

UNTERSUCHUNG DES GEHALTES VON AUS KRIEGS- MASSENGRÄBERN STAMMENDEN KNOCHEN AN ANORGANISCHEN SUBSTANZEN

F. KÓSA, E. VIRÁGOS KIS, B. RENGEI UND V. FÖLDES

*Gerichtsmedizinisches Institut, A. Szent-Györgyi Medizinische Universität,
Szeged, Ungarn, H—6724, Pf. 92.*

(Eingegangen am 10. März 1989)

Zusammenfassung

Im kompakten und spongiosen Knochen von 6 verschiedenen menschlichen Skeletten aus Kriegs-Massengräbern wurde mittels atomabsorptionsspektrophotometrischer Methode die Konzentration einer Gruppe von anorganischen Elementen (Ca, Na, K, Mg, Fe, Mn, Cu, Pb) bestimmt.

In den ausgegrabenen Knochen ist der Anstieg des Fe- und Mn-Gehaltes auch im Verhältnis zu den physiologischen Werten enorm, er kann sogar ein 50-faches derselben erreichen, was 1/6 der in den Erdproben tatsächlich vor anderen Konzentration entspricht.

Die Änderung des Gehaltes der Knochen von über 15. Jahre ohne Sarg begrabenen Leichen an anorganischen Substanzen (besonders Fe und Mn) zeigt deutlich das chronologische Alter des Knochen an. Die Untersuchung dieser Elemente kann eine geeignete Methode zur Ermittlung des chronologischen Alters in der forensischen und paläoanthropologischen Forschung sein.

Schlüsselwörter: menschliche Knochen, chronologisches Alter, anorganischen Substanzen der Knochen, forensische und historisch-anthropologische Untersuchungen.

Einleitung

Aufgrund der quantitativ-chemischen Analyse der Knochen haben einige Forscher (FREMY, 1853; WIBEL, 1869) bereits im vergangenen Jahrhundert festgestellt, dass die Zusammensetzung rezenter und fossiler Knochen während ihres Verbleibs in der Erde sich proportional der Dauer ihres Liegens in der Erde ändert: die Menge der anorganischen Stoffe (EASTOE, 1956; KNIGHT, 1969) lässt mit der Zeit nach, während die der organischen (GANGL, 1936; KLEMENT, 1938; KNIGHT, 1969; KÓSA et al., 1980, 1982; LINDQUIST, 1959) zunimmt.

WEIBEL (1912) zog aufgrund der Veränderung des spezifischen Gewichtsverhältnisse der kompakten Knochensubstanz auf das chronologische Alter der Knochen.

Auf diesem speziellen Fachgebiet der forensischen und paläoanthropologischen Osteologie sind in früheren Jahren, aber auch in der letzten Zeit intensive Forschungen getätigt worden (BERG, 1962, 1975; BERG und SPECHT, 1958; CALSTRÖM und ENGSTRÖM, 1956; EVANS, 1963; FAZEKAS und KÓSA, 1978; FLEISCH, 1966; FÖLDES et al., 1980, 1982; FÖLDES und KÓSA, 1980).

Dessen ungeachtet ergeben sich betreffs der Feststellung des chronologischen Alters der Knochen auch heute noch zahlreiche praktische Probleme, da die

Veränderung des Gehaltes der Knochen an anorganischen Stoffen dem Einfluss sehr vieler Faktoren untersteht (HUNGER et al., 1968; HUNGER und LEOPOLD, 1978; RAESTRUP, 1926; RAMANN, 1905; ZIEGELMAYER, 1963).

Unsere an aus dem archäologischen Ausgrabungsmaterial des Anthropologischen Instituts der Attila-József-Universität Szeged stammenden Knochen angestellten Untersuchungen (KÓSA et al., 1982) haben erwiesen, dass die Veränderung des Mn-Gehaltes das chronologische Alter der Knochen gut anzeigt.

