

## A CSONTVÁZLELETEK DEKOMPOZÍCIÓJÁRÓL

Irta: LENGYEL IMRE — NEMESKÉRI JÁNOS

A biológiai rekonstrukció keretében végzett kémiai-analitikai és paleoserológiai vizsgálatok eredményeinek értékelése sokban függ a csontvázleletek dekompozíciójának mértékétől. Jóllehet mindazok a vizsgálatok, amelyek a subfossilis csontok egyes alkotóelemeinek meghatározására — ABELSON (1), BARBER (3), COOK—HEIZER (10), ASCENSI (2), WEINER (29), — vagy a friss és fossilis csontok strukturális különbségeinek meghatározására — BARBOUR (4), SCHAFFER (26), — adott esetben az organikus alkotóelemek kvalitatív változásaira — WEINER (29), OAKLEY (28), LE GROS CLARK (14) —, az eltemetéstől eltelt idő meghatározására, azaz kronológiai kérdések eldöntésére szolgálnak — OAKLEY (23), BERG-SPECHT (5) — és végül a csontvázleletekből történő vércsoportmeghatározására vonatkoznak — GILBEY—LUBRAN (12), BOYD, BOYD—BOYD (6, 7), CANDELA (9), MATSON (18) GRAY (13), SMITH (27), LENGYEL—NEMESKÉRI (18), LENGYEL (17) — azok közvetve vagy közvetlenül a dekompozíció hatásmechanizmusára keresnek választ. Abban az esetben, ha makroszkopikus vizsgálaton túlmenően a paleopathológiai vizsgálatok a kóros folyamatok okozta strukturális változásokat is igyekeznek meghatározni, úgy az ismét a dekompozícióval függ össze — MOODIE (20), LENGYEL—NEMESKÉRI (18), LENGYEL (17).

Éppen azért, mert a kémiai-analitikai, paleoserológiai és bizonyos vonatkozásban a paleopathológiai kutatásokban oly meghatározó tényező a csontvázleletek állaga, foglalkoznunk kell a dekompozíció mibenlétével (a) — a rothadás, a korhadás és a természetes mummifikálódás folyamataival; a dekompozíciót meghatározó hatótényezőkkel — biológiai, kémiai, fizikai — (b); és azokkal a dekompozíciós fázisokkal, amelyek a dekompozíció mértéke megállapításának alapjául szolgálhatnak (c).

A dekompozíció fogalma és mibenléte. A dekompozíció fogalma alatt mindazon biológiai, kémiai, fizikai folyamatok összességét értjük, amelyek következtében a tetem feloszlik, részben, vagy egészben megsemmisül. Attól függően, hogy a biológiai, kémiai, fizikai miként és milyen feltételek között jutnak érvényre aszerint beszélhetünk rothadásról, korhadásról és természetes mummifikálódásról. Miután közleményünk elsősorban is a prehisztorikus és hisztorikus időben eltemetettek csontvázleleteinek dekompozíciós problémáival kíván foglalkozni, ezért csak röviden érintjük a rothadással kapcsolatos jelenségeket és változásokat, — miután az elsősorban is igazságügyi orvostani kérdés — mintegy a korhadást megelőző folyamatok szakaszt.

Rothadás alatt azt a lebomlási folyamatot értjük, amely a hullajelenségekhez csatlakozva a szöveti fehérjéknek mikroorganizmusok hatására követ-

kezik be. Lényegileg az erjedéssel rokon redukációs folyamat, amelyet a rothasztó bacteriumok hoznak létre (15). A rothadás feltételei: megfelelő hőmérséklet, elegendő nedvesség és elegendő levegő ( $O_2$ ). Legkedvezőbb a rothadáshoz, ha a környezet 25–35° C között van. Alacsonyabb hőmérsékleten a rothadás meglassul, 0–1° C-nál teljesen megszűnik. Hasonlóképpen 35° C feletti hőmérsékleten a rothadás lelassul és 55–60° C-nál megszűnik, ugyanis akkor már a mikrobák elpusztulnak. A nedvesség ugyancsak nagy jelentőségű a rothadás szempontjából. Nedvesség hiányában a rothasztók elpusztulnak, a tetem kiszárad. Temetetlen hulla esetében a rothadás igen gyorsan következik be, koporsóban és mélyen eltemetett tetemek rothadása lassú (28). GENERSICH (11) szerint humuszban a teljes rothadás néhány év, sírokban 1–25 év alatt megy végbe. A rothadásban szerepet játszó hatótényezőket az alábbiakban majd még részletezzük.

**K o r h a d á s.** Mindazokban az esetekben, amikor a hullai rothadáshoz szükséges előfeltételek egyike, vagy másika hiányzik, lassú intenzitással előrehaladó, az előbbtől biokémiai lényét illetően is különböző korhadási folyamat zajlik le. A korhadás során a bakteriális enzimtevékenység hiányzik, helyette az önemésztődési folyamatok és a gombák (penészgombák) szerepe kerül előtérbe. A dekompozíciónak a rothadást követő fázisa, ekkor már a lágyrészek nagyrészt elpusztultak, vagy csak nyomokban mutathatók ki. A környezet kémiai és fizikai feltételeinek a támasztószövet részleges, vagy közel teljes megsemmisülését eredményezheti. A korhadás folyamata a rothadáshoz viszonyítva általában lassúbb folyamat, adott körülmények között azonban igen gyors is lehet. Az alábbiakban a dekompozícióknak — azaz a rothadásnak és korhadásnak hatótényezőit ismertetjük, olyformában, hogy abból hatásmechanizmus menete is egységesen bontakozzon ki (21).

**T e r m é s z e t e s m u m m i f i k á l ó d á s.** A korhadásnak módosult változata, amikor is a magasabb hőmérséklet és a levegő páratartalmának szegénysége következtében a tetem teljes kiszáradása következik be. A tetem kiszáradásához bőséges levegőre, jó szellőzésre van szükség, amikor a levegő csökkent páratartalma mellett a rothadás meglassul, a nedvesség az egész hulla felületéről párolgni kezd és ez lehetővé teszi a kiszáradást — mummifikálódást. Ugyanez bekövetkezhet alacsonyabb hőmérsékleten, amikor száraz levegő áramlik be azon helyre, ahol a tetem elhelyezést nyert. Mummifikáció szabad levegőn kívül bekövetkezhet sírban is, elsősorban is laza homokos talajban, amelyet jól átjár a levegő, amely jól szívja fel a levegőt. Kedvező feltételek mellett a természetes mummifikáció 2–3 hónap alatt következhet be (Palermóban levő kapucinusok kriptájára, vagy a magyarországi pápai volt bencés kolostor kriptájában levő mummifikált tetemekre elegendő utalunk).

