

BRONISŁAW MŁODZIEJOWSKI, JANUSZ STEC

## WPLYW WYSOKICH TEMPERATUR NA STRUKTURĘ MIKROSKOPOWĄ TKANKI KOSTNEJ

Dotychczasowe prace eksperymentalne nad przebiegiem procesu kremacji i jego wpływem na kości dotyczyły w głównej mierze cech morfologicznych poszczególnych elementów szkieletu. Bardzo duży wkład do tych badań wnieśli między innymi: A. Wrzosek [1928], T. Dzierżykray-Rogalski [1957, 1960, 1967], J. Chochol [1958], H. Grimm [1961], A. Malinowski [1965, 1971, 1972, 1973], J. Gładkowska-Rzeczycka [1971], N. G. Gejvall [1969], J. Strzałko i in. [1972, 1973, 1974], G. N. Vark [1974], J. Piontek i in. [1975], B. Herrmann [1976]. Wyniki prac tych autorów mogą być z powodzeniem wykorzystywane do opracowań przepalonych kości z cmentarzysk pradziejowych oraz w ekspertyzach sądowych spalonych zwłok ludzkich.

Pomimo sporego już dorobku naukowego w tym zakresie, badania przepalonych kości dalekie są od dokładności, z jaką bada się kości z grobów szkieletowych. Wynika to ze specyficznego stanu zachowania się przepalonych kości, który zawsze obniża prawdopodobieństwo poprawnych określeń takich cech jak płeć, wiek czy wysokość ciała, a niekiedy nawet uniemożliwia ich ustalenie. Nadal więc prowadzone są eksperymentalne badania zmierzające do wyjaśnienia możliwie dokładnie nie tylko przebiegu procesu kremacji, ale również zmian morfologicznych i anatomicznych jakim podlegają poszczególne kości w wyniku oddziaływania wysokich temperatur.

Badaniem wpływu wysokich temperatur na budowę mikroskopową kości zajmowali się między innymi: H. Grimm i R. Strauch [1959], Ch. Müller [1964], B. Herrmann [1970] i B. Młodziejowski [1974]. Nie stwierdzili oni praktycznie większych zmian w strukturze osteonów, poza nieco bardziej podkreśloną pasmowatą budową wokół kanałów Haversa, gdy na kość oddziaływała niezbyt wysoka temperatura. Gdy jednak kość wyprażono w temperaturze powyżej 700°C — zatracała ona swą strukturalną budowę osteonów, przy zachowaniu kształtu zewnętrznego i struktury mikroskopowej. Pojawiały się jednocześnie spękania paraboliczne i eliptyczne o przebiegu poprzecznym lub równo-

ległym do osi trzonów kości długich. Zdaniem cytowanych powyżej autorów, pęknięcia te mogą być wytłumaczone właściwościami biochemicznymi kości.

Celem naszej pracy była próba wyjaśnienia wpływu wysokich temperatur na strukturę histologiczną tkanki kostnej. Potrzeba podjęcia takich badań wynikała ze sporego zapotrzebowania praktyki kryminalistyczno-antropologicznej na metody zwiększające możliwości identyfikacyjne, szczególnie wówczas, gdy drobne fragmenty spalonych kości pozabawione są (wskutek znacznego rozdrobnienia) wyraźnych cech diagnostycznych.

#### MATERIAŁ I METODA

Materiał do badań stanowiły kości udowe świeże (wypreparowane ze zwłok) i kości udowe macerowane, pochodzące od 145 osób obojga płci, w wieku od 20 - 40 lat. Ze środkowej części trzonu każdej kości udowej pobierano dwa wycinki o długości około 2 cm i jeden z nich poddawano spalaniu w piecu gazowym (temperatura ok. 1100°C). Proces spalania prowadzono przez 2 godziny, po czym spalone fragmenty utwardzano, co było konieczne ze względu na bardzo dużą kruchość i łamliwość kości. Zaproponowana przez A. Kossakowskiego i wsp. [1961] i zastosowana przez nas metoda utwardzania przepalanej tkanki kostnej polega na powolnym nasycaniu jej styrenem, a następnie przeprowadzeniu polimeryzacji z dodatkiem katalizatora — nadtlenu benzoilu. Pod wpływem katalizatora i odpowiedniej temperatury styren przechodzi w polistyren, który po ostygnięciu jest ciałem stałym, przezroczystym.

