

LATHYRISMUS A KÖZÉPKORBAN?

¹Józsa László és ²Fóthi Erzsébet

¹Országos Traumatológiai Intézet, Budapest

²Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest

Józsa, L. and Fóthi, E.: *Lathyrism in the Middle Ages? Bones from the Sarmatian period are always in fragmentary condition and the cause of it is un-known. Three samples (each archaeological sample from Sarmatian and Hungarian Conquering Period of Tiszafüred-Nagykenderföldek cemetery and recent sample) were analysed by microscopic morphometry, polarized microscopy and electron microscopy. Differences were found in the structure of collagen of the three samples, which might be related to the diet.*

Keywords: *Sarmatian bones; Bad condition; Collagen structure; Diet.*

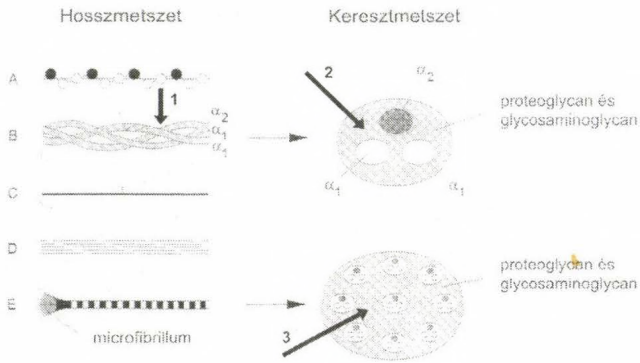
Bevezetés

A földbe temetett vázmaradványok megtartási állapotát számos exogén (klimatikus viszonyok, a talaj kémhatása, mikroorganizmusok, a talaj vízszintje, sírmellékletek stb.) és endogén (szeptikus betegségek, vitaminhiány, csontritkulás stb.) faktor befolyásolja (Henderson 1987, Kerr 1991, Renfrew és Bahn 1999). Azokban az esetekben, amikor a jó megtartású vázak között egy-egy erősen morzsalékony, porlékony maradványt találnak, felmerül az egyedi sajátosság lehetősége. A régészek és antropológusok előtt jól ismert, hogy a szarmata sírokban talált csontok rendkívül rossz megtartásúak, töredezettek. A csaknem általános megfigyelésre kielégítő magyarázat nincsen. Egyesek „osteoporosisnak” tulajdonítják, mások felvetik, hogy a tetemeket cserzett állatbőrbe varrva hantolták el, esetleg valamilyen sóval, vagy savas anyaggal kezelték. A szövettani és elektronmikroszkópos megfigyelések mellett szólnak, hogy a szarmatának tartott csontmaradványok mikrostruktúrája nem kóros, az eltéréseket nem ezen a nagyságrendi szinten kell keresnünk. A csont kollagénvázának molekuláris és szupramolekuláris eltérései számos genetikai betegségben (osteogenesis imperfecta, achondroplasia, Marfan-kór) kimutathatók, azonban ezekben a makrostruktúra is eltér a normálistól, továbbá elképzelhetetlen, hogy egy populáció valamennyi tagja öröklődő betegségben szenvedjen. Nem zárható azonban ki, hogy egy adott népcsoport egyedeinek többségén szerzett rendellenesség keletkezzék.

Munkahipotézis

1) A csont minőségét, biomechanikai tulajdonságait a kollagén minősége határozza meg (Boskey és mtsai 1999). A kollagén-fehérje szintézisének menete ismert, ahhoz számos komponens (C vitamin, réz, mangán stb.) szükséges (Minor 1980), ezek hiánya a fehérjemolekula rejtett vagy manifesztálódó eltérését okozhatja.

2) A kollagén triplahélix két $\alpha 1$ és egy $\alpha 2$ fehérjemolekulát tartalmaz, a három fibrilláris protein-láncot mukoid-burok veszi körül (1. ábra). A változó számú „becsomagolt” triplahélix láncok egy másfajta, kémiaailag eltérő glikozaminoglikán kötőanyag közvetítésével tropokollagén molekulákká állnak össze és ezek az egységek extracellulárisan protofibrillumokká rendeződnek (Józsa és Kannus 1997).