### A dekompozíció hatótényezői

**I. Biológiai hatótényezők.** A biológiai hatótényezők két csoportra különíthetők, úgymint *a*) endogén biológiai hatótényezők — ezalatt értjük a tetem belső bomlási folyamatait, az autolysist — pontosabban az autodigestio post mortalist; *b*) exogén biológiai hatótényezők — a talaj flórájának — mikroorganizmusainak tetemre gyakorolt hatásai. Az alábbiakban az említett biológiai hatótényezőket és azok hatásait külön tárgyaljuk.

*a*) Az autolysistnek először a szervezet magas oxigén igényű sejtjei és szövetei esnek áldozatul. A támasztószövetek fehérjéit viszonylag ez még

kevésbé érinti. Megemlítendő, hogy az autolysis okozta permeabilitás változás kapcsán az interstitialis folyadékból kalcium áramlik a sejtekbe. Ez egyrészt intracellularisan az alvasztó fermentumok aktivizálódásához, másrészt az interstitialis folyadék kalcium szintjének csökkenéséhez vezet, mely utóbbi a csont alapállományában levő apatit-szerű kristályrendszerek külső folyadékburkában elektrostatikus változásokat okoz. A csontszövet alapállományának fehérjéi közül ekkor még a kollagén típusú scleroproteinek resistensebbek, mint az egyéb fehérjeféleségek. A litoproteinek, a muco- és glicoproteinek hosszú láncai kisebb molekulású egységekre hasadnak szét. *b)* A tetem steril önemésztődés kémiai jellegét a talajban levő rothasztó bacteriumok fermentatív működése változtatja meg: az erjedéssel kapcsolatos redukciós folyamatok alakítja át. A rothasztó bacteriumok nagyobb része anaerob, ún.: *Bacillus putrificus verrucosus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium tertium* és *Bacillus cereus*, stb. A rothasztók kisebb csoportja aerob, ún.: *Proteus vulgaris*, *Proteus Zopfii*, stb.

A bacteriumok okozta proteolysis és bomlás következtében ammónia, kénhidrogén, széndioxid, illó zsírsavak, vajsavak, leucin, triosin, mercaptanok; indol, scatol, stb., továbbá hullai alkaloidák, ún. ptomainok keletkeznek. Figyelemre méltó, hogy a fenti bacteriumok közül a *Clostridium tertium*, *Clostridium perfringens* és a *Bacillus fulminans* enzimatisz tevékenysége kapcsán a szervezet vérsoport specifikus anyagainak polisacharida részéből l-fukoze molekulát hasít le, s az A., B. csoporttulajdonságokat O-ra változtatja, illetve *Clostridium perfringens* az A. csoporttulajdonság helyébe aspecifikus panagglutinációt okoz.

A protolysis kapcsán felszabaduló ammóniát a talaj nitrifikáló, illetve nitro-bacteriumai salétromsavvá oxidálják. Ez savanyú karakterénél fogva egyrészt dekalcináló hatást fejt ki a csontokra és denaturálja az alapállományukban még meglevő fehérjéket, másrészt a különböző talajkomponensekkel sókat képezve, növeli vízdékonyságukat. Így közvetve megemeli a talajvíz lokális ásványagtartalmát. A lágyszövetek rothadása tehát megváltoztatja a csontok kémiai szerkezetét és dekalcináló hatása révén porotikusá teszi alapállományukat.

Az endogén biológiai behatásokra létrejövő dekompozíció üteme függ a tetem víz- és zsirtartalmától, a halál okától; az exogén biológiai behatások a környezetben jelenlevő bacteriumok fajtájától, fermentatív tevékenységük aktivitásától, mely utóbbi többek között a környezet hőmérsékletének a függvénye. A rothadás menete tehát esetenként is nagyon különböző lehet.

**II. Kémiai hatótényezők.** A tetem szerves anyagainak dekompozíciójában a kémiai hatótényezők elsősorban is mint exogén eredetű behatások érvényesülnek. Az exogén eredetű hatótényezők közül első helyen kell említenünk a talaj komponenseit és másodsorban a talajvíz vegyhatását. I. W. CORNWALL (24) beosztását elfogadva a természetes talajban a következő fő alkotó elemek fordulnak elő s ezek döntőek a lezajló folyamatokban.

I. Fémek: ferro- és ferri — vas, alumínium, mangán, calcium, magnézium, nátrium, kálium és néha aminogyök.

II. Savmaradékok: carbonát, klorid, szulfát, foszfát, nitrát.

III. Organikus hulladékanyagok.

IV. Oldhatatlan, indifferens komponensek; szilícium, ásványi szilikátok, szabad szén.

A talajban a hullai rothadás folyamán olyan kémiai rendszer alakul ki, amelynek egyik tagja a bomló szervezet és a csontok, a másik pedig a talaj. Ebben a rendszerben a kémiai reakció valamennyi főbb típusa térben és időben egymás mellett zajlanak le. Ezekben a reakciókban fontos a tényező kiindulási termékek koncentrációján kívül a környezet hőmérséklete, mint a reakciósebesség egyik szabályozója, a katalizátorok jelenléte és az időfaktor. A folyamatok egy részében dinamikus egyensúlyi állapot alakul ki, míg a másik részükben az egyensúlyra vezető reakció valamelyik talajeredetű kiindulási termék koncentrációjának növekedése, vagy a csonteredetű bomlástermékek koncentrációjának csökkenése miatt válik teljessé. Végeredményben a csontok eredeti kémiai alkotóelemeinek mennyisége csökken, a kémiai szerkezete részben átalakul, illetve új, csontidegen anyagok inkorporálódnak, pl. Ca, H, Na, Stroncium, vagy bármilyen más penetrábilis kation; a foszfát, a karbonát, a hidroxilgyököket a fluorid helyettesítheti. Az eltűnő szerves alapállomány helyét pedig ásványi praecipitátumok, mint pl. a  $\text{CaCO}_3$ , vasoxid, vagy szilikátok foglalhatják el.

III. Fizikai hatótényezők. Miközben a tetem lágyrészei elbomlanak, a lezajló kémiai folyamatok következtében a csontok állaga megváltozik — porózusabbá válik. E fázisban kapcsolódnak a dekompozíció menetébe legszembetűnőbben a talaj és a környezet fizikai tényezői, sajátos tulajdonságai. A csontszövet porózus alapállományának lyukacsai a kapillaritás törvényeinek értelmében talajvízzel, vagy talajléggel telítődnek. Az évszakok változásaival párhuzamosan a talaj nedvességtartalmának, illetve a környezeti hőmérséklet ingadozásainak hatására a csontok talajvízben áznak, illetve megfagynak, vagy átmelegszenek. Ezek a fizikai hatások szoros összefüggésben állanak a sírgödör mélységével és a talaj fiziko-kémiai tulajdonságaival. Mivel a talaj hőmérsékleti viszonyai függenek a felszíntől mért réteg mélységétől, a talaj porozitásától, szintétől és a külső makro- illetve mikro-klimatikus viszonyoktól, ezért a csontok megtartási állapotában a fizikai hatótényezők minél alaposabb megismerésére kell törekednünk. A sírgödör mélységén kívül a csontok megtartási állapotában fontos tényező annak a környező terepalakulatokhoz viszonyított helyzete is.

