Tierexperiment ist der Weg über das Gastrointestinalum belegt (Spitz u. Schmidt, 1966; Schneider, 1967). Auch im fetalen Leben sollen Diatomeen über die Placenta in den kindlichen Kreislauf übertreten können (Romoney et al., 1966). Die Lunge stellt offenbar ein Filterorgan für Diatomeen dar, so daß nur kleine DAS in den großen Kreislauf gelangen, während enteral auch größere Korpuskel eingeschleust werden können (Volkheimer, 1964; Spitz u. Schmidt, 1966).

Die Methode der Membranfiltration nach sorgfältigem Aufschluß des organischen Materials arbeitet nahezu verlustfrei. Pachowsky (1972) fand in vergleichender Untersuchung heraus, daß hierbei die Ausbeute an DAS deutlich höher lag als bei der Zentrifugationsmethode. Auch in unseren Vorversuchen zeigte sich die Membranfiltration der Zentrifugation als eindeutig überlegen. Mögliche sekundäre Einschleppungen von Diatomeen in das Untersuchungsgut wurden durch die Technik der Entnahme im tiefgefrorenen Zustand und die kontrollierenden Leeransätze ausgeschlossen (Janitzky, 1964). Bei kritischer Wertung der bisher sonst angewandten Untersuchungstechniken müssen die negativen DAS-Befunde im Knochenmark auf methodisch bedingte Verluste zurückgeführt werden.

Nach dem Befund nicht unterscheidbarer DAS-Zahlen im Knochenmark von Ertrunkenen und Nichtertrunkenen kann der Diatomeen-Nachweis im Knochenmark nicht als Indiz für den Ertrinkungstod angesehen werden, was auch von der Überlegung nahegelegt wird, daß DAS während des Lebens offenbar in alle Organe des großen Kreislaufes gelangen können, wobei das rote Knochenmark hier keine Ausnahme bilden kann. Es erscheint uns unwahrscheinlich, daß während des relativ kurzen Ertrinkungsvorganges so viele DAS den großen Kreislauf und somit auch das rote Knochenmark erreichen, daß dadurch die Zahl der über Jahre via Magen-Darm-Kanal und Atemwege aufgenommenen Diatomeen erheblich verändert wird. Tierversuche von Schneider (1967) stützen ebenfalls diese Überlegung.

Literatur

- Boegl, P.: Über den Planktonnachweis zur Diagnose des Ertrinkungstodes und das Vorkommen von Diatomeen im Knochenmark Nichtertrunkener. Med. Diss., Heidelberg 1966
- Burger, E.: Zur Frage des Beweiswertes für das Auffinden von Diatomeen im großen Kreislauf. Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. **64**, 21—28 (1968)
- Hustedt, F.: Sammeln und Präparieren der Kieselalgen. In: Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abderhalden, E. (Hrsg.), XI/4, 1, S. 20. Berlin, Wien: Urban u. Schwarzenberg 1939
- Janitzki, U.: Zur Frage der Sicherheit des Diatomeennachweises beim Ertrinkungstod. Arch. Kriminol. **134**, 24—25 (1964)
- Koseki, T.: Investigations on the bone marrow as a material in the diatom-method diagnosing of death from drowning. Acta Med. Biol. **16**, 85—90 (1969)
- Mueller, B.: Überblick über die Diatomeenfrage. Ia. Gerichtliche Medizin, 2. Aufl., S. 484. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1975
- Otto, H.: Über den Nachweis von Diatomeen in menschlichen Lungenstäuben (Franf.). Z. Pathol. **71**, 176—181 (1961)
- Pachowsky, H.: Untersuchungen über den Nachweis von Diatomeen an Leichenorganen Nichtertrunkener. Med. Diss., Marburg 1972
- Reh, H.: Zur Diatomeenfrage. Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. **63**, 131—133 (1968)
- Rommeney, G., Kloos, K., Gerloff, J., Geissler, U.: Diatomeenfunde in menschlichen Organen, in der Luft und im Wasser. In: An den Grenzen von Medizin und Recht, Gerchow, J. (Hrsg.), S. 148. Stuttgart: F. Enke 1966
- Schneider, V.: Versuche zum Beweiswert des Diatomeennachweises beim Ertrinkungstod. Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. **59**, 188—195 (1967)
- Schneider, V.: Versuch einer Wertung der Diatomeenprobe. Beitr. Gerichtl. Med. **26**, 92—99 (1969)

- Spitz, W. Cl.: Diagnose der Ertrinkungstodes durch Diatomeennachweis in den Organen. Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. **54**, 42—45 (1963)
- Spitz, U., Schmidt, H.: Weitere Untersuchungen zur Diagnostik des Ertrinkungstodes durch Diatomeennachweis. Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. **58**, 195—204 (1966)
- Staak, M.: Kritische Bemerkungen zur Spezifität des Diatomeennachweises. Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. **63**, 122—126 (1968)
- Tamaska, L.: Über den Diatomeennachweis im Knochenmark der Wasserleichen. Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. **51**, 398—403 (1961)
- Thomas, F., Van Hecke, W., Timperman, J.: The detection of diatoms in the bone marrow as evidence of death by drowning. J. Forens. Med. **8**, 142—144 (1961)
- Timperman, J.: Medico-legal problems in death by drowning, its diagnosis by the diatom method. A study based on investigations carried out in Ghent over a period of 10 years. J. Forens. Med. **16** (2), 45—75 (1969)
- Udermann, H., Schuhmann, G.: Eine verbesserte Methode zum Diatomeennachweis. Z. Rechtsmed. **76**, 119—122 (1975)
- Volkheimer, G.: Durchlässigkeit der Darmschleimhaut für großkorpuskuläre Elemente (Herbst-Effekt). Z. Gastroenterol. **2**, 57—64 (1964)
- Wieczorek, H.: Ein verbessertes Aufschlußverfahren zum Nachweis von Diatomeen, vor allem in Organteilen. Dtsch. Z. Ges. Gerichtl. Med. **63**, 129—130 (1968)

Eingegangen am 5. Juni 1979