

HAMVASZTÁSOS TEMETKEZÉSEKBŐL SZÁRMAZÓ FOGLELETEK SCANNING ELEKTRONMIKROSKÓPOS VIZSGÁLATA

Írta: HARSÁNYI LÁSZLÓ

(Semmelweis Orvostudományi Egyetem Igazságügyi Orvostani Intézete, Budapest*)

Bevezetés

A hamvasztásos temetkezésből származó csontváz- és fogazatmaradványok rendszeres embertani vizsgálata nagyszámú fontos adat megismeréséhez vezet, éppen ezért jelentőségükre számos szerző felhívta a figyelmet. A vizsgálati lehetőségek korlátozottak, ennek ellenére megfelelő módszerek igénybevételével meglepően sok, tárgyilagosan értékelhető adatot nyerhetünk. A lelőhelyek régészeti feldolgozásával foglalkozó munkák sora szinte áttekinthetetlenül nagy, mivel a hamvasztásos temetkezési mód földrajzi és időbeli értelemben egyaránt egymástól nagyon távol eső népeiségek körében, hosszú időn keresztül szokásban volt. Bizonyított, hogy ez a temetkezési forma a neolitikumban több helyen előfordult, JANSSENS pl. 1955-től kezdődően közleményeiben részletesen foglalkozott a németalföldi urnatemetkezéssel szembe fordított anyagával; eredményeit 1970-ben megjelent összefoglaló munkájában ismertette.

A bronzkorban a halotthamvasztás még elterjedtebbé vált (LIPTÁK 1969), és Nyugat-Európában a Meroving-kultúra hanyatlásának idejéig fennmaradt. A leletekből következtettek az elhamvasztott egyének számára, életkorára, nemére és pathológiai elváltozásokat is megfigyeltek.

A teljességre törekvés nélkül a rendszeres vizsgálatokat végző kutatók közül említtem meg a következőket: KLOIBER 1942, 1956, GRIMM és THEIS 1952/53, BABY 1954, VLČEK 1956, CHOCHOL 1958, WELLS 1960, SCHAEFER 1960, GEJVALL 1960, 1963, FRITZKE 1960, GRIMM 1961, DOKLÁDAL 1963, 1970, THIEME 1970, GLADYKOWSKA-RZECZYCKA 1976.

NEMESKÉRI és HARSÁNYI (1968) a Környe-Fácánkert (Komárom megye) lelőhelyről származó, a középső bronzkorba tartozó és 17 egyén csontvázleletét magába foglaló hamvasztásos temetkezési anyagot ismertette. E munkában részletesen összefoglalják a lelet emberi eredetének, a nem és életkor meghatározásának és az egyes betegségek felismerésének lehetőségeit.

Az égetett csontvázmaradványok embertani vizsgálataival foglalkozó közlések köréből kiemelve kell megemlítenünk HERRMANN (1972, 1976) munkáját. HERMANN a Franciaország területén 1909-ben feltárt *Homo sapiens* lelet, a „*Homo Aurignaciensis* Hauseri” utólagosan égett csontvázmaradványát vette részletes vizsgálat alá. A kérdéses váz 1910-ben vásárlás útján a berlini Museum f. Völkerkunde tulajdonába került. 1945-ben bombatámadás következtében tűzvész támadt, mely ezt az értékes leletet is csaknem egészen elhamvasztotta. A romok közül előkerült égett maradványokat azonosította a szerző, és a

* Jelenlegi munkahely: Pécsi Orvostudományi Egyetem Igazságügyi Orvostani Intézete, Pécs.

magas hő okozta károsodásokat többféle módszerrel, így scanning elektronmikroszkóposan is megvizsgálta. Ez az egyetlen irodalmi adat, amikor vázcsontok hőkárosodását egy eset kapcsán e módszerrel (továbbiakban SEM) is megvizsgálták. Fogazati leletek eddig még vizsgálatra nem kerültek, és rendszeres standard adatok sem állottak a hőkárosodás mértékére vonatkozóan rendelkezésünkre.

A hamvasztásos temetkezés csontváz- és fogleleteinek vizsgálati nehézségei az alábbi körülményekből adódnak:

1. A holttestek viszonylag alacsony hőmérsékleten elhamvadnak. BERG (1953) szerint 500 °C hőmérséklet hatása elégséges ahhoz, hogy újszülött vagy csecsemő holtteste szinte teljesen elhamvasztható legyen. A hamvasztás után a visszamaradó anyag nagyon csekély mennyiségű. MALINOWSKI és PORAWSKI (1969) úgy találta, hogy a jelenleg szokásos krematóriumi hamvasztások esetében (a hőmérsékletet és esetszámot nem közli) 45–65 év közötti életkorú személyekből a visszamaradó hamvak súlya férfiaknál átlagosan = 2,003.7 g, nőknél átlagosan = 1,539.4 g.

HERRMANN (1972) 393 krematóriumban elhamvasztott egyén hamvainak súlyát megmérte és szerinte 70 év körüli férfiak hamvainak átlagos súlya = 1,841.6 g, azonos korú nőké = 1,711.3 g.

A hamvak súlyából még a jelenleg szokásos hamvasztásos eljárás után sem lehet a nemre következtetni, mivel csak az átlagértékekben mutatkozik jellegzetes nemi különbség, a minimális és maximális érték mindkét nemben azonos.

2. Az embertani kutatások során vizsgálható, hamvasztásos temetkezésből származó anyag a tényleges hamvak mennyiségének csak kisebb-nagyobb töredékrésze, hiszen a holttestmaradványokat urnás temetkezés esetében tökéletesen összegyűjteni nyilvánvalóan nem tudták. Az urnákban a hamvaknak csak egy része található, de hamuval, az elhamvasztás eszközének (fa) maradványaival. Ilyen körülmények között tehát még sokkal kevesebb vizsgálati anyag áll rendelkezésre, mint amennyi a modern krematóriumi hamvasztások után visszamaradt. Saját, megelőzően ismertetett kutatásunk során 17 személyből származóan csupán összesen 5220 g csontváz és fogazati maradványt vizsgálhattunk, így tehát 1-1 egyénből átlagosan csak 307 g lelet maradt vissza.

3. A hő hatására kalcinálódott csontok és fogak nagyon törékenyek. AMPRINO (1958), valamint ROSATE (1963) kísérleteik során megállapították, hogy a hőmérséklet emelésével a csontok mechanikus szilárdsága kezdetben csökken, kb. 400 °C hatását követően a legkisebb, majd ismét növekszik, és a szervesetlen sókristályok megolvadása után, 800 °C, vagy annál magasabb hő hatására ismét növekszik. Fénymikroszkópos metszeteket, csiszolatokat a kalcinálódott anyagból nem lehet készíteni.

4. Szerológiai vizsgálatok nem végezhetőek, mivel a szerves komponensek a csontokból, fogakból kiégtek.

A fogak magas hővel szemben közismerten ellenállóak. A hamvasztásos leletekben gyakran megtalálhatók olyan állapotban, hogy töredékesek voltak ellenére az anatómiai sajátosságok alapján határozottan meg lehet állapítani, vajon a lelet emberi eredetű-e, vagy sem. A vázcsontok töredékes maradványairól ugyanez nem minden esetben állapítható meg. A fogazati leletekből az életkorra, esetleg a nemre is jobban lehet következtetni, mint a vázcsontokból visszamaradó töredékekből.