A biológiai, kémiai, fizikai hatótényezőkkel egyenértékű az időfaktor szerepe is. Az idő, mint tényező kétféle értelemben is értelmezendő. Egyfelől az eltemetésétől számított időtartam, másfelől az időtartam alatt a felszínen (a felszín kopása — relatíve a sírok felszínhez való közelebb jutása, vagy feltöltődés esetén a sír mélységének növekedése) bekövetkező terepváltozások is, valamint a növényi kultúrák változása is időben szerepet játszó tényező. Az időfaktor szorosan kapcsolódik a dekompozíció mértékének megítéléséhez szempontjából a talajféleségekkel is. Attól függően, hogy hordalékos, görgeteges, homokos, agyag, barlangi kitöltés, egykori alluvialis feltöltés, márga, gránitos, bazaltos, dolomitos, talajféleségekről van szó, aszerint a dekompozíció mértéke igen eltérő mértékű és irányú lehet. A dekompozíció végeredményben oly komplex hatások összessége, melyek következtében a csontok kémiai struktúrelemei leépülnek, vagy kiáramlanak a csontokból és végül új alkotóelemek — csontidegen — inkorporálódnak a csontokba. Éppen ezért hogy az a csontokból a talajba, illetve talajból a csontokba történő anyagáramlásokat meg tudjuk határozni, talajvizsgálatokat és modellkísérleteket kell végeznünk, a dekompozíció hatásmechanizmusának megközelítésére.

A kevert talajok fizikai vizsgálatát összetételük megközelítő pontosságú meghatározásával kezdjük. A vizsgálatot Kühne-féle iszapoló hengerben végeztük. A talaj pórusvolumenének meghatározását a legnagyobb vízkapacitás mérése végett, vízmegkötő képességét pedig a legkisebb vízkapacitás mérése végett határoztuk meg. Eszközök hiányában eddig még nem végeztük el a talaj kapillaris felszívó képességét, valamint lég- és folyadék permeabilitását.

A talaj kémiai próbái közül szerves anyagtartalmának meghatározása céljából az alábbi vizsgálatokat végeztük:

1. Össz N meghatározás: ez tájékoztatást nyújt arról, hogy a talaj szerves szennyezettsége milyen fokú. Ez a szennyezettség nem utal még arra, hogy azt a talaj mennyire dolgozta fel.

2. Szerves kötésű N meghatározása: Kjeldhal-módszere szerint.

3. Szerves kötésben levő szén meghatározása: a vizsgálat elvi alapja, hogy a szerves kötéseket kénsavval roncsoljuk, majd, K-bicromáttal a  $\text{CO}_2$ -á oxidált karbonát mennyiségét mérjük meg.

4. Szabad ammónia meghatározás: 24 órás áztatás után a talajmintáról leszűrt vizes oldathoz Nessler-reagenset adunk. Mennyiségi meghatározásra e módszer nem alkalmas.

5. Szulfidek meghatározása: foszforsavval megsavanyított talajpróba párlatát jód-oldatban elnyelve vizsgáljuk a keletkező jód-hidrogén mennyiségének mérése alapján.

Az *Alsó-némedi* (Pest m. — rézkor) (16, 21, 22), *Keszthely-Dobogó* (Veszprém m. — késő-rómaiakor) (25, 22), és *Tiszanána* (Heves m. honfoglaláskori) (22) lelőhelyek talajainak vizsgálata kapcsán bakteriológiai vizsgálatot is végeztünk. Erre a célra részben organikus táptalajt (agar-lemezt) részben anorganikus táptalajt (kovasavkocsonya és anorganikus oldatok keverékét) használtunk fel. Vizsgálataink elsősorban is tájékozódó jellegűek voltak még és eredményeink is csak fenntartással értékelhetők. Mindhárom esetben identifikálni tudjuk *Bac. mycooides-t*, *Bac. mesentericus vulgaris-t*, *Bac. subtilis-t*, *Streptothrix* és *Proteus*-féleségeket.

Annak eldöntésére, hogy a talajban lejátszódó dekompozíciós folyamatok kémiai folyamatai miként mennek végbe, azoknak mintájára modellkísérleteket végeztünk. Első lépésben a különböző nem kevert talajféleségeket kémiai egységekre bontottuk fel:

Kvareszemcsék —  $\text{SiO}_2$

Földpátok — Na—K—Al-szilikát

Muskonit — kálicsillám

Biolit — vas-magnezium csillám

Agyag — márga — víztartalmú Al-szilikátok kolloidális keveréke

Dolomit — szénsavas mész és szénsavas magnesia keveréke

Limonit — víztartalmú vasoxihidroxidok

Pirit —  $\text{FeS}_2$

Gipsz —  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Apatit — fluor — klór és hidroxid tartalmú kalciumfoszfát

Szikes talaj — konyhasó, szóda, glaubersó, keserűs.

A felsorolt kémiai hatóanyagokkal töltött kísérleti tubusokban friss, honctermi, mechanikusan megtisztított csontanyagot helyeztünk el, majd a

szükséges és feltételezett nedvességtartalom biztosítása mellett 56° C-ra beállított paraffin-kályhában incubáltuk. Vizsgálati csontanyagunkat 10, 20, 50 és 100 nap múlva az ásatag csontanyagoknál alkalmazott kémiai-analitikai, serológiai és histológiai vizsgálatoknak vetettük alá. Eddigi tapasztalatainkat összegezve megállapíthatjuk, hogy ezekben a modellkísérletekben elsősorban a közeg vegyhatása és a különböző sók cserző, impregnáló hatása jutott kifejezésre. Ezek mellett a talajban lejátszódó biológiai és fizikai folyamatok háttérbe szorultak. Terveink szerint, eddigi tapasztalataink alapján modellkísérleteinket módosított formában, a komplexhatások reprodukálása céljából fogjuk folytatni.

A dekompozíció, mint az az előbbiekből kitűnik, bonyolult folyamat, amelyet a hatótényezők intenzitásának igen változó volta, az idő- és talaj okozta más tényezők befolyásolhatnak — adott esetben meglassíthatnak, más esetekben rendkívüli mértékben meggyorsíthatnak. Éppen ezért a csontvázleletek kémiai, histológiai vonatkozású „állag” megállapításában nagyfokú körültekintés és óvatosság ajánlatos. Erre azért is kell a figyelmet felhívni, mert pl. a vércsoport meghatározások értékelésében elsősorban is a dekompozíció mértékét és az egyes hatótényezők okozta változások milyenségét és irányát kell ismerni. Hogy ez mennyire igaz, annak igazolására megemlítyük, hogy egy magyarországi X.—XI. századi temető (Tengelic — Tolna m.) csontvázleleteinek<sup>1</sup> fluoreszcens ellenanyag módszerrel történt vércsoport meghatározása egységesen „B” vércsoporthoz való tartozást eredményezett. Kontrollvizsgálat során derült ki, hogy a pseudo-agglutinációt egy növény gyökérrostjai által termelt aspecifikus anyag okozta. Ezek a gyökérrostok sűrűn átszőtték a felszín közelében a talajt és körülfonták az igen felszínes helyzetű sírok csontjait. Jó példa ez arra, hogy a dekompozíciós hatások a legváratlanabb formákban jelentkezhetnek. Mérlegelve tapasztalati eredményeinket, modellkísérleteinket, a csontvázleletekre vonatkozóan az alábbi dekompozíciós fázisokat különítettük el, s amelyek egyben kémiai, hisztológiai vonatkozásokban fejezik ki a csontok megtartási állapotát.