Z uzyskanych w ten sposób bloczków polistyrenu, z zatopionymi w nich spalonymi fragmentami kostnymi, pobierano wycinki poprzeczne i podłużne w stosunku do długiej osi kości udowej, o grubości około 2 mm. Wycinki te poddawano szlifowaniu na specjalnie skonstruowanej wolnoobrotowej szlifierce. Wykańczanie i polerowanie szlifów wykonywano ręcznie na kawałku białego marmuru i na płótnie lnianym, uzyskując w efekcie szlif o grubości około 30 mikrometrów. Następnie zatapiano szlif w balsamie kanadyjskim i dokonywano jego oceny pod mikroskopem w spolaryzowanym świetle białym — przechodzącym.

Równoległe z badaniem spalonych fragmentów kości oceniano budowę mikroskopową szlifów z kości macerowanych, nie poddanych spalaniu.

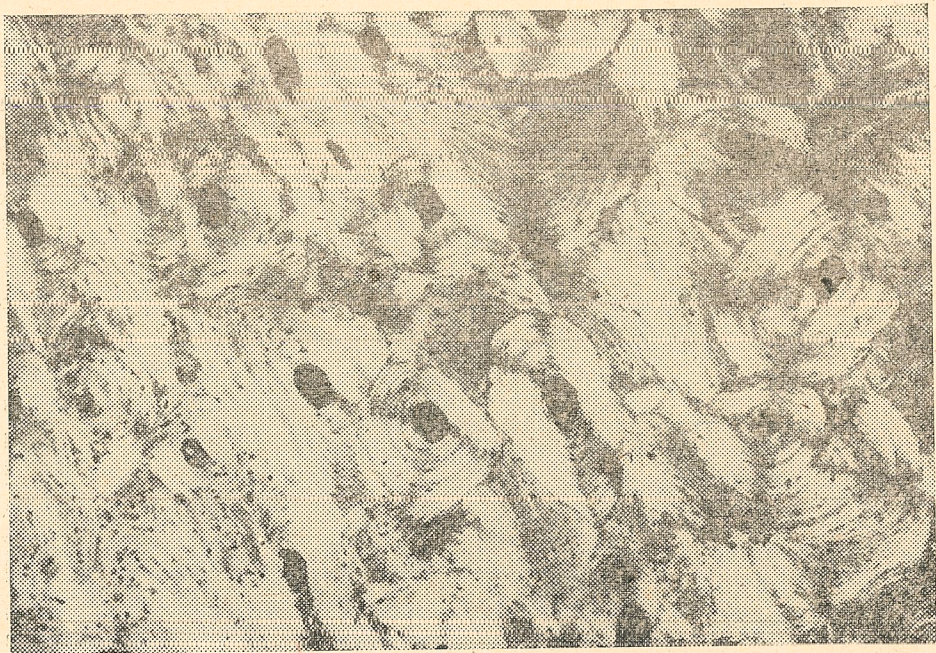
Oceniając budowę mikroskopową wykonanych szlifów kostnych zwracano uwagę na układ i rozmieszczenie osteonów, wygląd blaszek podstawowych wewnętrznych i zewnętrznych, występowanie substancji międzyukładowej i zatok poriesorpcyjnych oraz mierzono średnice kanałów

Haversa i obliczano ich ilość w  $1 \text{ mm}^2$  preparatu. Pomiarów średnic kanałów Haversa dokonywano za pomocą okularu mikrometrycznego. Poddawany ocenie obraz mikroskopowy szlifów z kości macerowanych i przepalonych dokumentowano fotograficznie.