Az égetett fogazati leletek vizsgálatára az igazságügyi orvostani gyakorlatban is sok esetben sor kerül. 1849-ben történt az a bűncselekmény, amely az

első volt azoknak a sorában, amikor a bűncselekmény bizonyítéka égetett fog- és műfogsormaradványok szakértői vizsgálata és véleményezése volt. A Harvard Med. School kémia tanára: *J. W. Webster*, egy tanártársát megölte, a holttestet feldarabolta és laboratóriumi hevítő kemencéjében a részeket elhamvasztotta. Később fogak és műfogsor maradványa került elő a kemencéből, — ezekből az anyagokból pedig az elhaltat megelőzően gyógykezelő fogorvos a személyazonosságot bizonyítani tudta. Ez az eset a világirodalomban mindenütt szerepel (bővebben l. pl. LUNTZ és LUNTZ 1973). A későbbiek során, és napjainkban is, a személyazonosság megállapítása céljából égés, robbanás, tűzvészek, repülőbalesetek stb. áldozatainak vizsgálatakor az egyik legfontosabb feladat a fogmaradványok részletes észlelése és a leletekben a fogorvosi feljegyzésekkel való egyeztetése (l. pl. SCHRANZ 1944, GUSTAFSON 1966, HARSÁNYI és SZUCHOVSKY 1971). A személyazonosítás orvosszakértői lehetőségeivel több munkámban foglalkoztam (HARSÁNYI 1965, 1968). Arra törekedtem, hogy új módszereket is a megfigyelések lehetőségeinek sorába bevonjak. Ilyen új metodika a SEM vizsgálóeljárás, melyet elsőként használtam fel a hőkárosodott fogak alakitani sajátosságainak megismerésére (1976).

A fogak anatómiájának és kórcbonctanának kutatásában új lehetőség az elektronmikroszkóp. A transmissios technikán kívül a lenyomat (replica) módszert, később az SEM eljárást alkalmazták. Bővebb adatokat találhatunk pl. BOYDE és STEWART (1962), BOYDE és LESTER (1967), HAJÓSSI, KOHÁRI és BÓNA (1956), KOHÁRI és BÓNA (1962), MILES (1967), SCHUMACHER és SCHMIDT (1972) munkáiban.

A SEM eljárás felületek vizsgálatára alkalmas, ennek lényege — nagyon vázlatosan — a következő:

Ha a vizsgálati anyag felülete elektromos vezető réteg, úgy ha elektronsugárzás éri, a felületről szekunder elektronok lépnek ki. A biológiai vizsgálati anyagok, csontok, fogak stb. felülete eredeti formájában nem elektromos vezető, ezért az egész felületet — az egyenetlenségeket is — híven követő vékony elektromos vezető réteggel kell a vizsgálat előtt bevonni. Ilyen anyag a szén vagy arany, melyet vacuum gőzölés segítségével juttatunk a felületre, majd az előkészítést követően elektronmikroszkóppal bocsátjuk a tárgyra az elektronsugarakat. A besugárzott helyen kilépő szekunder elektronok intenzitása a sugárzás irányával bezárt szögétől függ. Ha az alkalmazott elektronsugár átmérője a felszíni struktúra elemeihez képest kicsi, és a sugárnyaláb folyamatosan halad a felszínen, úgy a kiváltott másodlagos sugárzás intenzitása a felszín formációinak megfelelően változó. Ha egy oscilloscop ernyőjén a megvilágító sugárzás a csont felszínét letapogató elektronsugárzással, illetve a szekunder elektronokkal szinkronban vezérelt, akkor a televízió képernyőjéhez hasonló módon az elektronmikroszkóp képernyőjén a tárgy felületét visszaidő, térhatású kép keletkezik. Ez az eljárás az orvostudomány számos morfológiai szakágazatában a kutatás eszköze, és az igazságügyi orvostanban is sok alkalmazási lehetősége van. Vizsgálni lehet hajszálakat, elektromos áramjegyeket, eszközök nyomait stb. (bővebben l. TAYLOR 1973, SÓTONYI 1976).

A SEM módszerrel végzett, és a hőkárosodott fogak alakitani elváltozásainak jobb megismerését célzó munkám két részre oszlik: először azt kellett megállapítanom, hogy a különböző magas hőmérsékletnek kísérleti körülmények között milyen hatása van a fogakra, majd urna-temetkezésből származó anyagon törekedtem a kísérleti adatok megfigyeléseinek értékesítésére.

Vizsgálati anyag és módszer

A. Kísérleti megfigyelések

Felnőtt korú, 35–45 éves férfiak és nők holttestéből ép metsző és kisírólő fogakat távolítottunk el. A lágyszövetek rajtuk tapadó minimális foszlányait meghagyva, és konzerváló szerek alkalmazása nélkül végeztük el a kísérleti hőkezelést oly módon, hogy 1-1 csoportba 4-4, különböző egyénből származó fogat helyeztünk. A hőkezelés elektromos hamvasztó kemencében történt oly módon, hogy a hőmérsékletet 200 °C-tól kezdve 100 °C-ként emeltük, és 1-1 csoport fog a kísérleti hőfokot 5-5 perc alatt érte el, majd további 55 percig tartott a hőkezelés. A fogakat hőkezelés előtt és hőkezelés után is lemértük. A hűtés szobahőmérsékleten történt. Megállapítható volt a fogak súlycsökkenése, megerősítve SCHRANZ (1968) észlelését; úgy tapasztaltuk, hogy 200 °C és 1300 °C között a fogak eredeti súlyuknak kb. 25–28%-át veszítették el. A súlyvesztés nagyobb, kb. 2/3 része 200–300 °C között következett be, a vízvesztés miatt (MANNERBERG 1951). Az eltávozó vízmennyiség többsége a dentinből származik, melynek víztartalma kb. 10–12 súly%; a pulpa dentis víztartalma még ennél is magasabb. A hevített fogakat lupeval figyeltük meg, és rögzítettük a makroszkópos jelenségeket. A vizsgálatnak ez a szakasza azonban új megismerést nem szolgáltatott, hiszen a hőhatásra létrejövő, szabad szemmel és kézi nagyítással látható elváltozások már régen ismeretesek voltak (FRANCHET 1925, SCHRANZ 1944, KOMORI 1960 stb.). Kisebbségi töredékek SEM vizsgálatával folytattuk a megfigyelésünket. Elektronmikroszkópunk: JEM 100B jelzésű japán gyártmányú elektronmikroszkóp, és annak scanning felvételtje azt a lehetőséget adja, hogy a vizsgálati anyag maximálisan kb. 6 × 6 × 3 mm nagyságú lehet. Az anyagot először Elektrodag 416 (Acheson, Canada) ragasztóval felragasztottuk a preparátumtartó lemezre, majd 4 × 10⁻⁵ vácuumban JEOL JEE 4B rotációs készülékkel történt a gőzölés, oly módon, hogy a fogszerkezet felületét kb. 30 nm (300 Ångström) aranyréteg fedje. Minden fog zománc-, dentin- és cementállományából több preparátum készült. A substantia adamantina és a substantia ossea külső felszínét figyeltük meg, a dentinnek pedig hosszanti és haránt törési felületét. Az azonos hőmérsékleten kezelt fogak szerkezeti változásai egymással mindenben megegyeztek: 200 °C 1 óra alatt csak színbeli változást okozott, ezért a leírás és a bemutatás 300 °C hatásánál, majd a továbbiakban 200°, ill. 100 °C-ként emelkedve írjuk le.

300 °C, 1^h

Makroszkópos változás: Korona, gyökér sötét szürkésbarna, a koronán kis repedések láthatóak. A dentin a törési felületen világosabb szürkésbarna, a zománcsapka helyenként kis repedések formájában kezd leválni a dentinről. A fog makroszkópos üregei nem szűkültek be.

SEM:

a) *Zománc:* Kis repedések láthatók, melyek hálózatot nem képeznek. A repedések közötti területen a zománcfelszín ép.

b) *Dentin:* A szerkezet változatlan, a harántul vagy hossz tengelyi irányban megnyúlt dentin csatornák megtartják anatómiai sajátosságait.

c) d) *Cement*: Az eltávozó vízgőzök a cementállományt a dentinről felemelik, megrepedt falu „hólyagok” képződnek; a szabaddá vált dentin felületén a tubulusok szájadéka látható.