### I. Fázis:

*Hisztológiai status:* még a klasszikus hisztomorfológiai módszerekkel a sejtes struktúra is kimutatható (eldifferenciálhatók a csontsejtek egyes típusai: osteocyta, — blast, — clast).

*Kémiai status:* a csontszövet kémiai összetételét még csak postmortalis autodigestio hatása érinti. A csontok állaga változatlan.

### II. Fázis:

*Hisztológiai status:* a sejtstruktúra már nem észlelhető. A csontsejtek lacunai már üresek; kollagén rostozat még ezüsttel impregnálható; az oszeon rendszer érintetlen.

*Kémiai status:* exogén hatások következtében a vízdékony szerves és szervetlen anyagok szintje csökken jelentősen. A kollagén és a resistens protein tartalom lényegesen nem változik. A Ca, P, Mg, CO<sub>3</sub> tartalom lassú és kisfokú csökkenése észlelhető. A csontok kissé merevebbek.

<sup>1</sup> K. Éry Kinga 1960. évi ásatása.

### III. Fázis:

*Hisztológiai status:* a kollagénrostok feltöredeznek, egyenetlenül festődnek? az osteon rendszer érintetlen.

*Kémiai status:* a kollagén tartalom csökken, megindul a resistens protein mennyiségi csökkenése is. A szerves anyagok mennyisége is lényegesen esik, új, csontidegen anyagok beáramlása észlelhető a környező talajból. A csontok egyedi tényezőktől, halálkori körülményektől és a dekompozíció első fokozatában lezajlott változásoktól függően kezdenek porotizálódni, vagy-még változatlan megtartásúak.

### IV. Fázis:

*Hisztológiai status:* A kollagén rosttöredékek és az alapállomány szervesen sőkkel kezd impregnálódni, az osteon rendszer érintetlen.

*Kémiai status:* a kollagén tartalom igen alacsony, megindul az egyes aminosav-csoportok relatív gyökeinek a lekötése, lebomlása. A vízdékony fehérjék már nem mutathatók ki. A talajból beáramló szerves anyagok nagymérvű felhalmozódása miatt már nem lehet különbséget tenni a csontidegen és az endogén eredetű Ca, P, CO<sub>2</sub> sók között. A csontok porozitása növekszik, csak bizonyos hányaduk jó megtartású.

### V. Fázis:

*Hisztológiai status:* az osteorendszer még felismerhető, de eredeti egysége megbomlott.

*Kémiai status:* a szerves anyagok csak nyomokban találhatóak. A csont és környezete között lezajló kémiai reakció egyensúlyi állapotban jutott. Ez a teljes mineralizáció, vagy másként fossilizáció szakasza, amelyben a csont felszínén kialakult, megkövesedett réteg, kéreg kémiai összetételét illetően már nem változik, csak a vastagsága nő igen lassan az idő függvényében. A csontszövet mélyebb rétegeinek kémiai állandóságát pedig a stabil kérgi zóna védi. Esetenként a mineralizáció, azaz a felszínen a kéreg kialakulása már a IV. fázisban is bekövetkezik.

A dekompozícióra kidolgozott fázisok közül a II. fázisban dől el, a külső körülményektől függően, hogy a folyamat a továbbiakban a rothadás, vagy a korhadás formájában zajlik-e le. Attól függően, hogy a hullai rothadáshoz szükséges biológiai és fizikális tényezők mennyi ideig hatnak, illetve, hogy közülük melyik, vagy melyikek hiányoznak, a rothadásos és korhadásos hullai bomlási folyamatok között számtalan átmeneti, közti forma lehetséges. Nagyban komplikálja a bomlásfolyamatok rendszerezésének kérdését a talaj és a tetem közt kialakuló kémiai (vegyhatás, ásványi sók, stb.) és biológiai (talajflóra, fauna) kölcsönhatása is. Az utóbbi kategóriába sorolt dekompozíciót a „kevert” típusú, post mortalis leépülésnek nevezhetjük. Ennek illusztrálására az alábbiakban ismertetjük egy Magyarországon feltárt „kevert” típusú post mortalis leépülés esetét.

1964-ben<sup>2</sup> *Sárospatakon* (Borsod-Abaúj-Zemplén m.) az ottani plébánia templom rekonstrukciós munkálatai közben, a jelenlegi padlószintet elbontva, két méteres feltöltést követően a XVIII. században még használatban volt

<sup>2</sup> Molnár Vera muzeológus ásatása. Szíves közléseiért ezúton fejezzük ki köszönetünket.

## A dekompozíció mértékének alakulása őskori

Vizsgált leletek, sorozatok	A gyűjtött leletek, sorozatok általános adatai			A vizsgált csontalkotó ele	
	Gyűjtő, ásató neve	Gyűjtés, ásatás ideje	Lelet- sorozatok egyedeinek száma (N)	Citrát- tartalom súly %	+Ca- tartalom súly %
1. Recens, honctermi leletek	Lengyel J.	1962—1963	229	100,0	100,0
Archanthropus: 2. Pithecanthropus erectus III.	J. H. R. von Koenigswald		1	89,3	—
3. Soloman IX.	F. Weidenreich		1	105,8	—
Őskor: Alsónémedi (Pest m.) Rézkor	Korek J.— Párducz M.	1948—1949	57	45,2	60,7
Római kor Keszthely—Dobogó (Veszprém m.) I. u. IV—V. szd.	Sági K.	1959—1963	116	39,4	84,0
Középkor: Sopronkőhida (Győr-Sopron m.) I. u. IX. szd.	Szőke B.— Török Gy.	1951, 1956—1960	145	42,2	82,0
Tiszanána (Heves m.) I. u. X. szd.	Szabó J.— Dienes I.	1958, 1960	33	45,5	78,6

padlószintet érték el, amely alatt számos kriptá volt kiképezve. A kripták fedőlapjai képezték legnagyobb részben a padlószintet. A kripták közül 1964-ben — a munkálatok kezdetén — hármat bontott fel a bizottság; ezek közül egyesek többszintűek voltak. A feltárt három kriptá egyikében eltemetett *Kossuth András* koporsóját és tetemét tártuk fel. A feltárt kriptá levegőjének páratartalma igen magasfokú volt; a levegőjárata igen mérsékelt és a kriptá