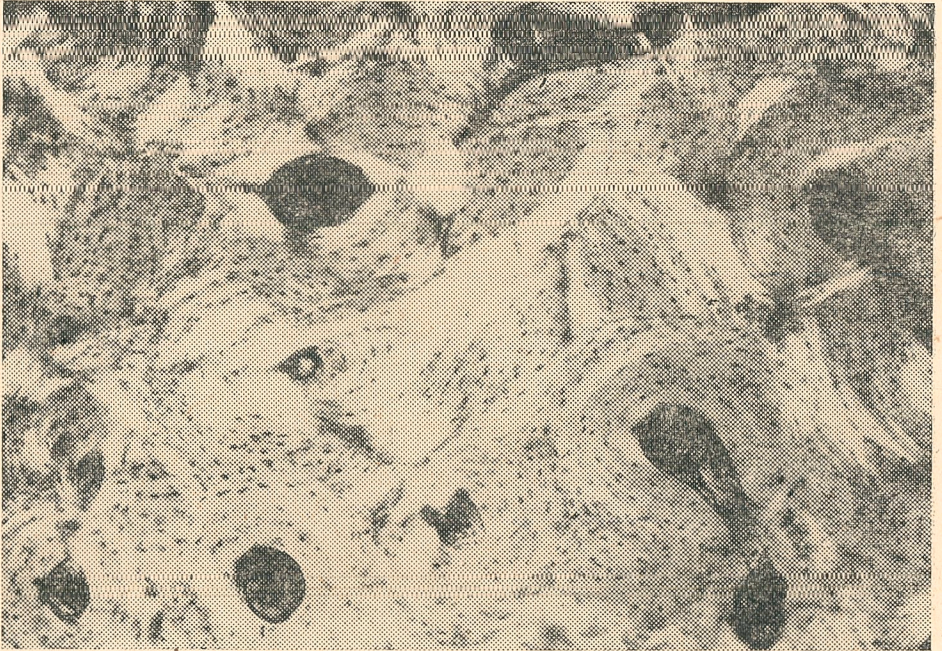
#### WYNIKI BADAŃ

##### 1. Szlify z kości macerowanych nie poddanych spalaniu

Obraz mikroskopowy szlifów opracowanej grupy (kości osób w wieku 20-40 lat) charakteryzuje się następującymi cechami. Osteony mają kształt owalny lub okrągły i są wyraźnie odgraniczone. Blaszki osteonów są dość grube, utkane licznymi jamkami kostnymi i mają z reguły układ koncentryczny. Praktycznie nie stwierdza się obecności zatok porosorpcyjnych, a substancja międzyukładowa występuje w niewielkiej ilości. Kanały Haversa są zwykle kształtu owalnego, a ich światło jest wyraźnie ciemne (rys. 1 i 2). Przeciętna średnica kanałów Haversa wynosi 54,7 mikrometra, a średnia ich ilość w  $1 \text{ mm}^2$  preparatu wynosi 7,8.



Rys. 1. Obraz szlifu wykonanego z trzonu kości udowej macerowanej, przekrój poprzeczny (pow.  $120\times$ )