1. ábra: I típusú érett kollagén rost sematikus képe.

Figure 1: A schematic figure of a mature type I collagen fibril.

A= aminosavak kapcsolódása egy α -láncban. B és C= három kollagénlánc alkot egy jobbra csavarodó tripla hélix kollagén molekulát. Az α -láncokat vékony rétegben proteoglycan (PG) és glycosaminoglycan (GAG) veszi körül. A kollagén molekulák tropokollagén molekulákká illetve microfibrillumokká kapcsolódnak össze. E= kollagén rost. A microfibrillumokat PG és GAG veszi körül. Nyilak jelzik a lehetséges hibahelyeket: 1= keresztkötéseknél; 2= a microfibrillumokat burkoló PG- és GAG-rétegben; 3= a microfibrillumokat rosttá összefogó PG- és GAG-rétegben.

A= Amino acids join to form an α -chain. B and C= three α -chain coil to form the right-handed triple helix of a collagen molecule. The α -chains are surrounded by a thin layer of proteoglycans (PG) and glycosaminoglycans (GAG). D= the collagen molecules link to form a tropocollagen molecule or microfibril. E= The striated collagen fibril. The microfibrils are surrounded by PG and GAG. Arrows show the places of error's possibility: 1= at crossing links; 2= in the layer of PG and GAG surrounding the microfibrils; 3= in the layer of PG and GAG holding together the microfibrils in the fibril.

3) A kollagénrostok rendellenessége adódhat egyfelől a fehérjemolekulák (α -láncok) aminosav-összetételének (hidroxiaminosavak és egyéb aminosavak arányainak eltolódása), valamint a triplahélix mukoid komponenseinek eltéréseiből. Ezek az anomáliák legegyszerűbben a szolubilis és nem oldódó kollagén arányainak változásaiból mutathatók ki (Banga 1966). A mukoidok aminosav, cukor, aminocukor, uronsav stb kvantitativ anomáliái nemcsak kémiai, hanem polármikroszkópos eljárásokkal is detektálhatók (Romhányi 1962).

4) A triplahélix fehérjeláncainak belső kötési a kollagénrost mechanikai tulajdonságaiért „felelősek”. A hidroxil-kötések számának növekedése fokozza a rost szakítási és elaszticitási szilárdságát, megfogyatkozásuk ugyanezen tulajdonságok csökkenését eredményezik.

A fentebb számbavett molekuláris és szupramolekuláris eltérések vizsgálatára, egyben a mikrostrukturális változások kimutatására legegyszerűbb és legmegbízhatóbb morfológiai technika a mennyiségi polarizációs mikroszkópia. A topooptikai reakciók

segítségével feltárhatók a molekula kémiai és fiziko-kémiai sajátosságai, egyben az is megállapítható, hogy az esetleges defektus a kollagénrost melyik nagyságrendi szintjén (molekuláris, szupramolekuláris, szubmikroszkópos vagy mikroszkópos) mutatkozik. Ezeket szem előtt tartva végeztük vizsgálatainkat kvantitatív polármikroszkópos, elektronmikroszkópos, fénymikroszkópos és morfometriás eljárásokkal (Józsa és mtsai 1984).

Anyag

A) A szarmata eredetűnek tartott törmelékes csontok a Tiszafüred-Nagykenderföldek temető 8. sírjából származnak.

B) Ugyanezen temetőben feltárt jó megtartású vázrészecskék 10–11. századiak és a 127. sírból valók. A két mintát úgy választottuk ki, hogy azonos nemű és korú egyénektől legyenek (mindkettő 40–44 év között elhunyt férfié) és a temetőben egymás közeléből, hasonló mélységből, azaz hasonló talajból kerüljenek ki.

C) Friss bonctermin anyagból (30–40 életéve között baleset miatt elhunyt, ám a boncolás bizonyossága szerint idült szervi betegségben nem szenvedett két-két férfi és nő teteméből) vett csontminták.