leleteken és magyarországi leletsorozatokban

mek %-os csökkenése a recens csontalkotó elemekhez viszonyítva			Megállapított dekompozíciós fázis	Megjegyzések, utalások
++CO <sub>2</sub> -tartalom súly %	PO <sub>4</sub> -tartalom súly %	Csontkollagén (BC) tartalom súly %		
100,0	100,0	100,0	—	
74,1	—	11,3	V.	Az osteon rendszer még felismerhető, de eredeti egysége megbomlott. A szerves anyagok nagyfokú leépülése és mennyiségi csökkenése miatt vércsoport meghatározást nem tudtunk végezni.
68,3	—	12,5	V.	Az osteon rendszer még felismerhető, de eredeti egysége megbomlott. A szerves anyagok nagyfokú leépülése és mennyiségi csökkenése miatt vércsoport meghatározást nem tudtunk végezni.
84,4	14,8	19,4	IV.	A kollagén rosttörödékek és az alapállomány szeretlen sőkkel kezd impregnálódni, az osteon rendszer érintetlen. A csontanyagon a vércsoport meghatározás feltételei mind az elméletben, mind a gyakorlatban adva vannak.
59,6	22,3	33,7	III.	A kollagén rostok feltöredeznek, egyenetlenül festődnek; az osteon rendszer érintetlen. A csontanyagon a vércsoport meghatározás feltételei mind az elméletben, mind a gyakorlatban adva vannak.
31,7	25,5	52,6	III.	A kollagén rostok feltöredeznek, egyenetlenül festődnek; az osteon rendszer érintetlen. A csontanyagon a vércsoport meghatározás feltételei mind az elméletben, mind a gyakorlatban adva vannak.
74,2	15,5	70,5	II.	Sejt struktúra már nem észlelhető. A csontsejtek lacunái már üresek; kollagén rostozat még ezüsttel impregnálható; az osteon rendszer érintetlen. A csontanyagon a vércsoport meghatározás feltételei mind az elméletben, mind a gyakorlatban adva vannak.

+ CA és PO<sub>4</sub> meghatározáshoz: A csontok CA és PO<sub>4</sub> tartalma a talajnak, mint kémiai környezetnek az összetételétől, a talajvíz mennyiségétől és az eltemetéstől eltelt időtől, mint „reakció idő”-től függ. Táblázatunkban mutatózó, a történeti idővel nem lineáris összefüggést mutató eredményeink magyarázatául, fenti megjegyzésünkre hivatkozunk.

++ CO<sub>2</sub> meghatározáshoz; a szerves és szeretlen kötésekből CO<sub>2</sub> gyökök felszabadítása és a gázformában távozó CO<sub>2</sub> mennyiségi meghatározása számunkra komoly methodikai problémát jelent. Eppen ezért módszerünket is gyakran változtattuk. Így elsősorban csak az egyes temetőknél belül, mint teljes sorozatokon, kapott vizsgálati eredményeinket hasonlítjuk össze.

padozatának ugyancsak magas nedvesség tartalma volt. *Kossuth Andrást* a XVIII. században történt eltemetéskor vastagfalú koporsóban helyezték el, amely szálasan korhadt volt a feltárás időpontjában. A tetemet posztóruha fedte — ennek egyes részei megmenthetőek voltak. A posztó felsőruha alatt durva, lenvászonból készült halotti ing nagyrészt jó állapotban került feltáráásra. A fennmaradt csontváz antropológiai értelmű megtartási állapota „igen rossz”, — a csontváz legnagyobb része elporladt — különösen a koponya — csupán egyes hosszúsúcsontok proximalis apiphysisei maradtak fenn. Az alábbiakban adjuk *Kossuth Andrást* teteméből származó csontminta kémiai és szerológiai vizsgálatának eredményeit, amely a páradús levegőn lezajló „kevert típusú” dekompozíciónak a példája.

**Ma k r o s z k ó p o s a n:** a csont nedves tapintatú, sötétbarnás-szürke, késsel könnyen vágható, viaszlagyságú anyag. A mállékony, tömött csontmintán semmiféle szerkezet, trabecularis struktúra nem ismerhető fel.

**Hisztológiailag:** a szokásos eljárásokkal (H. e., Azan, Schmorl) halványan festődő, a jellegzetes szöveti képet nem mutató, szerkezet nélküli, homogén metszet. Ezüsttel impregnálható kollagén rostozat nem látható. Feltűnő az amorf állományú metszet egész területét dúsan átszövő mycelium hálózat. A myceliumok continuális és rekeszes hyphákból állanak. A hypha fonalak mentén conyidiumok, zygo- és sporangiosporák láthatók.

#### K é m i a i l a g:

##### Víz-tartalom:

Súlycsökkenés	105° C-on	42,04	súly %
	450° C-on	9,13	súly %
		+51,17	súly %

##### Szerves anyagok:

Vízoldékony szerves frakció:	9,03	súly %
a Protein-polysacharida complex:	4,95	súly %
Kollagén:	4,00	súly %
Resistens protein:	0,71	súly %
Lipidek (alacsony J. számú zsírok):	6,41	súly %
Citrát:	1,30	súly %

##### Szervetlen anyagok:

Ca:	4,45	súly %
P (szervetlen):	2,57	súly %
P (szerves):	3,68	súly %
CO <sub>3</sub> (össz.):	6,30	súly %
SO <sub>4</sub> (össz.):	2,50	súly %
MC:	103	mikro Mól/kg

A vizsgálati eredményekből megállapítható, hogy az ilyen típusú dekompozíció eredményeként a csontok szervetlen anyagai kifejezetten megfogynak, a víz-tartalom megnő, a szerves anyagok pedig nagyrésztben csontidegen gomba, bacterium, stb. eredetű anyagokkal cserélődnek ki. A vércsoport a csontanyagból nem volt biztonsággal meghatározható, mert bár a végzett fluoreszcens antitest methodus és a Boyd—Candela módszer AB-re utal, véleményünk szerint az aspecificus, panagglutináció, a magas, exogén prot.-polysacharida tartalom miatt.

A következőkben az *Archanthropus* fokozatba tartozó két leletnek, a *Pithecanthropus erectus* III és a *Solo Man* IX<sup>3</sup>, valamint négy magyarországi teljes feltárású temető — *Alsónémedi* (Pest m.) — rézkor (16, 21, 22), *Keszthely-*

<sup>3</sup> J. H. R. von Koenigswald professzor volt szíves csonttöredék átengedésével lehetővé tenni az elemzést. Köszönetünket ezúton fejezzük ki.

Dobogó (Veszprém m.) — késő római kori<sup>4</sup> (25), Sopronkőhida<sup>5</sup> (Sopron m.) — IX. szd., Tiszanána (Heves m.) — honfoglalás kori, X. szd.<sup>6</sup> (22) kémiai-analitikai és paleoszerológiai vizsgálatai alapján táblázatosan közöljük azok dekompozíciós fázisokba történt sorolását, (1. számú táblázat) és azok indokolását.