500 °C, 1^h

Makroszkópos változás: Zománc szürke, gyökér világos barnásszürke, a dentin törési felszíne sötét feketésszürke. A koronán lupe nagyításban mély hosszanti repedések láthatók, melyek csaknem darabokra választják szét. A pulpa kamra, gyökércsatorna megtartott, nem szűkült be.

SEM:

a), b) *Zománc*: Mélyreható, hálózatot képező repedések a zománcállományt szabálytalan sokszögletű lemezekre tagolják.

c) *Dentin*: A szerkezet jól megtartott. A megnyílt canaliculi dentales nem szűkült be, anatómiai sajátosságai jól tanulmányozhatók. KOMORI (1960), valamint FURUHATA és YAMAMOTO (1967) szerint 500 °C hatására a dentin szerkezete felismerhetelenné válik(!). Ez a megállapítás téves, ők a HIRANO (1935) által javasolt módon kívánták vizsgálni a hőkárosodott fogat: a töredék zselatinba ágyazását és fuchsin festését kísérelték meg értékelhető fénymikroszkópos preparátum elkészítése céljából. A kalcinálódott, törékeny anyagból azonban nem sikerülhetett a készítmény előállítás, — a SEM-eljárás a törékeny anyagot kíméli, felületét változatlanul hagyja, ennek következtében a dentin kifogástalanul megmarad.

d) *Cement*: A substantia ossea a hő hatására nagyobb lemezekké, táblákká töredezett, melyek között mély repedések vannak. Az egyes lemezrészletek szabálytalan sokszögűek, átmérőjük kb. 30–60 μ .

700 °C, 1^h

Makroszkópos változás: A korona és a gyökér világos szürkésfehér, a dentin halványszürke. A korona darabokra töredezett, az egyes részletekben a fogbélüreg és a gyökércsatorna jól felismerhető, beszűkültnek tűnik.

SEM:

a) *Zománc*: Finom szemcsés rögökből áll, az eredeti felszín nem ismerhető fel.

b), c) *Dentin*: A dentincsatornák kissé beszűkültek, jól tanulmányozhatók. A JOHANSEN és PARKS (1962) által leírt hypermineralizált peritubularis zóna kb. 0,5 μ vastagságú, a környezethez, az intertubularis dentinállományhoz képest kissé kiemelkedő, elkülönült réteggént látható. A nagyobb ásványi só-tartalom miatt a peritubularis zóna hővel szemben ellenállóbb, mint a magasabb szerves anyag és víztartalmú intertubularis dentin.

d) *Cement*: Finom szemcsés, rögös felület, az eredeti szerkezet nem látható.

900 °C, 1^h

Makroszkópos változás: Korona, gyökér, dentin egyaránt világos, csaknem fehér színű. A korona kisebb, a gyökér nagyobb darabokra töredezett, a töredékeken a fog makroszkópos üregei felismerhetőek, beszűkültek.

SEM:

a) *Zománc*: A zománc szemcsék kezdenek összeolvadni, a szerkezet nem ismerhető fel.

b), c) *Dentin*: A szerkezet jól tanulmányozható. A beszűkült dentincsatornák átmérője átlagosan kb. 1,5–1,7 μ , a tubulusok közötti anastomosisok szájadékai nem láthatók, mivel a dentin ásványi sói lapos, sima felületű, egyenetlen nagyságú, legömbölyödött szélű lemezekké olvadtak. A fog szervetlen állományának túlnyomó többségét alkotó apatitféleségek (hydroxylapatit, francolit stb.) olvadási pontja az ásványtani ismeretek szerint jelentősen magasabb, mint 900 °C, így pl. KOCH és SZTRÓKAY (1967) olvadási pontként 1550 °C–1650 °C hőmérsékletet ad meg. Nem szabad figyelmen kívül hagyni azonban, hogy a kalciumon és foszforon kívül még számos más elem található a fog anorganikus összetevői között: pl. nátrium, kálium, klór, magnézium, réz, cink, fluor és az organikus anyagokból származó vas. Ezek pedig mind olyan elemek, amelyek az apatit olvadási hőmérsékletét csökkentik.

d) *Cement*: Mély és széles repedésekkel áthatott, szemcsés felületű, eredeti szerkezete felbomlott.

1000 °C, 1^h

Makroszkópos változás: A korona, gyökér és dentin egyaránt porcelánfehér, a fog kisebb-nagyobb darabokra töredezett szét, a töredékekben látható a szűk pulpakamra és gyökércsatorna.

SEM:

a) *Zománc*: Sima felületű, szerkezet nélküli lemezekké folyósodott el.

b), c), d) *Dentin*: Az igen jellegzetes tubularis szerkezet még megtartott, de nagyobb nagyítás mellett megállapítható, hogy az egész állomány gömbölyű, apró gyöngyökké olvadt. A struktúra egymással összefüggésben levő, gyöngy-sorszerű, egyenetlen nagyságú gömböcskékből áll. A mikroyöngyök átmérője kb. 0,2–1 μ . Makroszkópos nagyságú, ún. „csont-gyöngyök” keletkeznek nagyfeszültségű erős áram hatására a koponya- és végtagsontokon. E szabad szemmel látható képletek azonban jelentősen magasabb, 3000 °C–4000 °C hőmérséklet hatására jönnek létre. A dentin hőkárosodásakor kialakuló mikro-gyöngyök eddig még megfigyelésre nem kerültek.

e) *Cement*: Egnemű, megolvadt, nem összefüggő réteggként borítja a dentint, helyenként a dentincsatornák nyílása szabadon látható.

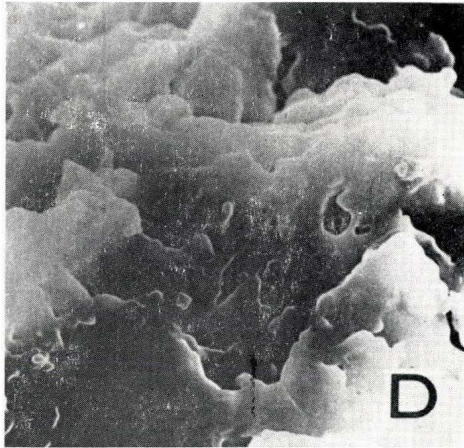
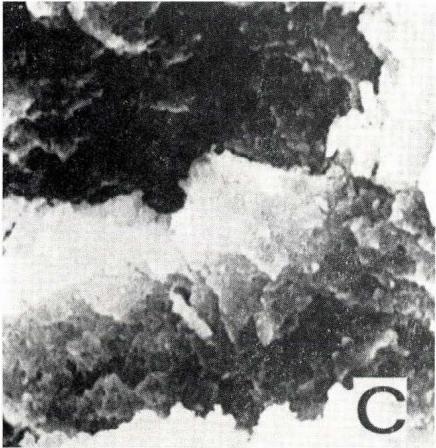
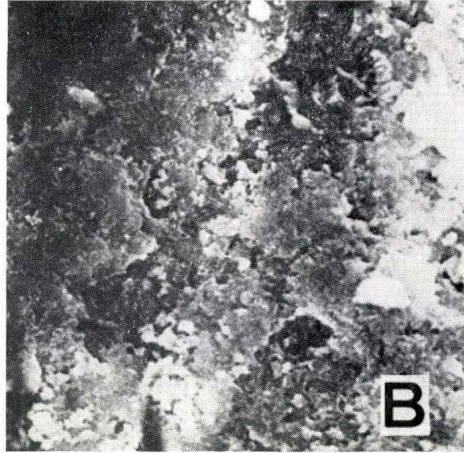
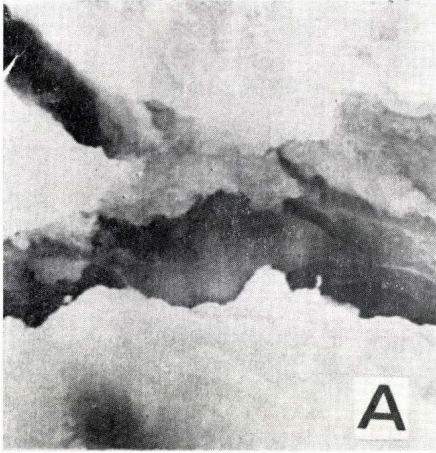
1100 °C, 1^h

Makroszkópos változás: Porcelánfehér színű, kis töredékekre esett szét a fog, az egyes darabokon még felismerhető, hogy korona vagy gyökér részlete volt-e. A felületen mélyreható nagy repedések láthatók, a szűk fogbélüreg és gyökércsatorna a megfelelő darabokon látható.