Chemische Untersuchungen an geschichtlichem anthropologischen Knochenmaterial haben Lengyel (1964, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971a, 1971b, 1971c, 1972a, 1972b, 1972c, 1976, 1979, 1980), LENGYEL und FARKAS (1972), LENGYEL und NEMESKÉRI (1963, 1964, 1965, 1970, 1972), sowie LENGYEL und MISZKIJEWICZ (1974), NEMESKÉRI und LENGYEL (1963) durchgeführt. Die angewandten Methoden und die erhaltenen Ergebnisse sind aus fachlicher Sicht bedeutend.

Die in den Knochen von ohne Sarg beerdigten Leichen vor sich gehenden physikalischen Prozesse können also Anhaltspunkte für die Dauer der Begräbniszeit in der Erde, d. h. für das chronologische Alter der Knochen liefern (FÖLDES et al., 1980; FREMY, 1853; KÓSA et al., 1982; WEIBEL, 1912).

Die unter Kriegsverhältnissen verscharrten Leichen (in Einzel- oder Massengräbern) bilden eine besondere Gruppe der Erdbestattung (HUNGER, 1967; HUNGER und LEOPOLD, 1978; HUNGER et al., 1968). Nachdem hier die Zersetzungsvorgänge (das Vermoderung der Knochen) schneller vonstatten geht als wenn die Leiche in einem Sarg bestattet worden wäre, hielten wir es für angezeigt, auch Untersuchungen über die Bestattungsform anzustellen.

Untersuchungsmaterial und Methode

Zur Untersuchung der Verwesung der Knochen von Leichen, die ohne Sarg beerdigt wurden, haben wir aus Massengräbern stammende Knochen ausgewählt, bei denen infolge der genauen Kenntnis des Beerdigungs- und Exhumierungstermins die Zeitdauer des Begräbnis sicher feststellbar war. Der Gehalt der Knochen an anorganischer Substanz (Ca, Na, K, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Pb) wurde in kompakten und spongiösen Knochen von aus 6 verschiedenen Massengräbern stammenden Skeletten atomabsorptions-spektrophotometrisch bestimmt.

Zur Vorbereitung des Untersuchungsmaterials wurde das teils modifizierte Verfahren von LE GANDRE und ALFREY verwendet (KÓSA et al., 1980, 1982).

Dabei wurden die zu untersuchenden Knochenproben in der Knochenmühle zu 0.2–0.5 mm grossen Granula zerkleinert und mit 3 ml eines Aether-Alkoholgemisches 1:1 gereinigt. Nach Entfernung des Lösungsmittels wurden die Knochenproben bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Von dem so gewonnenen Material wurden Mengen von je 1 g in 50 ml fassende Bechergläser gemessen, mit 2 ml cc. suprapurer Salzsäure und 1 ml cc. suprapurer Salpetersäure versetzt und im Wasserbad eingedampft. Die säurige Freisetzung wurde noch einmal wiederholt. Parallel mit den zu testenden Materialien wurden auch Blindproben angesetzt, welche nur die obigen Säuremengen enthielten.

Die eingetrockneten Materialproben wurden anschliessend — ebenso auch die Blindproben — mit 0.2-%iger Lanthanchloridlösung quantitativ in 25 ml-Messkolben übertragen und dann aus dieser Stammlösung die entsprechenden Verdünnungen bereitet.

Die Messungen erfolgten mit dem Atomabsorptions-Spektrophotometer Perkin Elmer Modell 306 unter den Fabrikangaben entsprechend optimalisierten Bedingungen in der Luft/Azetylenflamme.

Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse bezüglich des anorganischen Substanzgehaltes der Knochen von ohne Sarg beerdigten Leichen sind in Tabelle 1. zusammengefasst.

Die Konzentration der in den Knochen untersuchten Elemente wechselte im Verhältnis zu den physiologischen Werten der Knochen in sehr unterschiedlichem Masse.