A két *Archanthropus* fokozatba tartozó leletnek kémiai-analitikai vizsgálata elsősorban is arra utal, hogy igen nagy fokú a szervesetlen eredetű, csontidegen anyagok inkorporálódása, a szerves anyagok leépülése és mennyiségi csökkenése. A csontkollagén mennyiségi csökkenése szolgálhatja a hisztomorfológiai statussal együttesen az alapot az V. dekompozíciós statusba való sorolásnak.

A rézkori sorozatunk a IV. dekompozíciós fázisnak felel meg, ezt elsősorban a csontkollagén mennyisége, valamint a hisztológiai status — a kollagén rosttörödékek — igazolják.

A késő római kori és IX. századi (avar—frank—szláv) sorozataink együttesen a III. dekompozíciós fázisba tartoznak. A hisztológiai statuson kívül a kémiai-analitikai elemzésnek citrátra és a PO<sub>4</sub>-re vonatkozó eredményei is igazolják. A honfoglalás kori sorozatunk a II. fázisú dekompozíciónak felel meg. A magas csontkollagén mennyiség és a kollagén rostozatnak ezüsttel impregnálható volta az alapja elsősorban is a fázis besorolásnak, de a kémiai-analitikai értékek is részben ezt támasztják alá.

A csontvázletek dekompozíciójára vonatkozó vizsgálatok két jelentős vonatkozásban szolgáltatnak tanulságot. A tetem dekompozíciójának folyamata igen sok tényezőtől befolyásolt (a) és a dekompozíció hatásmechanizmusa ma még csak körvonalaiiban ismeretes (b). Éppen ezért, vizsgálataink jelen állásánál arra kell szorítkoznunk, hogy a dekompozíciónak, mint vizsgálati eredményeinket befolyásoló ható tényezőnek a kiküszöbölését érjük el. Ezt úgy érjük el, hogy a prehisztorikus és hisztorikus korokból származó csontanyag esetén, azonos dekompozíciós hatásoknak kitett, azaz ugyanabból a korból, azonos klímaviszonyok közül és azonos talajból feltárt teljes temető valamennyi egyedének, anatómiaiilag azonos csontjából vett részletét vizsgáljuk át. Mivel egy-egy teljes temető vizsgálati sorozatának minden tagját azonos irányú és intenzitású dekompozíciós hatások érték, ezért kémiai-analitikai vizsgálati eredményeit, ugyanazon temetőn belül — bizonyos határok között — viszonyíthatjuk egymáshoz. A bizonyos határok közötti megjegyzésünk arra vonatkozik, hogy az elhalálózás életkorától, az egyedi haláloktól, konstitúciótól függően a dekompozíció kezdeti szakaszán — a tetem rothadásakor — a biológiai hatótényezők igen radikális érvényesülése mellett egy temetőn belül is lehetnek az általánosan meghatározott dekompozíciós fázistól eltérő dekompozíciójú egyedek. Gyakorlatilag ez annyit jelent, hogy anatómiai értelemben és kémiai-analitikai állagát tekintve jó megtartású csontvázlet mellett lehet oly egyén csontvázlete, amely anatómiai, antropológiai megtartási állapota szerint „rossz megtartású” — korhadék — és kémiai-analitikai dekompozíciója is eltér a teljes sorozatra megállapított dekompozíciós fázistól. Meggondolásaink szerint ez lehetőségét adhatja a jövőben végzendő vizsgálataink során, hogy ily alapon is közelítsünk meg bizonyos paleopathológiai statusokat. Vizsgálatai eredményeink egyben annak igazolását is szolgáltatják, hogy a kémiai-analitikai és hisztológiai vizsgálatok során nyert eredményekből

<sup>4</sup> Sági Károly, Keszthelyi Balatoni Múzeum igazgatójának ásatása.

<sup>5</sup> Török Gyula, Történeti Múzeum Régészeti Tára munkatársának ásatása.

<sup>6</sup> Dienes István, Történeti Múzeum Középkori Osztálya munkatársának ásatása.

a dekompozíciós fázist illetően a csontkollagén mennyiségi csökkenése, leépülése és a kollagén rostozatnak a hisztológiai statusban megállapított jellege a döntőek. A kémiai-analitikai vizsgálatok citrátra, Ca, CO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, Mg-ra megállapított eredményei a dekompozíciós fázisokat illetően csak másodlagos értékűek, ugyanis ezek jobban a talajkörnyezet (talajvíz magassága, mennyisége, stb.) tényezőitől függőek. Az időfaktor tekintetében is a csontkollagén a jó jelző.

Végezetül arra kívánjuk felhívni a figyelmet, hogy a perspektivikus antropológiai vizsgálatok eseteiben a csontvázleletek „megtartási állapotát” illetően kettős megnevezés bevezetése ajánlatos. Az anatómiai, antropológiai értelmű megtartási állapot kifejezések — jó, kielégítő, rossz, vizsgálatra alkalmatlan — elsősorban a csontvázakat ért mechanikai destrukciók (talajnyomás, állati eredetű rágás, növények gyökerei okozta feszítés, feltárás során történő csákány, lapát okozta ütés, vágás, stb.) következményei, természetesen minél magasabb fokú a dekompozíció annál nagyobbfokú a destrukció is. Lehet azonban ennek ellenkezője is, amikor a csontvázlelet kitűnő megtartású és a dekompozíciója magas fokú — a kémiai-analitikai és szerológiai vizsgálatok csak részleges eredményeket szolgáltatnak. Mindebből következik, hogy a jövőben a destrukciónak és dekompozíciónak megfelelően ajánlatos a csontvázleletek állapotát megadni. Ezek adott esetben fedni fogják egymást, de lehetnek egymástól eltérők is. A dekompozíciós fázisok fejezik ki a csontvázleletek kémiai-analitikai, hisztológiai és paleoszerológiai állapotukat.

### Összefoglalás

1. A kémiai-analitikai és paleoszerológiai vizsgálati eredmények értékelésének alapja a dekompozíció mértékének ismerete.

2. A vizsgálatok jelen állásánál a dekompozíció hatásmechanizmusa — a tetem rothadásától a korhadáson keresztül a teljes megsemmisülésig csak körvonalaiban ismeretes. A hatótényezők — biológiai, kémiai, fizikai — minél alaposabb megismerése érdekében modellkísérleteket végeztünk.

3. A dekompozíció folyamatában öt fázist különítettünk el, megadva azok hisztológiai és kémiai kritériumait, a hullai rothadástól a teljes megsemmisülésig, illetve a fossilizációig.

4. A dekompozíciós fázisok elkülönítésében a csontkollagén mennyiségi csökkenése, leépülése, valamint a kollagén rostozat histomorfológiai állapota (ép, impregnálható, feltöredezett, rostmaradványok) kitűnő indikátorok. A szervesetlen és más szerves kötésű csontalkotó elemek mennyiségi változásai a talajkörnyezettől függőek és éppen ezért a dekompozíciós fázisok elkülönítésében alárendelt jelentőségűek.