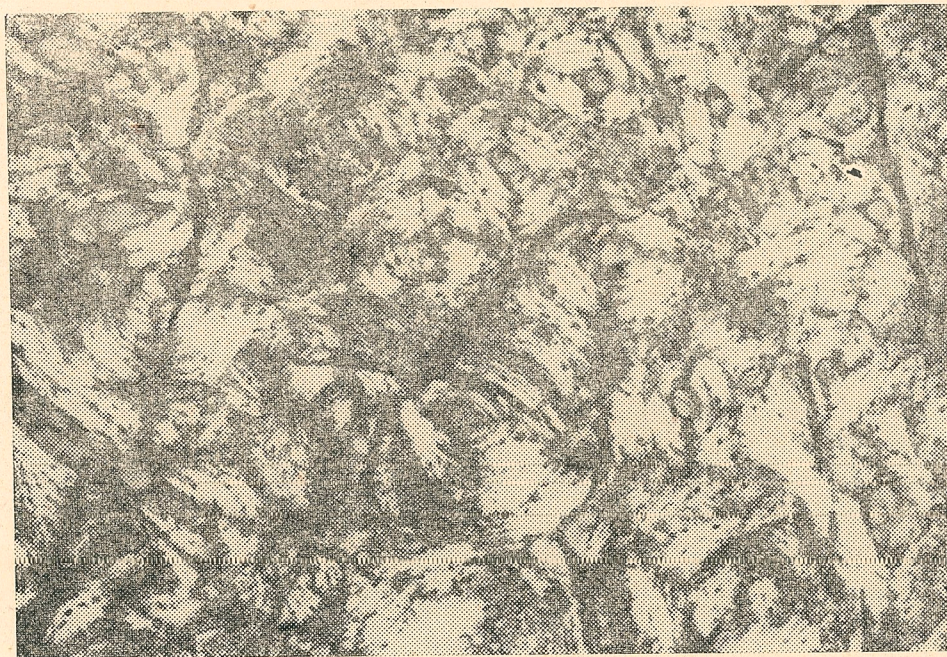
Rys. 2. Obraz szlifu wykonanego z trzonu kości udowej macerowanej, przekrój poprzeczny (pow. 200 $\times$ )

## 2. Szlify z kości spalonych w piecu gazowym — świeżych i macerowanych

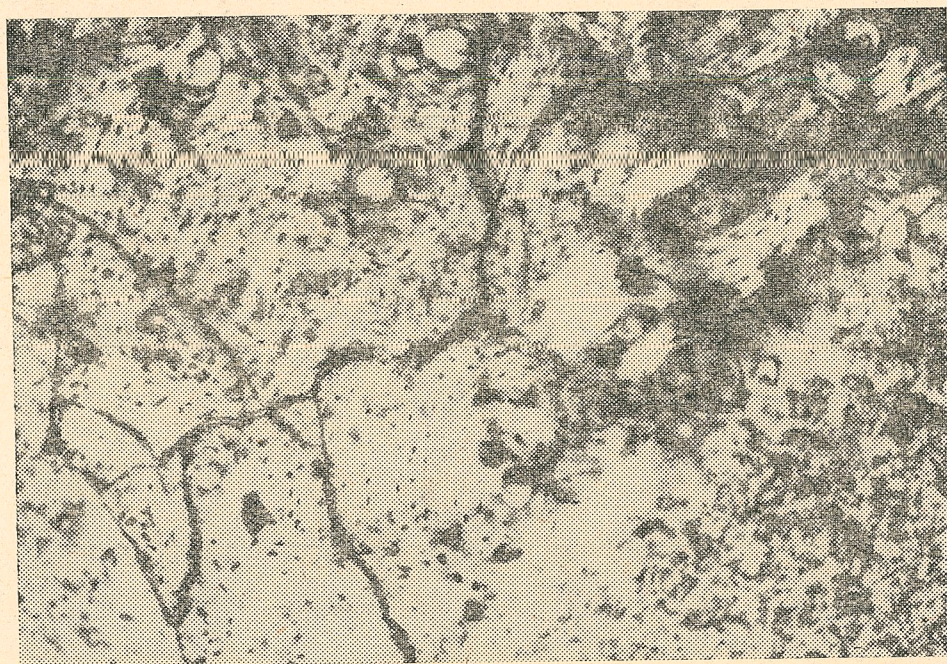
Obraz mikroskopowy kości spalonych w piecu gazowym dość znacznie różni się od szlifów kości macerowanych nie spalonych. Osteony zachowują co prawda swój kształt, jednakże ulegają zatarciu ich wyraźne dotąd granice. Znacznie mniej jest jamek kostnych, a światło kanałów Haversa ma odcień jasny. Ogólnie można stwierdzić znacznie zmniejszoną ostrość obrazu, co jednak nie powoduje zatarcia jego względnej czytelności.