Die Ca-Veränderung bewegt sich innerhalb der physiologischen Wertstreuungen. Der Mittelwert der übrigen Elemente hingegen weicht signifikant von den physiologischen Konzentrationen ab. Natrium und Kalium liegen unterhalb des physiologischen Wertes. Da es sich um verschieden lange Zeit in unterschiedlichen Bodenarten (12—15 Jahre) begrabene Leichen handelt, ist es auffallend, dass in der Fällen aller 6 Skelette der Na- und der K-Gehalt die in den Knochen normalerweise nachweisbare Konzentration nicht erreicht. Der Wert des Na hingegen liegt etwas höher als die in den Erdproben bestimmte Na-Konzentration. Bemerkt sei, dass wir bei diesen Knochenuntersuchungen nicht die tatsächlich die Knochen umgebenden Erdproben verwendeten, da sie ja nicht zur Verfügung stand und auch nachträglich nicht zu beschaffen waren, sondern die Mittelwerte zahlreicher Bodenproben berücksichtigten. Auch der K-Gehalt der untersuchten Knochenproben war im Vergleich zur Erdprobe in jeden Fällen niedriger. Die Veränderung des Mg-Gehaltes zeigte keinerlei Regelmässigkeiten in Bezug auf das chronologische Alter. Im Verhältnis zur physiologischen Konzentration war im Mg-Gehalt eine geringgradige Abweichung zu verzeichnen, doch war auch diese nicht signifikant ($P > 0.05$).

Die Abweichung der Cu- und Pb-Konzentrationen von der physiologischen Werte und von der Konzentration der Probe ist ebenfalls keine bedeutende.

Die Erhöhung des Zn-Gehaltes, das Doppelte der noch höhere Werte betragen kann als physiologischerweise, ist mit einer Bodenverunreinigung (mit der Wirkung von gleichzeitig mit der Beerdigung in den Boden gelangten verunreinigenden Metalle zu erklären).

Beachtlich ist dagegen der Anstieg des Fe- und Mn-Gehaltes in den ausgegrabenen Knochen. Der Fe-Gehalt kann unseren Untersuchungen zufolge sogar eine Erhöhung auf das 50-fache erreichen, d. h. 1/6 der in der Bodenprobe anwesenden Konzentration.

Nach 15-jährigem Liegen in der Erde kann auch der Mn-Gehalt ein 50-faches des physiologischen Wertes erreichen, was etwa 50% der in der Erdprobe nachweisbaren Menge entspricht.

Diese Veränderungen sind so zu bewerten, dass in Fälle einer Exhumierung binnen 15 Jahren die Veränderung des Mn-Gehaltes der Knochen den besten „Indikator“ zur Ermittlung des chronologischen Alters der Knochen darstellt.

Tabelle 1. Der Gehalt der Knochen von ohne Sarg beerdigten Leichen an anorganischen Substanzen

Fall Nr.	Fundort	Verweildauer in der Erde (Jahre)	Untersuchungs- material	Ca	Na	K	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu	Pb
				mg/g				mg/g				
			Mittelwert der Bo- denproben (n = 100)	83,0	1,90	2,20	19,0	129,90	59,0	335,0	19,0	8,0
			Mittelwert frischer Knochen (n = 100)	184,53	5,74	1,02	2,31	40,38	124,58	2,93	4,67	17,25
				± 19,60	± 1,45	± 0,48	± 0,29	± 39,53	± 69,20	± 0,99	± 3,33	± 21,90
1.	Massengrab bei Doboz	12	Mittelwert von Femur, Mandibula, Clavicula	184,0	2,43	0,38	1,23	239,0	210,0	61,33	6,87	9,0
2.	Exhumierung (M. B.) ca 60 Jahre	14	Mittelwert von Mandi- bula, Dens, Clavicula	215,0	4,02	0,26	2,39	553,0	254,0	16,73	19,47	33,0
3.	Massengrab bei Székesfehérvár	15	Mittelwert von Femur und Sternum	199,0	3,97	0,78	3,00	855,0	419,0	81,00	68,4	13,5
4.	Massengrab in Komitat Fejér	15	Mittelwert von Femur u. Sacrum	154,0	1,12	0,59	2,12	975,0	156,0	62,6	7,1	4,0
5.	Massengrab su dem II. Weltkrieg	15	Mittelwert von Femur u. Mandibula	208,0	3,07	0,68	1,88	250,0	331,0	113,8	10,95	9,0
6.	Ein unbekannter russischer Soldat	15	Mittelwert von Femur und Calcaneus	226,0	3,40	0,53	2,05	117,0	208,0	176,0	15,65	28,0