5. Két *Archanthropus* lelet, valamint 4 magyarországi leletsorozatnak (rézkori, késő-római, középkori, honfoglaláskori sorozatok) határoztuk meg általános dekompozíciós fázisukat. Ennek figyelembevételével volt lehetséges az egyedi viszonyítás pl. a nem-életkormeghatározásban, továbbá egyes kóros jelenségek vizsgálatában.

6. Az I., II., III. és IV. fázisban levő csontanyagban a vércsoportmeghatározás feltételei mind elméletben, mind gyakorlatban adva vannak.

7. A csontvázleletek megtartási állapotát kívánatos a jövőben a destrukció és dekompozíció mértéke szerint — kettős megnevezési rendszerben megadni.

8. A vizsgálatok még nem lezártak, a dekompozíciós fázisoknak további és finomabb bontása lehetséges. A csontkollagénnre vonatkozó további vizsgálataink és modellkísérletek erre irányulnak.

#### IRODALOM

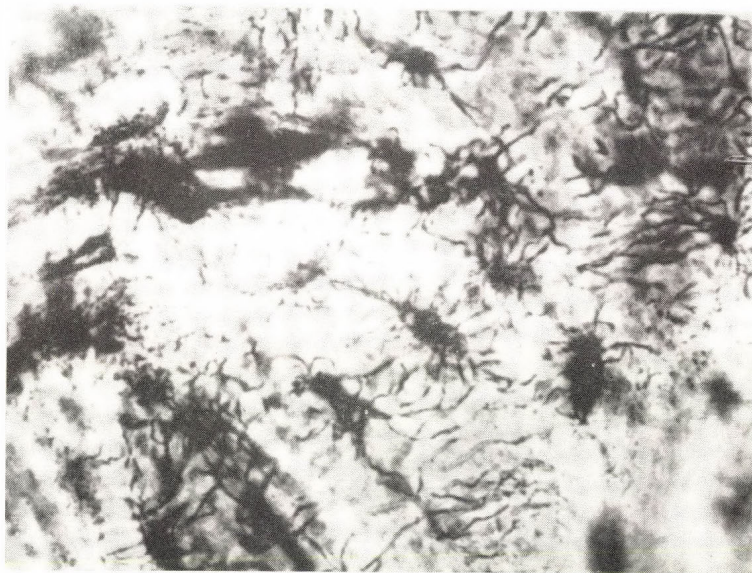
1. ABELSON, P. H.: Paleobiochemistry. (Carnegie Inst. Washington, Yearbook, 53, 1954, pp. 97–101.)
2. ASCENZI, A.: Same histochemical properties of the organic substance in Neanderthal bone. (Amer. J. Phys. Anthropol. N. S. 13, 1955, pp. 557–566.)
3. BARBER, E. C.: Growth inhibition in bone and bone marrow following treatment with adrenocorticotropin. (Endocrinology, 43, 1948, pp. 422–429.)
4. BARBOUR, D.: Bone salt metabolism in human studied by means of radiocalcium. (Acta med. scand. 1958, pp. 143–150.)
5. SPECKT, W. und BERG, S.: Eine neue Technik als naturwissenschaftlicher Beitrag zur Datierung historischer und subfossiler Knochenfunde. (Technische Beiträge zur Archäologie T. 1959, pp. 81–103.)
6. BOYD, W. C.: Blood grouping by means of preserved muscle. (Science, 78, p. 578.)
7. BOYD, W. C. and BOYD, L. C.: Group specification of dried muscle and saliva. (J. Immunology, 26, 1934, pp. 489–494.)
8. BROTHWELL, D.: Digging up Bones. (British Museum — Natural History, 1963, p. 194.)
9. CANDELA, P. B.: Reliability of blood tests on bones. (Amer. J. Phys. Anthropol., 27, 1940, pp. 367–381.)
10. COOK, S. F. and HEIZER, R. F.: The calcium and nitrogen contents of human bone tissue cleaned by micro-dissection. (Southwestern J. Anthropol., 9, 1953, p. 231.)
11. GENERSICH, A.: A holttest jelenségeiről és a személyazonosságról. (in. Belky, J.: Törvénytörési orvostan) 1895, p. 275.)
12. GILBEY, B. E. and LUBRAN, M.: The ABO and RH blood group antitigens in Predinastic Egyptian mummies. (Man, 30, 1953, p. 23.)
13. GRAY, M.: A method for reducing non specific reactions in the typing of human skeletal material. (Amer. J. Phys. Anthropol. N. S. 16, 1958, pp. 135–139.)
14. LE GROS CLARK, W. E.: Re-orientation in physical anthropology. In: The scope of physical anthropology and its place in academic studies. (Eds. D. F. Roberts and J. S. Weiner. Published for the Society for the Study of Human Biology by the Wenner Gren Foundation. London, 1955, p. 127.)
15. HARANGHY, L.: Általános kórtan. (Budapest, 1963, p. 125.)
16. KOREK, J.: Ein Gräberfeld der Badener Kultur bei Alsónémedi. (Acta Arch. Hung. 1, 1951, pp. 35–51.)
17. LENGYEL, I.: Contribution à l'analyse histologique, serologique et chimique combinée des os et des dents en Archéologie. (Bull. du Group. Int. pour la Recherch. Scient. en Stomatologique. 2, 1964, pp. 182–206.)
18. LENGYEL, I. and NEMESKÉRI, J.: Application of Biochemical Methods to Biological Reconstruction. (Z. Morph. Anthropol., 54, 1963, pp. 1–56.)
19. MATSON, G. A.: A procedure for the serological determination of Blood relationship in ancient and modern peoples with special reference to the American Indians. II. Blood grouping in mummies. (J. Immunol., 30, 1936, pp. 459–470.)
20. MOODIE, R. L.: Paleopathology an introduction to the study of ancient evidences of disease (Illionis, 1923, p. 567.)
21. NEMESKÉRI, J.: Anthropologische Untersuchungen der Skelettfunde von Alsónémedi. (Acta Arch. Hung., 1, 1951, pp. 55–72.)
22. NEMESKÉRI, J. and LENGYEL, I.: Újabb biológiai módszerek a történeti népességek rekonstrukciójában. (M. T. A. Biol. Tud. Oszt. Közl., 6, 1963, pp. 33–357.)
23. OAKLEY, K. P.: Analytical methods of dating bones. (Advancement of Science. London, 11, 1955, pp. 3–8.)
24. PROKOP, O.: Lehrbuch der gerichtlichen Medizin. (Verlag Volk und Gesundheit. Berlin, 1960, pp. 81–98.)
25. SÁCI, K.: Die spätrömische Bevölkerung der Umgebung von Keszthely. (Acta Arch. Hung., 12, 1960, pp. 187–256.)
26. SCHAFFER, M.: Demographische Beobachtungen an der Wikingerzeitlichen Bevölkerung von Haithabu, und Mitteilung einiger pathologischer Befunde an den Skeletten. (Z. Morph. Anthropol., 47, 1955, pp. 221–228.)
27. SMITH, M.: The blood groups of the ancient dead (Science, 131, 1960, pp. 699–702.)
28. SOMOGYI, E.: Igazságügyi Orvostan. (Medicina, 1964, p. 523.)
29. WEINER, J. S. and OAKLEY, K. P. and LE GROS CLARK, W. E.: The solution of the Piltdown problem. (Bull. Brit. Mus. — Nat. Hist. Geol., 2, 1953, pp. 141–146.)