Módszerek

Mikroszkópos morfometria: A csontmintákat pufferolt (pH 7,4) 6 %-os formalinban rögzítettük. Víztelenítés után araldit műgyantába (Durcupan ACM) ágyaztuk be. A Reichert K típusú nehézmikrotómmal készült metszeteiket 0,1 %-os toluidinkék oldattal festettük meg. A hisztomorfometriai mérések komputeres képelemző eljárással, speciális program felhasználásával történtek. A Parfitt és mtsai (1997) által kidolgozott, nemzetközileg elfogadott paraméterek közül az egységnyi csonttér fogatban helyetfoglaló trabeculák arányát (Bv/Tv [Bone volume/Trabecular volume], egysége: %) és a csontgerendák vastagságát (TbTh=trabecular thickness, egysége: μm = mean trabecular plate thickness in μm) határoztuk meg. Számos osteológiai érték (osteoid volumen, osteoclast surface, osteoclast index stb.) csak recens csontokon határozható meg, a corticalis vastagság pedig csak egyes mintákon volt mérhető. A Bv/Tv index alapján a csontritkulás vagy hyperostosis bizonyítható, ill. kizárható, a TbTh érték pedig a szivacsos állomány strukturájára ad felvilágosítást.

Polarizációs mikroszkópos eljárások: A fixált csontdarabokat EDTA oldatban mélytelenítettük, felszálló alkoholos víztelenítés után paraffinba ágyaztuk. A 10 μm vastag sorozatmetszeteken, 2–2 preparátumon, az alábbi topooptikai reakciókat végeztük el:

a) Rivanol precipitációs reakció, gumiarábikummal lefedéssel (Romhányi 1962), amely a kollagénbe beépült mukoid (glikozaminoglikán) savi komponenseinek (karboxil, szulfát-csoport) mennyiségére ad felvilágosítást.

b) Anilin-kanada lefedés és az Ebner-féle fenol-kanada kötődési reakció (a fenol töménységét 0,5 %-tól 10 %-ig fél százalékanként emelve) a kollagén fehérje és polisaccharida kötés minőségére nyújt adatot (Scheuner és Hutschenreiter 1972).

c) Acetilálás utáni anilin-kanada reakcióval (alapkontrollként kanada-balzsamos lefedés) a triplahélix intermolekuláris hidroxil-kötéseinek száma detektálható.

d) Toluidinkékes anizotróp festés pH 2,4; 3,4; 4,4; 5,4; 6,4; 7,4-es pufferolt festékkoldattal (Romhányi 1962). A különböző pH-tartományokban végzett toluidinkék reakcióval a glikozaminoglikánok szulfatáltságára következtethetünk.

A kettőtörést, illetve az egyenirányúsított fény útkülönbségét részben gyári készítésű (Carl Zeiss Jena) kompenzátorral ($\lambda/4$), valamint a Pécsi Orvostudományi Egyetem Patológiai Intézete által előállított és hitelesített kompenzátorral (20 nm) mértük. A kvantitatív vizsgálatok monokromatikus vörös fényben, Amplitval (Carl Zeiss Jena) mikroszkóppal történtek.

A fentiekén kívül Masson-trikróm és pikrosziriusz festésű metszeteket készítettünk, fénymikroszkópos megfigyelésre.

Elektronmikroszkópos módszerek: A csontrészeket pH 7,4-es kakodiláttal pufferolt glutáraldehidben fixáltuk 48 órán át. A pufferos kimosást követően felszálló alkoholsoron víztelenítettük, majd kritikuspont szárítóval (Balzers Liechtenstein) exsiccaltuk. Felületüket arany-réteggel vontuk be, vizsgálatuk és fényképezésük Tesla BS 300 típusú pásztázó elektronmikroszkóppal történt.

Eredmények

1) *Szövetteni megfigyelések:* A fénymikroszkópos képből nem mutatkozott kóros eltérés a törmelékes, a jó megtartású és a recens csontok között.

2) *Hisztomorfometriai adatok:* A csonttérfogaton belüli trabecula térfogat (Bv/Tv) a recens csontban 24,62, a jó megtartású honfoglalás kori csontban 24,52, a törmelékes, szarmata kori csontokban 23,92 % volt. A trabeculák átlagos vastagsága (TbTh) pedig 45,87 μm , 47,35 μm , illetve 45,77 μm -nek bizonyult. Sem a Bv/Th, sem a Tb/Th értékek között nem mutatkozott matematikaig értékelhető különbség (1. táblázat). Ez arra utal, hogy a különböző mintákban az osteodenzitás (a csontállomány) lényegében azonos, függetlenül a feltaláláskor mérhető ásványi anyag tartalomtól.