Literaturverzeichnis

- BERG, S. (1962): Todeszeitbestimmung bei Skelettfunden. — Beitr. gerichtl. Med. 22, 18—30.
- BERG, S. (1975): Leichenzersetzung und Leichenzerstörung. In: Mueller, B.: Gerichtliche Medizin. — Springer, Berlin—Heidelberg—New York, Bd. I. S. 62—98.
- BERG, S. und SPECHT, W. (1958): Untersuchungen zur Bestimmung der Liegezeit von Skeletteilen. — Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 47, 209—241.
- CARLSTRÖM, D. and ENGSTRÖM, A. (1956): Ultrastructure and distribution of mineral salts in bone tissue. In: The biochemistry and physiology of bone. Ed. by G. H. BOURNE. — Academic Press, London, New York. P. 149—178.
- EASTOE, J. E. (1956): The organic matrix of bone. In: The biochemistry and physiology of bone. Ed. by G. H. Bourne. — Academic Press, London, New York. P. 81—105.
- EVANS, W. E. D. (1963): The chemistry of death. — Charles, Thomas, Springfield/I. 11. p. 215—235.
- FAZEKAS I. GY. and KÓSA, F. (1978): Forensic fetal osteology. — Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 18—28.
- FLEISCH, H. (1966): Physiologie und Biochemie der Knochen. — Klin. Wschr. 7, 360—363.
- FÖLDES, V. und KÓSA, F. (1980): Zur Todeszeitbestimmung bei Skelettfunden. (ung.) — Belügyi Szemle 8, 108—110.
- FÖLDES, V., KÓSA, F., VIRÁGOS KIS, E. und RENGEI, B. (1982): Untersuchung des Gehaltes der Knochen von in Krypten beigesetzten Leichen an anorganischen Substanzen zwecks Feststellung des Todetermines. — XII. Kongress der Internationalen Akademie für gerichtliche und soziale Medizin, Wien, Separatum, 4 B 2, 841—844.
- FÖLDES, V., KÓSA, F., VIRÁGOS KIS, E., RENGEI, B. und FERKE, A. (1980): Atomabsorptionsspektrophotometrische Untersuchung des Gehaltes an anorganischen Substanzen von Skelettbefunden zur Ermittlung der Dauer des Begrabenseins in der Erde. — Arch. Kriminol. 166, 105—111.
- FREMY, E. (1853): Recherches chimiques sur les os. — Annal. chimie et physique, Ser. III. 43, 47—60.
- GANGL, J. (1936): Altersbestimmung fossiler Knochenfunde auf chemischem Wege. — Österr. Chem. Ztg. 39, 79—82.
- HUNGER, H. (1967): Untersuchungen zum Problem der Liegezeitbestimmung an menschlichen Skeletten. — Habil.-Schr., Leipzig S. 1—42.
- HUNGER, H., WUNDERLICH, S. und WUNDERLICH, G. (1968): Untersuchungen zum Problem der Liegezeitbestimmung an menschlichen Skeletteilen. — Zaccchia 1, 114—122.
- HUNGER, H. und LEOPOLD, D. (1978): Identifikation. — Johann Ambrosius Barth, Leipzig. S. 1—72.
- KLEMENT, R. (1938): Neue Anschauungen über die anorganische Knochen- und Zahnschubstanz. — Dtsch. Zahn- Mund- u. Kieferheilk. 5, 760—769.
- KNIGHT, B. (1969): Methods of dating skeletal remains. — Med. Sci. Law 9, 247—252.
- KÓSA, F., FÖLDES, V., VIRÁGOS KIS, E., RENGEI, B. und FERKE, A. (1980): Atomabsorptionsspektrophotometrische Untersuchung des Gehaltes fetaler Knochen an anorganischen Substanzen zur Ermittlung des Lebensalters. — Arch. Kriminol. 166, 44—50.
- KÓSA, F., MARCSIK, A., VIRÁGOS KIS, E. und RENGEI, B. (1982): Atomabsorptionsspektrophotometrische Untersuchung des Gehaltes archäologischer Knochenfunde an anorganischen Substanzen zur Bestimmung des chronologischen Alters. — Humanbiol. Budapest, 10, 121—134.
- LENGYEL, I. (1964): Contribution à l'analyse histologique, sérologique et chimique combinée des os et des dents en archéologie. — Bull. Group. Int. Rech. Sc. Stomat, 7, 182.
- LENGYEL, I. (1967): Chemico-analytical and serological examination of the human skeletal finds from Naima Tolgoj. — Acta Arch. Hung. 19, 411.
- LENGYEL, I. (1968): Biochemical aspects of early skeletons. In: The Skeletal Biology of Earlier Human Populations. — Ed by DON R. BROTHWELL. Pergamon Press, (Oxford) pp. 271.
- LENGYEL, I. (1969): Bestimmung der Geschlechtszugehörigkeit im Laboratorium. — Wissenschaftl. Z. der Humboldt- Univ. zu Berlin, Math.-Nat. R. XVIII. 5, 977.