## LA DÉCOMPOSITION DES TROUVAILLES D'OS

J. LENGYEL et NEMESKÉRI

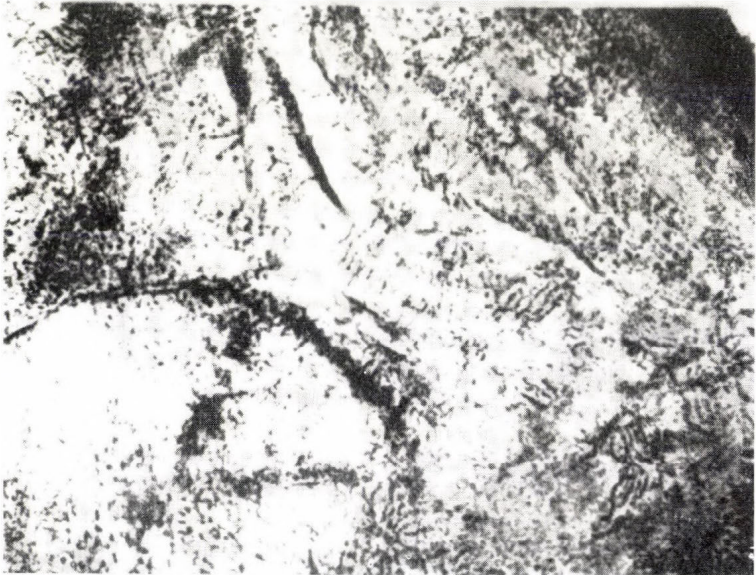
Les auteurs traitent la question de la décomposition du corps humain après l'inhumation. En passant en revue les facteurs biologiques, physiques et chimiques de la décomposition, distinction est faite entre la putréfaction et la pourriture des cadavres. En outre de la condition de conservation des trouvailles de squelettes anthropologiques il est recommandé de déterminer la mesure de la décomposition. Des examens comparatifs ont été conduits concernant les matières organiques et anorganiques les plus importantes depuis le paléolithique inférieur jusqu'à l'époque de la conquête arpadienne sur les séries de lieux de découverte majeurs. Sur la base des examens comparatifs les auteurs distinguent six phases de la décomposition. Plus basse la quantité du collagène osseux et moins vraisemblable la détermination des groupes sanguins de l'os.

I. tábla



1. Recens csontanyag; kombinált Schmorl-zink-1. reakció. A centrális Havers-csatorna körül szabályos elrendezésű csontsejtek; jól kirajzolódó lamellaris rendszer — 2. Dekompozíció első fázisa: a sejtek festhetősége (peroxidase reakció készsége csökkent)

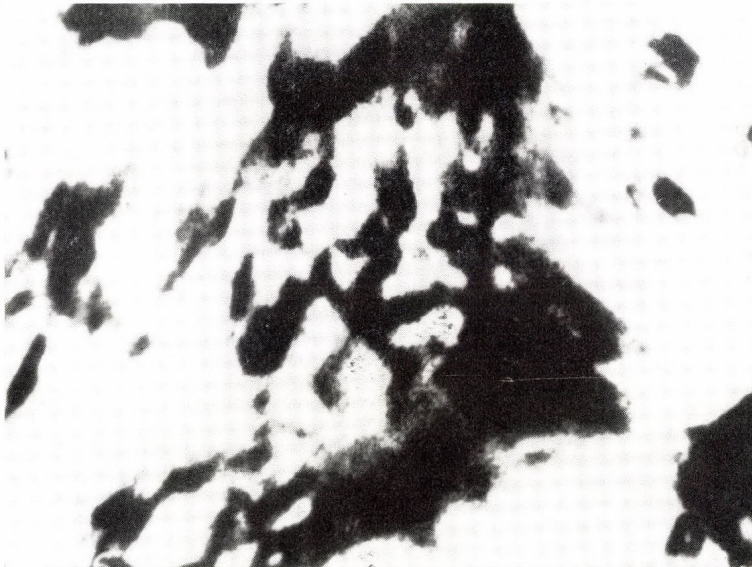
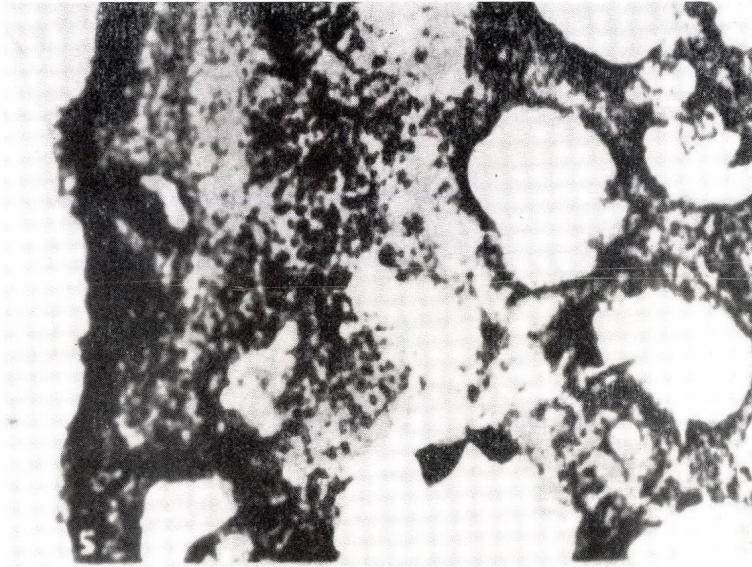
II. tábla



3. Dekompozíció második fázisa: a sejt struktúra már nem észlelhető, a csontsejtek lacunai üresek; kollagén rostokat ezüsttel még impregnálható; az osteon rendszer érintetlen —  
4. Dekompozíció harmadik fázisa: a kollagén rostok feltöredeztek; egyenlőtlenül festődnek; az osteon rendszer érintetlen



III. tábla



5. Dekompozíció negyedik fázisa: a kollagén rosttöredékek és az alapállomány szer-  
vetlen sókkal kezd impregnálódni; az osteon rendszer érintetlen — 6. Dekompozíció ötödik  
fázisa: az osteon-rendszer nyomokban még felismerhető, de eredeti egysége megbomlott