Zauważyć można dość istotne różnice pomiędzy obrazem mikroskopowym szlifów kości spalonych świeżych a obrazem kości spalonych macerowanych. W preparatach uzyskanych z kości świeżych (wilgotnych) poddanych spalaniu pojawiają się liczne szczeliny pęknięć kształtu nieregularnego (często krzyżujące się) lub parabolicznego, z licznymi rozgałęzieniami. Szczeliny pęknięć z reguły nie przebiegają przez światło kanałów Haversa (rys. 3 i 4).

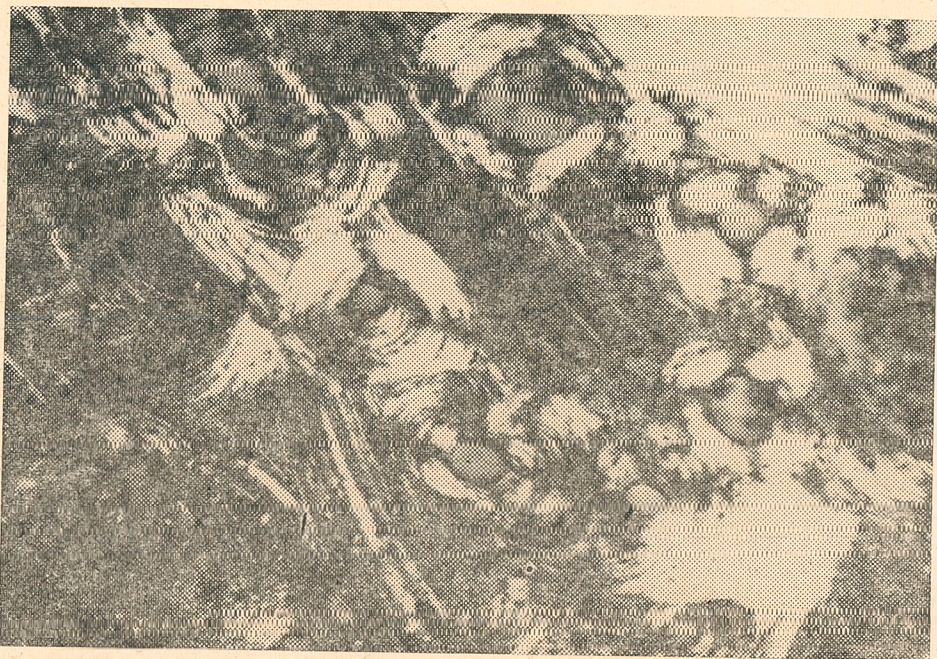
W odróżnieniu od tych ostatnich — szlify z kości macerowanych poddawanych procesowi spalania charakteryzują się mniejszą ilością szczelinowatych pęknięć, które są pojedyncze i mają rysunek linijny z nieznacznymi, krótkimi rozgałęzieniami (rys. 5 i 6).



Rys. 3. Obraz szlifu wykonanego z trzonu kości udowej świeżej poddanej spalaniu, przekrój poprzeczny (pow. 120 $\times$ )



Rys. 4. Obraz szlifu wykonanego z trzonu kości udowej świeżej poddanej spalaniu, przekrój poprzeczny (pow. 120 $\times$ )



Rys. 5. Obraz szlifu wykonanego z trzonu kości udowej macerowanej poddanej spalaniu, przekrój poprzeczny (pow. 120 $\times$ )



Rys. 6. Obraz szlifu wykonanego z trzonu kości udowej macerowanej poddanej spalaniu, przekrój poprzeczny (pow. 120 $\times$ )



Rys. 7. Obraz szlifu wykonanego z trzonu kości udowej macerowanej, przekrój podłużny (pow. 120 $\times$ )



Rys. 8. Obraz szlifu wykonanego z trzonu kości udowej świeżej poddanej spalaniu, przekrój podłużny (pow. 120 $\times$ )

Przeciętna średnica kanałów Haversa dla spalonych kości świeżych wynosi 48,4  $\mu\text{m}$ , a średnia ich ilość w 1  $\text{mm}^2$  preparatu wynosi 7,8. Dla spalonych kości macerowanych wartości te wynoszą odpowiednio: 49,7  $\mu\text{m}$  i 7,8.