SEM:

A zománc- és cementállomány eredeti szerkezete egyáltalán nem ismerhető fel, olyan, mint 1000 °C hatása után.

a), b) *Dentin*: A tubularis szerkezet még felismerhető, a beszűkült csatornák összeköttetései és részletei azonban már nem láthatók, mivel a dentinállo-



I. tábla

A zománcállomány változása hő hatására

A = 500° C 1^h, nagyítás: 1100 ×

B = 700° C 1^h, nagyítás: 1100 ×

C = 900° C 1^h, nagyítás: 3300 ×

D = 1000° C 1^h, nagyítás: 3300 ×

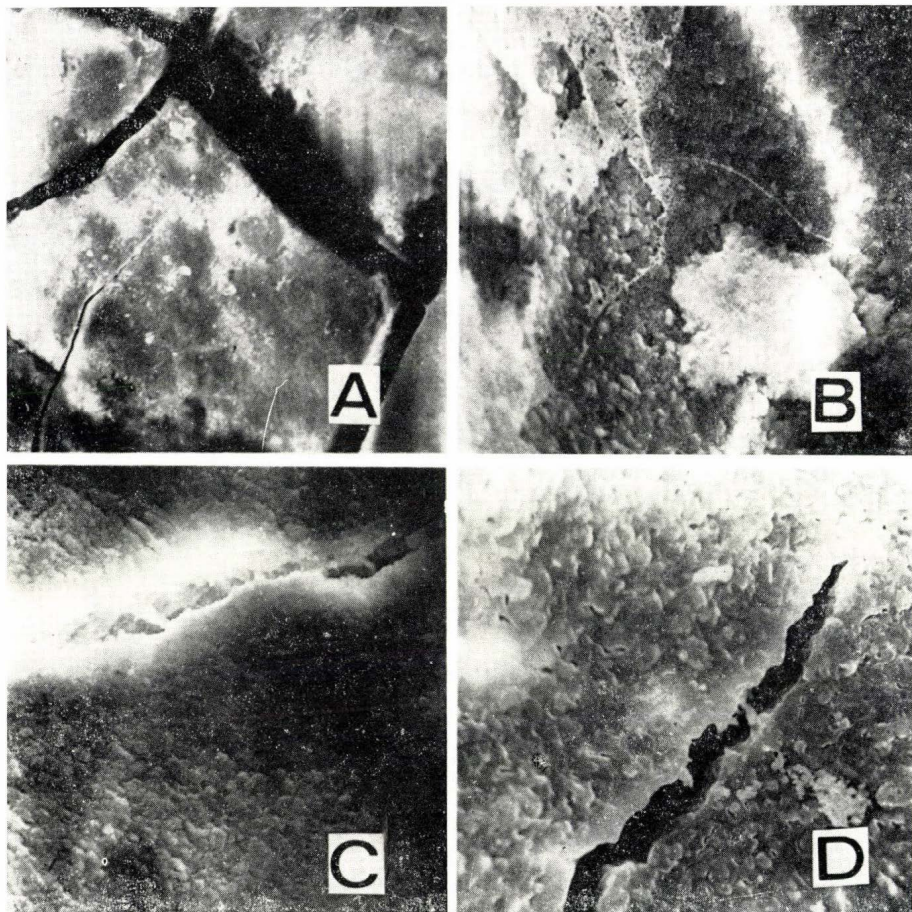
Table 1. The changes of tooth enamel upon the effect of heat

A = 500° C 1^h, magnification × 1100

B = 700° C 1^h, magnification × 1100

C = 900° C 1^h, magnification × 3300

D = 1000° C 1^h, magnification × 3300



2. tábla

A cementállomány változása hő hatására

A = 500° C 1^h, nagyítás: 430 ×

B = 700° C 1^h, nagyítás: 1100 ×

C = 900° C 1^h, nagyítás: 1100 ×

D = 1000° C 1^h, nagyítás: 1100 ×

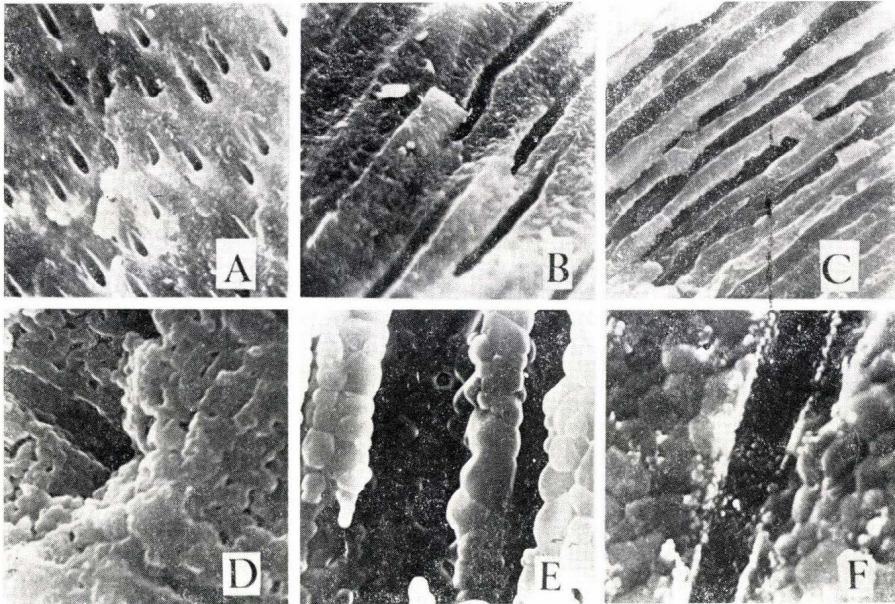
Table 2. The changes of cementum upon the effect of heat

A = 500° C 1^h, magnification × 430

B = 700° C 1^h, magnification × 1100

C = 900° C 1^h, magnification × 1100

D = 1000° C 1^h, magnification × 1100



3. tábla

A dentin változása hő hatására

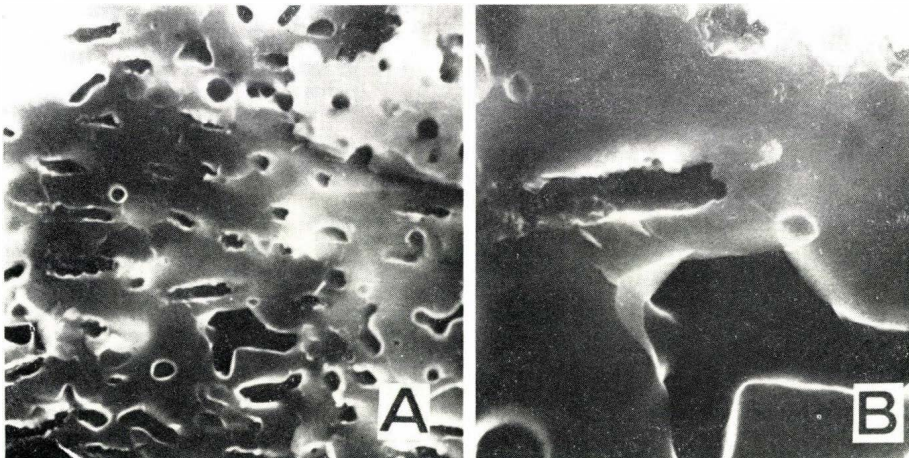
A = 300° C 1^h, nagyítás: 3 300 ×
 B = 500° C 1^h, nagyítás: 3 300 ×
 C = 700° C 1^h, nagyítás: 3 300 ×