- LENGYEL, I. (1970): A lepinski-vír lelőhelyen feltárt csontvázletek laboratóriumi vizsgálatának előzetes eredményei (MTA Régészeti Kutató Intézete, Budapest) — *Anthrop. Közl.* 14, 181—188.
- LENGYEL, I. (1971a): Ergebnisse der Laboruntersuchungen an den Skelettfunden von Környe. (In: SALAMON ÁGNES und ERDELYI ISTVÁN: Das völkerwanderungszeitliche Gräberfeld von Környe. II.) — *Studia Arch.* S. 149—151.
- LENGYEL, I. (1971b): Chemico-analytical aspects of human bone finds from the 6th century „Pannonia” cemeteries. — *Acta Arch. Hung.* 23, 155—166.
- LENGYEL, I. (1971c): A pécsi ókeresztény temető antropológiai anyagának laboratóriumi elemzése. (Laboratorial examination of the human bone finds from the Early-Christian cemetery of Pécs.) — *Arch. Ért.* 98, 205—209.
- LENGYEL, I. (1972a): Analyses chimiques des os mis au jour dans l'église médiévale en ruine de Balatonfüred. — *Acta Arch. Hung.* 24, 237—240.
- LENGYEL, I. (1972b): Paleoserológiai vizsgálatok. (Paläoserologische Untersuchungen). — A X. Biológiai Vándorgyűlés előadásainak ismertetése. Szeged, augusztus 28—29—30. — 106.
- LENGYEL, I. (1972c): Laboratorijska analiza nalaza ljudskih kostiju iz nekropole ranog bronzanog doba u Mokrinu. (Laboratorial analysis of the human bone finds from the Early Bronze Age cemetery of Mokrin.) — *Dissertationes et Monografie.* Beograd. 12, 75—90.
- LENGYEL, I. (1976): Osteon — Osteon-Populáció — A szervezet biológiai kora. — *Anthrop. Közl.* 20, 69—79.
- LENGYEL, I. (1979): Aging in the past — Biochemical of the skeletal aging in recent, as well as in archaeological periods. — *Humanbiol.* Budapest, 7, 25.
- LENGYEL, I. (1980): Aging in the past. Biochemical aspects of skeletal aging in recent as well as in archaeological periods. — *Anthrop. Közl.* 24, 137—151.
- LENGYEL, I. und FARKAS, GY. (1972): A mokrini kora bronzkori temető emberi csontmaradványain végzett laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek kritikai elemzése a régészeti és az antropológiai adatok tükrében. (Critical evaluation of the results gained by morphological and laboratory analysis of the human bone remains of the Early Bronze Age cemetery of Mokrin.) — *Anthrop. Közl.* 16, 51—71.