Przedstawione na rysunkach obrazy mikroskopowe szlifów kostnych dotyczyły przekrojów poprzecznych do długiej osi trzonów kości udowych.

Obraz mikroskopowy szlifów kostnych równoległych do długiej osi kości udowych różnił się wyraźnie pomiędzy kością macerowaną a przepaloną. Nie chodzi tu oczywiście o występowanie kanałów Volkmana i inne elementy struktury mikroskopowej, ale o bardzo silne zacieranie szczegółów budowy kości spalonej. Obraz jest tak mało czytelny, że jego interpretacja natrafia na spore trudności. Na rysunkach 7 i 8 przedstawiono porównawczo uzyskane obrazy mikroskopowe szlifów z kości macerowanej i przepalonej.

#### WNIOSKI

1. Kości świeże oraz macerowane poddane działaniu wysokiej temperatury (około 1100°C) nie tracą swej struktury mikroskopowej, jednakże ulegają pewnemu rozmyciu granice systemów Haversa oraz dość znacznie obniża się czytelność obrazu. Stwierdzenie to dotyczy przekrojów poprzecznych; natomiast obraz mikroskopowy przekrojów podłużnych z kości spalonych jest praktycznie nieczytelny.

2. Spalenie kości suchych, zmacerowanych nie powoduje tak znacznego spękania, jak spalenie kości wilgotnych, świeżych — wysychających w trakcie kremacji. Powstające pęknięcia kości świeżych mają charakter wieloodłamowy, rozgałęziony, często kształtu parabolicznego lub w formie krzyżujących się szczelin. Pęknięcia z reguły nie przebiegają przez światło kanałów Haversa. Obraz mikroskopowy szlifów kości macerowanych poddanych spalaniu wykazuje pojedyncze, linijne pęknięcia bez wyraźnych odgałęzień.

3. Stopień kurczenia się kości, określony zmniejszaniem przeciętnej średnicy kanałów Haversa wynosi około 10%, przy czym nie stwierdza się istotnych różnic pomiędzy wartościami średnimi uzyskanymi z kości świeżych i macerowanych.

#### PIŚMIENNICTWO

- Chochol J. 1958, *Dosavadni výsledky anthropologického rozboru lužických žarových pohřbů z českých zemí*, Památky archeologické, 49, 559.
- Dzierżykray-Rogalski T. 1957, *Badania szczątków kostnych z grobów ciałopalnych*, Z otcłłani wieków, 23, 267.