D = 900° C 1^h, nagyítás: 11 000 ×
 E = 1000° C 1^h, nagyítás: 11 000 ×
 F = 1100° C 1^h, nagyítás: 11 000 ×

Table 3. The changes of dentin upon the effect of heat

A = 300° C 1^h, magnification × 3300
 B = 500° C 1^h, magnification × 3300
 C = 700° C 1^h, magnification × 3300

D = 900° C 1^h, magnification × 11 000
 E = 1000° C 1^h, magnification × 11 000
 F = 1100° C 1^h, magnification × 11 000



4. tábla

A dentin változása hő hatására

A = 1300° C 1^h, nagyítás: 3300 ×

B = 1300° C 1^h, nagyítás: 11 000 ×

Table 4. The changes of dentin upon the effect of heat

A = 1300° C 1^h, magnification × 3300

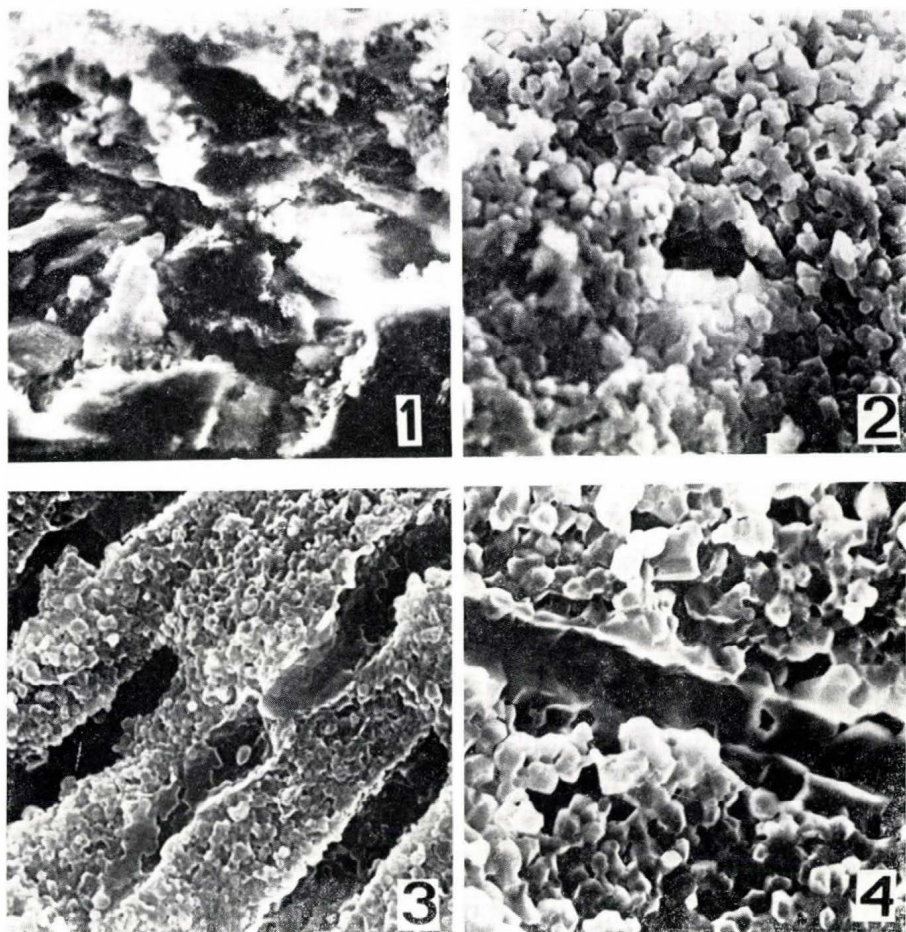
B = 1300° C 1^h, magnification × 11 000



5. tábla

Az issendorfi urnás temető fogletei. Makroszkópos felvétel

Table 5. The tooth finds of the Issendorf urn cemetery. Macroscopic photograph



7. tábla

Az issendorfi urnás temető fog-leletei

1 = I. 441 urna, zománc, nagyítás: 3 300 ×

2 = I. 441 urna, dentin, nagyítás: 11 000 ×

3 = I. 1839 urna, dentin, nagyítás: 9 500 ×

4 = I. 434 urna, dentin, nagyítás: 12 500 ×

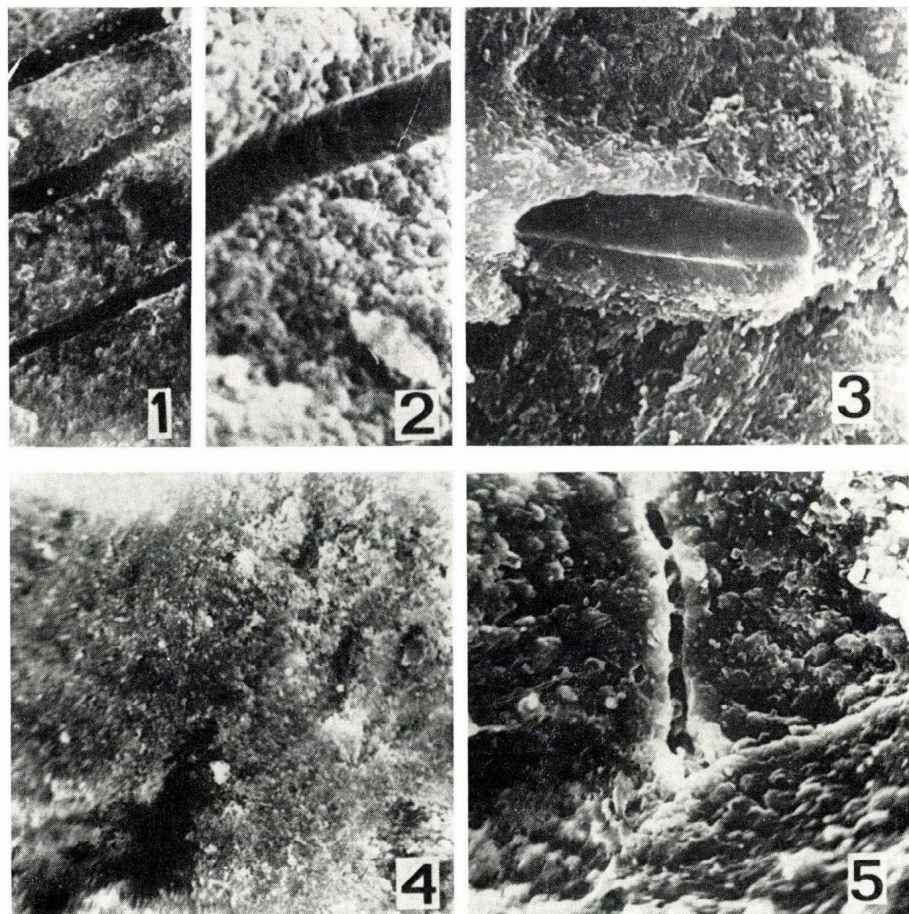
Table 7. The tooth finds of the Issendorf urn cemetery

1 = urn I. 441, enamel, magnification × 3 300

2 = urn I. 441, dentin, magnification × 11 000

3 = urn I. 1839, dentin, magnification × 9 500

4 = urn I. 434, dentin, magnification × 12 500



6. tábla

Az issendorfi urnás temető fogletelei

- 1 = I. 499 urna, dentin, nagyítás: 3300 ×
 2 = I. 499 urna, dentin, nagyítás: 11 000 ×
 3 = Kísérleti hevítés, 700° C 1^h, dentin, zona peritubularis, nagyítás: 11 000 ×
 4 = I. 1703 urna, zománc, nagyítás: 1100 ×
 5 = I. 434 urna, cement, nagyítás: 1100 ×

Table 6. The tooth finds of the Issendorf urn cemetery

- 1 = urn I. 499, dentin, magnification × 3 300
 2 = urn I. 499, dentin, magnification × 11 000
 3 = experimental heating, 700° C 1^h, dentin, zona peritubularis, magnification × 11 000
 4 = urn I. 1703, enamel, magnification × 1100
 5 = urn, I. 434, cementum, magnification × 1100

mányt elfolyósodott, gömbölyded, egyenetlen nagyságú lemezek, szemcsék alkotják.