- LENGYEL, I. und MISZKJEWICZ, B. (1974): Vergleich der Ergebnisse bei der Geschlechts — und Altersbestimmung an Brandgräbermaterialien mit Hilfe der morphologisch — biochemischen Methode. — *Glasnik Antropoloskog Društva Jugoslavije Sveska 11* Beograd, 69—74.
- LENGYEL, I. and NEMESKÉRI, J. (1963): Application of biochemical methods to biological reconstruction. — *Z. Morph. Anthropol.* 54, 1.
- LENGYEL, I. und NEMESKÉRI, J. (1964): A csontvázletek dekompozíciójáról. — *Anthrop. Közl.* 8, 69—82.
- LENGYEL, I. and NEMESKÉRI, J. (1965): Investigation of the chemical composition of aged human bones belonging to recent and subfossil periods. — *Internat. Conference in Gerontology.* Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Sep.: 141.
- LENGYEL, I. und NEMESKÉRI, J. (1970): Egy 9. századbeli népesség struktúrájának analízise csontvázleteik laboratóriumi és morfológiai vizsgálata alapján. (Strukturelle Analyse einer Population aus dem 9. Jahrhundert auf Grund morphologisch und Laboruntersuchungen der Knochenfunde.) — A IX. Biológiai Vándorgyűlés előadásainak ismertetése. Budapest, május 6—7—8. — 50.
- LENGYEL, I. and NEMESKÉRI, J. (1972): Analysis of the structure of a 9th century ethnic group, on the basis of the laboratory and morphological examination of their bone finds. (In: TÖRÖ IMRE, SZABADY EGON, NEMESKÉRI JÁNOS, EIBEN OTTÓ (Eds.): *Advances in the biology of human populations.*) — Akadémiai Kiadó, Budapest, 489—494.
- LINDQUIST, B. (1959): Über die chemische Dynamik des Knochenminerals. — *Helv. paediat. Acta* 14, 447—461.
- NEMESKÉRI, J. und LENGYEL, I. (1963): Újabb biológiai módszerek történeti népességek rekonstrukciójában. — *Magyar Tudományos Akadémia Biol. Tud. Közl.* VI. 3—4, 333.
- RAESTRUP, G. (1926): Über Exhumierung. — *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* 6, 34—37.

- RAMANN, E. (1905): *Bodenkunde*. — Springer Verlag, Berlin. S. 135—142.
- ZIEGELMEYER, G. (1963): Beitrag zur physikalischen und chemischen Altersbestimmung von Skelettmaterial. Bericht über d. 7. Tagung d. Deutschen Gesellschaft f. Anthropologie. — Suppl. 27, *Homo* 159—162.
- WEIBEL, J. (1912): Gerichtlich-medizinische Bedeutung der Knochenfunde. — Inaugural-Diss. Zürich. S. 1—22.
- WIBEL, F. (1869): Die Veränderung der Knochen bei langer Lagerung im Erdboden und die Bestimmung ihrer Lagerungszeit durch die chemische Analyse. — *Wiss. Abhandl. z. Osteopogr. d. Akad. u. Realgymnasiums, Hamburg*. S. 1—35.