- Dzierżykray-Rogalski T. 1960, *Szczątki kostne z grobów ciałopalnych jako przedmiot badań antropologa*, Człowiek w Czasie i Przestrzeni, 3, 49.
- Dzierżykray-Rogalski T. 1967, *New methods of investigation of bone remains from cremation graves*, Anthropologie, 4, 41.
- Gejvall N. G. 1969, *Cremations* [w:] *Science in Archeology*, 469-479, (red. Brothwell, Higgs, Clark), London.
- Gładykowska-Rzeczycka J. 1971, *Historia, rozwój i wyniki badań materiałów kostnych z cmentarzysk ciałopalnych ze szczególnym uwzględnieniem Polski*, Pomorania Antiq., 4, 21.
- Grimm H. 1961, *Der gegenwärtige Stand der Leichenbranduntersuchungen*, Ausgrabungen und Funde, 6, 299.
- Grimm H., R. Strauch 1959, *Schliffuntersuchungen an Knochen zum Nachweis einer Feurbehandlungen bei der Bestattung*, Ausgrabungen und Funde, 4, 262.
- Herrmann B. 1976, *Neuere Ergebnisse zur Beurteilung menschlicher Brandknochen*, Zeitschrift für Rechtsmedizin, 77, 191.
- Malinowski A. 1965, *Études anthropologiques des ossements humains brulés et résultats d'expertises concernant certains cimetières des populations de civilisation lusacienne, poméranienne et de l'époque romaine en Pologne*, I Międzynarodowy Kongres Archeologii Słowiańskiej, 7.
- Malinowski A. 1973, *Einige Probleme anthropologischer Untersuchungen von Leichenbrand-Gräbstätten in Westpommern im Hinblick auf allgemein-polnische Unterlagen*, Zeitschrift für Archäologie, 7, 13.
- Malinowski A. 1971, *Niektóre dotychczasowe osiągnięcia antropologii polskiej w dziedzinie badań kości ludzkich z grobów ciałopalnych* [w:] *Rozwój i dorobek antropologii polskiej w 25-leciu PRL*, UAM, Poznań.
- Malinowski A., B. Młodziejowski 1976, *Możliwości identyfikacji osobniczej na podstawie przepalonych kości*, Zesz. Nauk. ASW, 15, 119.
- Młodziejowski B. 1974, *Problem różnicowania przynależności gatunkowej i wieku na podstawie kości spalonych* [w:] *Metody, wyniki i konsekwencje badań kości z grobów ciałopalnych*, UAM, Poznań.
- Müller Ch. 1964, *Methodisch-Kritische Betrachtungen zur anthropologischen Untersuchung von Leichenbränden*, Prähistorische Zeitschrift, 42, 1.
- Piontek J., J. Strzałko, A. Malinowski 1974, *Wzrost ludności z ciałopalnych cmentarzysk pradziejowych w świetle nowych metod rekonstrukcji* [w:] *Metody, wyniki i konsekwencje badań kości z grobów ciałopalnych*, UAM, Poznań.
- Piontek J. 1975, *Proces kremacji i jego wpływ na morfologię kości w świetle wyników badań eksperymentalnych*, Archeologia Polska, 20.
- Strzałko J., J. Piontek, A. Malinowski 1972, *Problem rekonstrukcji wzrostu na podstawie kości zachowanych we fragmentach lub spalonych*, Przegl. Antrop., 38, 277.
- Strzałko J., J. Piontek, A. Malinowski 1973, *Teoretyczno-metodyczne podstawy badań kości z grobów ciałopalnych*, Mat. i Prace Antrop., 85, 179.
- Strzałko J., J. Piontek 1974, *Wpływ spalania w warunkach zbliżonych do kremacji pradziejowych na morfologię kości*, Przegl. Antrop., 40, 315.
- Vark G. N. 1974, *The investigation of human cremated skeletal material by multivariate statistical methods. I. Methodology*, Ossa, 1, 63.

INFLUENCE OF HIGH TEMPERATURE ON MICROSCOPIC STRUCTURE  
OF OSSEOUS TISSUE

by BRONISŁAW MŁODZIEJOWSKI and JANUSZ STEĆ

Fragments of fresh and macerated femoral shafts belonging to 145 persons of both sexes aged 20 - 40 years served as a material for the present study. A part of each fragment had been burned in a gas-heated furnace (approx. temperature 1100°C) and subsequently hardened by styrene-benzoilperoxide-polystyrene system. Slices of bone were prepared for microscopic examination from both burned and unburned fragments. It has been found that a process of burning does not change microscopic properties of bone to an extent precluding observation and interpretation of important details. When macerated dry bone is burned tissue is less damaged than in a case of fresh, damp bone rapidly drying up during cremation. Degree of shrinking caused by cremation is estimated at about 10% on grounds of average dimension of Haversian channels.