1300 °C, 1^h

Makroszkópos változás: Az egész fog apró, porcelánfehér, teljesen sima felületű és porcelán csengésű töredékekké változott, egyes darabokon még felismerhető, hogy korona vagy gyökér részletei-e. A töredékek felülete üvegszerűen sima, melyen repedések sem szabad szemmel, sem lupe nagyítással nem láthatók. A nagyobb darabokon a beszűkült pulpakamra és gyökércsatorna maradványa besüppedés vagy nyílás formájában sejthető.

SEM:

c), d) A fog kemény állományának eredeti szerkezete teljesen felbomlott, a szervesetlen sók egyenetlen nagyságú gömbölyded képletekké olvadtak össze.

B. Az issendorfi urnatemető fogletelei

Az Issendorf helyiség (Kr. Stade, Alsó-Szászország, NSZK) határában feltárt és 3670 urnát magában foglaló temetkezési anyagból NEMESKÉRI J. bocsátott rendelkezésre hamvasztott fogakat, e szívességéért ezúton is köszönetet mondok. A temetőt TEMPEL (1972) az 1967–73. években tárta fel, a temetkezési idő tartama a késő császárkorra — kora népvándorlás-korra esik. Minden egyén maradványát külön urnában helyezték el, kivételesen fordult elő az, hogy újszülött (csecsemő?) csontmaradványa felnőtellel (anyjával) közös urnában került elhelyezésre. A temetőből származó csontváz- és fogazati maradványok egymástól különválasztva, megjelölt műanyag tartályban, vatta közé helyezve kerültek elküldésre. A rendelkezésre álló fogletelek száma kb. 300, ebből választottunk ki vizsgálat céljára olyan 20 leletet, amelyek az elsődleges, makroszkópos észlelés szerint kissé sötétebb, illetve világosabb szürkésbarna felületűek voltak, és ennek alapján „jól kiégetett”, ill. „kevésbé kiégetett” megjelölést nyertek. A 20 esetből két esetben tejfog, 18 esetben maradóg fog a vizsgálat anyaga.

Egy-egy urnából előkerült fogak súlya 0,3–2,3 g között változott, és a töredékes maradványok 1–2, ill. 7–9 fogból származhattak. A korona a gyökértől általában különvált, a koronák legtöbbször apró darabokra töredezett széjjel, vagy mély repedések által csaknem szétvált. Összefüggő állapotban, az eredeti alakot jobban megőrizve maradtak fenn a gyökerek, ezeknek felületét is körkörös és hosszanti lefutású, egyenetlen repedések tették tagolttá. A fogak kis-mennyiségű, hamujellegű amorf szemcsés törmelékekkel elegyedtek. Felületük színe a világos szürkésbarna és a közepes barnásszürke között váltakozott, esetenként foltos volt. Ennek a különbségnek alapján osztályoztuk az anyagot a jól és kevésbé kihevített csoportokba.

A 20 kiválasztott minta mindegyikét a kísérleti fejezetben leírtaknak megfelelően vizsgáltam meg, ugyanannak a fognak lehetőség szerint koronafelületét, zománcállományát, majd másik készítményben a gyökér felületét, a cementállományt, és harmadik készítményben a törés felszínét, a dentint vizsgáltam SEM módszerrel. Figyelemmel arra, hogy a leletek alaktani sajátosságaik szerint két eléggé jellegzetes csoportra oszthatóak, ezért részletesen csupán a mellékelt ábrákon is bemutatott 5 lelet vizsgálati eredményét ismertetem annak megjegyzésével, hogy a többiek is ezeknek feleltek meg.

Vizsgálati eredmények

I. 499. urna

Felnőtt személy 2–3 db metszőfog-maradványa, egy fog viszonylag összefüggő állapotban, a többi nagyon töredékes. Felszínük világos barnásszürke, repedezett.

SEM: A *zománcállomány* egyenetlenül rögzös, a képeken nem ítéltető meg határozottan, hogy a szerves anyag megolvadt-e. Számos helyen másodlagos szennyeződésre gyanús szemcsék fedik a felületet.

A *dentin* csatornái jól tanulmányozhatók, átmérőjük kb. 2 μ . A csatornák fala a törési felszínen a csatornák közötti állományhoz (intertubularis regio) képest kissé kiemelkedő. Az intertubularis dentin egyenetlen, lemezes, szemcsés felületű. A SEM-kép lényegében a 700 °C 1s hevítésű kísérleti fogak morfológiájával azonos, a szerves anyag só olvadása még nem észlelhető.

A *cement* másodlagos szennyeződések miatt korlátozottan tanulmányozható; amennyire megítélhető, szemcsés, egyenetlenül repedezett rögökből áll.

A hamvasztás *hőmérséklete* ≈ 700 °C.

I. 1703. urna

Tejfogtöredékek, a koronák viszonylag összefüggően maradtak. A zománc- és dentinállomány vizsgálható; *dentin*-lelete az I. 499. urnából származó anyaggal azonos.

I. 434. urna

Felnőtt 4–5 foga, töredékes állapotban, egy nagyörlőfog viszonylag épen. A felszín világos szürkésbarna, szürkén foltozott, egyenetlenül repedezett, a törési felszín világosszürke.

SEM: A *zománc* egyenetlen szemcsés táblák formájában szét tört, emiatt az eredeti szerkezet korlátozottan értékelhető, feltehető, hogy a kristályok olvadása megkezdődött.

A *dentin* jellegzetes csatornái jól megmaradtak, átmérőjük 1,8–2,1 μ . A szerves anyag lapos, sima felületű, legömbölyített sarkos, zömök kristályos lemezekké olvadtak. A hasábok együttesen őrzik a szövetcsatornák szerkezetét.

A *cement* egyenetlen, mélyreható repedések által tagolt, másodlagosan szennyezett, szemcsés felületű.

A hamvasztás *hőmérséklete* ≈ 900 °C.

I. 441. és I. 1839. urna

A mennyiségi különbségektől eltekintve elektronmikroszkópos vizsgálat során mindkét urnából származó fogleletek SEM-képe megfelelt az I. 434. jelzésű urna vizsgálatának.

Következtetések

1. Égetett fogleletek vizsgálatára a SEM nagyon alkalmas, jól felhasználható vizsgálati módszer. A képek kifogástalanul értékelhetők, a preparátumok viszonylag könnyen elkészíthetők. Kisméretű, töredékes fogrészlet is vizsgálható.

A zománc és a cement alapján korlátozottan, azonban a dentin sajátos szerkezetének felismerése útján biztosan megállapítható az, hogy a töredék anyag fog származéka.

2. A hevítéses kísérletek útján nyert tapasztalatok és standard képsorozat birtokában a jellegzetes SEM-képek lehetőségét nyújtják a hamvasztási hőmérséklet viszonylag pontos meghatározására.

3. A fog szövetlen állományából a dentin a magas hő hatásával szemben a leginkább ellenálló szövetfeleség. Ez a körülmény a dentin sajátos szerkezetével kapcsolatos, mivel ez az állomány a csatornák által jellemzett, és felépítettségében a lyukacsos szerkezetű téglához hasonlítható, amely közismerten nagyon ellenálló. Nem közömbös az sem, hogy a csatornák falát közvetlenül alkotó, ún. peritubularis zóna hypermineralisált, melynek keménysége, mechanikus ellenállóképessége nagyobb, mint az intertubularis állománynak.

A dentinnek a jól vizsgálható állapotban való megmaradását magyarázza az is, hogy ez az állomány alkotja a fog szövetlen összetevőinek legnagyobb hányadát. A zománc, mely átlagosan 0,5–2 mm vastagságú, már az életben is jelentős károsító hatásoknak kitett szövet, így pl. az élettani vagy kóros fogkopás, fogszuvasodás stb. a zománcállomány kisebb-nagyobb részletét pusztítja. Külső felülete másodlagosan is szennyeződik. A cement a fognyakat igen vékony rétegben fedi, itt csupán 15–60 μ vastagságú. A gyökércsúcs felé fokozatosan vastagabbá válik, a csúcson kb. 150–200 μ ; másodlagosan ugyancsak szennyezett. A zománc és cement felszínéről a másodlagos szennyező anyagokat mosással vagy egyéb módon eltávolíthatjuk ugyan, de féltő, hogy ezek az eljárások az eredeti szerkezetet, felületet megváltoztatnák. Ha dentin friss törési felületét vizsgáljuk, úgy a hevítéskor kialakult és változatlan szerkezeti sajátosságok észlelésére van módunk.

4. A szövetlen kristályok mikroolvadása a dentinben kb. 900 °C, a zománcban kb. 10000 °C hatására kialakul. Ez az olvadási hőmérséklet lényegesen alacsonyabb annál, mint amelyet a tiszta hydroxylapatit olvadási pontjaként ismerünk. Az olvadáspont-csökkenés oka az apatitban jelenlevő egyéb elemek hatása.

A mikroolvadás csak SEM-eljárással állapítható meg, mivel a felszínnek jellegzetes porcelánszerűvé válását még nem okozza, és klasszikus fénymikroszkópos módszerekkel az anyag alig vizsgálható.

5. Az olvadás, elfolyósodás ellenére, a dentin jellegzetes tubularis szerkezetét kb. 1100 °C hőmérsékleten még őrzi; olyan fogról, amelyet ilyen hőmérsékleten hevítettünk, még biztosan megállapítható eredete.

1300 °C hőmérséklet hatására a fog egyes töredékei makroszkóposan még esetleg felismerhető állapotban maradhatnak, a szövetlen sók azonban teljesen egybeolvadtak, összefolytak.

6. Ürnás temetkezésből származó fogletek vizsgálatára alkalmazva a SEM-módszert, kitűnt, hogy elsősorban a dentin a jól értékelhető vizsgálati anyag. A hamvasztásos hőmérséklet meghatározása céljából friss törési felületet kell megfigyelni.

7. Az Issendorf helységben levő lelőhelyről származó urnatemető 20 fogletének vizsgálata azt bizonyította, hogy az égetettség mértékére a felszín vizsgálatából alig lehet következtetni, mivel a világosabb vagy sötétebb szín másodlagos szennyeződés következménye lehet. A nem szennyeződött dentin állapota utal a hevítési hőfokra. Az issendorfi temető anyagában a hamvasztásos hőmérséklet 700 °C, ill. 900 °C lehetett, és ez az utóbbi hőmérséklet

egyezik WELLS (1965) megállapításával; szerinte az „optimális” hamvasztásos hőmérséklet 820 °C—900 °C között van.

8. A SEM-módszer bűncselekmények esetében is alkalmas fogazati maradványok vizsgálására; már kriminalisztikai jellegű tapasztalattal is rendelkezünk.

9. Égetett-hevített vázcsontok is alkalmasak SEM-vizsgálatra; a vázcsontokon tapasztalható alakotani jellegzetességekről más helyen számolunk be.

Összefoglalás

Szerző égetett-hamvasztott fogazati leletek scanning elektronmikroszkópos vizsgálatát végezte. Kísérleti hevítést alkalmazott 200 °C—1300 °C között, és a különböző hőmérséklet hatására létrejött, jellegzetes morfológiai változásokat írja le. A szerkezetet a cementállományban kb. 500 °C, a zománcállományban kb. 700°—900 °C hatására felbomlik. A dentin a canaliculi dentales által meghatározott struktúráját a szervesetlen sók megolvadása, 900°—1000 °C alkalmazása után is megtartotta. A fogak ásványi anyagai 1300 °C-nál jellegtelen, gömbölyded képletekké olvadnak. Standard képsorozat birtokában az Issendorf (NSZK) határában feltárt urnás temető fogleleteiből 20 esetet reprezentatív mintaként megvizsgált, és megállapította, hogy a hamvasztásos hőmérséklet a dentinből határozható meg, a kérdéses temető anyagában 700°—900 °C.

Felhívja a figyelmet a fogleletek SEM-vizsgálatának embertani és igazságügyi orvostani fontosságára.

*

(A Magyar Biológiai Társaság Embertani Szakosztályának 1976. március 8-i szakülésén elhangzott előadás; közlésre beérkezett 1976. június 24-én.)

IRODALOM

- AMPRINO, R. (1958): Investigations on some physical properties of bone tissue. — *Acta Anat.* 34: 161.
- ARENDDT, N. (1958): Studien an Zahn und Kieferresten aus Leichenbränder von spätkaiserlichen Urnenfeld Burg bei Magdeburg. — (Med. Dent. Diss. Humboldt Univ. Berlin.)
- BABY, R. S. (1954): Hopewell cremation practices. Ohio. — *Hist. Soc. Pap. in Archeol.* No. I.
- BÁNDI, G.—NEMESKÉRI, J. (1971): Das Bronzezeitliche Gräberfeld von Környe-Fácánkert. — *Alba Regia*, 11; 7.
- BERG, S. (1953): Medizinische Begutachtungsmöglichkeiten in Brandfällen. — Bericht über die 7. Kriminalistische Arbeitstagung, München 3—6. November. pp. 3—13.
- BOYDE, A.—LESTER, K. S. (1967): An electron microscope study of fractured dental surfaces. — *Calc. Tiss. Res.* 1; 122.
- (1967): Electron Microscopy of Resorbing Surfaces of Dental Hard Tissue. — *Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat.* 83; 538.
- BOYDE, A.—STEWART, A. D. G. (1962): A Study of the Etching of Dental Tissues with Argon Ion Beams. — *J. Ultrastruct. Res.* 7; 159.
- BREITINGER, E. (1959): Das Brandknochenmenge von Dauborn. — *Nassauische Annalen*, 65; 48.
- BURNETT, G. W.—ZENEWITZ, J. A. (1958): Studies of the composition of teeth. VII. The moisture content of calcified tooth tissues. — *J. dent. Res.* 37; 581.
- CHŒCHOL, J. (1958): Bisherige Ergebnisse einer anthropologischen Analyse der Lausitzer Brandgräber in den Böhmischen Ländern. — *Pamatky Archeol.* 49; 559.
- DOKLÁDAL, M. (1963): Ein Beitrag zur Identifikation von Leichenbränden. — *Anthropos* N. S. 7; 29.

- (1970): Ergebnisse experimenteller Verbrennungen zur Feststellung von Form- und Größenveränderungen von Menschenknochen unter Einfluß von hohen Temperaturen. — *Anthropologie*, 8; 3.
- FRANCHET, L. (1925): Sur la dissolution des os et des dents dans les sépultures préhistoriques. — *Revue Anthropol.* (Paris) 26; 25.
- FRICKE, W. (1960): Untersuchungen an Leichenbränden der Gräberfelder von Proszitz und Niederkaina. — *Arbeits- und Forschungsberichte zur Sächsischen Bodendenkmalpflege*. 7; 220.
- FURUHATA, T.—YAMAMOTO, K. (1967): *Forensic Odontology*. Thomas, Springfield.
- GEJVALL, N.-G. (1947): Bestämning av brända ben fran forntida gravar. — *Fornvännen*. 42; 39.
- (1960): Westerhus. Medieval population and church in the light of skeletal remains. — H. Ohlssons Boktryckeri. Lund.
- (1963): Cremations. In: BROTHWELL, D.—HIGGS, E. (Ed.): *Science in Archeology*. Thames and Hudson, London, pp. 379.
- GLADYKOWSKA-RZECZYCKA, J. (1976): Anthropological investigation on the bone remains from crematory cemeteries in Poland. — *Homo*, 25; 96.
- GRIMM, H. (1961): Der gegenwärtige Stand der Leichenbranduntersuchungen. — *Ausgrabungen und Funde* 6; 299.
- GRIMM, H.—THEIS, G. (1952/53): Anthropologische Untersuchungen am Leichenbrandinhalt von Urnen der frühen Eisenzeit aus Berlin-Britz. — *Wiss. Zschrft. d. Humboldt-Univ. Berlin, Math.-Naturwiss. Reihe*, 2; 85.
- GUSTAFSON, G. (1966): *Forensic Odontology*. Staples Press, London.
- HAJÓSSI, GY.—KOHÁRI, S.—BÓNA, K. (1956): The enamel and dentine of sound human teeth under the electron microscope. — *Acta Morph. Hung.* 7; 107.
- HARSÁNYI L. (1965): A csontváz orvosszakértői vizsgálatának egyes kérdései. (Kandidátusi értekezés. Budapest.)
- : Scanning electron microscopical investigation of thermal damage of the teeth. — *Acta Morph. Acad. Sci. Hung.* (Megjelenés alatt.)
- HARSÁNYI L.—FÖLDES, V. (1968): Orvosszakértői személyazonosítás. — *BM Tanulm. Ki-képz.-Csfsg.* Budapest.
- HARSÁNYI L.—SZUCHOVSKY GY. (1971): Igazságügyi fogorvostan. — *Egyetemi jegyzet. Föv. Nyomdaipari Váll.*, Budapest.
- HERRMANN, B. (1972): Das Combe Capelle-Skelet. — *Ausgrabungen in Berlin*. 3; 7.
- (1976): Neuere Ergebnisse zur Beurteilung menschlicher Brandknochen. — *Z. Rechts-medizin*, 77; 191.
- HIRANO, K. (1935): Studies on effect of heat on the tooth. I. Heating of human teeth. — *Kokubyo Gakkai Zasshi*. 9; 375.
- JANSEN, W. (1972): Issendorf — Ein Urnenfriedhof der späteren Kaiserzeit und der Völkerwanderungszeit. Teil I. Materialhefte zur Ur- und Frühgeschichte Niedersachsens. Heft. 6.
- JANSENS, P. A. (1970): *Palaeopathology*. J. Baker. London.
- JOHANSEN, E.—PARKS, H. F. (1962): Electronmicroscopic observations on sound human dentine. — *Arch. Oral. Biol.* 7; 185.
- KOHÁRI S.—BÓNA K. (1962): A fogzománc elektronmikroszkópos vizsgálata. — *Fogorvosi Szle* 55; 347.
- (1972): Az ultrastruktúra változásai a dentin pulpalis falon. — *Fogorvosi Szle* 65; 97.
- KLOIBER, A. (1942): Die anthropologische Auswertung des Leichenbrandes aus den Gräbern von Wien XI. Mühlsangergasse. — *Mitt. Anthrop. Ges. Wien*, 72; 298.
- (1956): Anthropologischen Untersuchung der urchenzeitlichen Leichenbrände von Linz-Schörghenhub und St. Martin bei Linz. — *Naturkundl. Jhb. d. Stadt Linz*, pp. 13—16.
- KOCH S.—SZTRÓKAY K. I. (1967): *Ásványtan*. — Tankönyvkiadó, Budapest.
- KOMORI, H. (1960): On the changes of the hard tissues of extracted human teeth under high temperature. — *Japanese J. Leg. Med.* 14; 17.
- LIPTÁK P. (1969): *Embertan és emberszármazástan*. — Tankönyvkiadó, Budapest.
- LISOWSKI, F. P. (1968): The investigation of human cremations. In: *Festschrift für Karl Saller*. G. Fischer, Stuttgart, pp. 76—83.
- LUNTZ, L. L.—LUNTZ, P. (1973), *Handbook for Dental Identification*. — Lipincott, Philadelphia, Toronto.
- MALINOWSKI, A.—PORAWSKI, R. (1969): Identifikationsmöglichkeiten menschlicher Brandknochen mit besonderer Berücksichtigung ihres Gewichts. — *Zacchia* 44; 392.
- MANNERBERG, R. (1951): Undersökning av kariesfria tänder utseende efter kremering. — *Odont. Revy*, 2; 67.

- MILES, A. E. W. (1967): Structural and chemical organization of teeth. — Acad. Press, New York, London.
- NEMESKÉRI, J.—HARSÁNYI, L. (1968): A hamvasztott csontvázletek vizsgálatának kérdései. — *Anthrop. Közl.* 12; 99.
- ROSATE, A. (1963): Variazioni della micridurezza nell'osso primario bovini di varia età. — *Arch. Putti Chir. Organi Mov.* 18; 391.
- SCHAEFER, U. (1960): Anthropologische Untersuchung der Leichenbrände aus dem westlichen Tumulus der Frehat an Nufégá bei Uruk-Warka. — *Abh. Dtsch. Orient. Ges.* 5; 31.
- SCHRANZ D. (1944): Törvényszéki stomatologia. — A szerző kiadása, Budapest.
- (1968): Igazságügyi orvostani és stomatológiai vizsgálatok a személyazonosság meghatározására. — *Doktori értekezés, Budapest.*
- SCHUMACHER, G.-H.—SCHMIDT, H. (1972): Anatomie und Biochemie der Zähne. — *Volk- u. Gesundh., Berlin.*
- SÓTONYI P. (1976): Scanning elektronmikroszkóp alkalmazásának lehetőségei az igazságügyi orvostan gyakorlatában. — *Morph. Ig. Orv. Szle.* 16; 93.
- TAYLOR, M. E. (1973): Scanning electron microscopy in forensic science. — *J. Forens. Sci. Soc.* 13; 269.
- TEMPEL, W. D. (1972): Weitere Untersuchungen auf dem sächsischen Urnenfriedhof von Issendorf, Kr. Stade. — *Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte* 41; 215.
- THEME, U. (1970): Über Leichenbranduntersuchungen. — *Neue Ausgrab. u. Forschungen in Niedersachsen.* 5; 253.
- VLČEK, E. (1956): Contribution à l'analyse anthropologique des sépultures incinérées. — *Archeol. Rozhledy* 2; 724.
- WELLS, C. (1960): A study of cremation. — *Antiquity* 34; 29.
- (1965): *Bones, Bodies and Diseases.* — F. A. Praeger, New York, Washington.

SCANNING ELECTRON MICROSCOPIC EXAMINATION OF TOOTH FINDS FROM CREMATION BURIALS

by L. HARSÁNYI

(Summary)

The author did scanning electron microscopic examination in burned—cremated tooth finds. He applied experimental heatings between 200°—1300° C, and describes the characteristic morphological changes ensued as a result of the various temperatures. The structure decomposes upon the effect of about 500° C in the cementum and upon that of about 700°—900° C in the tooth enamel. Dentin kept its structure even after the inorganic salts had melted, upon the application of 900°—1000° C. At 1300° C the mineral substances of the teeth melt into characterless globular formations. In possession of a standard picture series the author examined 20 cases, as representative samples of the tooth finds of the urn cemetery opened up in the neighbourhood of Issendorf (GFR), and found that the cremation temperature could be determined from the dentin, and that, in the material of the cemetery in question it was 700°—900° C.

He calls attention to the anthropological and forensic medical importance of the scanning electron microscopic examination of the tooth finds.

A szerző címe: DR. HARSÁNYI LÁSZLÓ
 Author's address: H—7643 Pécs, Szigeti-u. 12
 POTE Igazságügyi Orvostani Intézete