1. táblázat. A csontminták hisztometriai értékei.
Table 1. Histometrical values of the bone samples.

Anyag	Bv/Tv (%)	SD	TbTh (μm)	SD
Recens csont – Recent bone	24,62	$\pm 2,88$	45,78	$\pm 8,65$
Ásatag ép csont – Healthy archaeological bone	24,52	$\pm 2,52$	47,35	$\pm 8,20$
Ásatag töredékes csont – Mouldy archaeological bone	23,92	$\pm 2,88$	45,77	$\pm 7,18$

3) *A kvantitatív polármikroszkópos eredmények.* A rivanol reakciónál a recens csonton -10,3 nm, az ép ásatag anyagon -11,0 nm, a töredékes mintában -6,8 nm útdifferenciát mértünk (2. táblázat). Ez úgy értelmezhető, hogy a porlékony csont kollagénjébe beépült mukoid lényegesen kevesebb savi csoportot tartalmaz, mint a kontroll csontoké.

A különböző pH-tartományokban végzett valamennyi toluidinkék topooptikai reakció alkalmával a porlékony csonton mért útkülönbség lényegesen kisebb mértékű (-10,0 nm és -36,8 nm közötti), mint a recens és a jó megtartási állapotú ásatag kontrollokon észlelhető érték (3. táblázat). A retardáció különbségekből arra következtetünk, hogy a

tropokollagén molekulába és a triplahélixekbe beépült glikozaminoglikánok szulfáttsága alacsonyabb a töredékes csontban, mint a többi mintában. Egybevág ezzel a megállapítással a fenol-reakció eredménye, ugyanis minél több a kollagénen belüli szulfát csoport, annál kisebb a megkötött fenol mennyisége, s ennek következtében az útkülönbség. A recens és ásatag ép csontban csaknem kétszer akkora retardációt mértünk, mint a porlékony mintában (2. táblázat).

2. táblázat. Retardáció (nm) topooptikai reakciók után.

Table 2. Retardation after topooptical reaction.

Anyag	Rivanol	Fenol-kötés	Anilin r.	Acet.-anilin
Recens csont – Recent bone	-10,3±1,2	-22,4±3,1	-14,6±2,3	-25,9±4,1
Ásatag ép csont – Healthy archaeological bone	-11,0±1,0	-21,7±2,4	-15,0±2,2	-25,0±2,8
Ásatag töredékes csont – Mouldy archaeological bone	-6,8±0,8	-12,7±3,9	-15,8±3,3	-11,5±4,1

3. táblázat. Retardáció (nm) toluidinkék topooptikai reakció után.

Table 3. Retardation after toluidin-blue reaction.

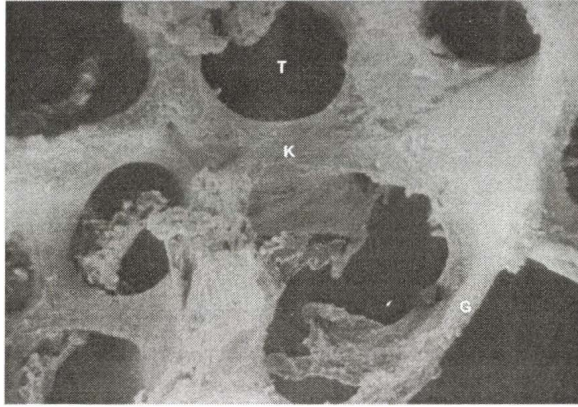
Anyag	pH 2,4	pH 3,4	pH 4,4	pH 5,4	pH 6,4	pH 7,4
Recens csont – Recent bone	18,8±1,1	22,5±2,5	33,7±4,3	42,6±4,1	61,4±5,9	68,8±4,7
Ásatag ép csont – Healthy archaeological bone	19,3±1,4	21,8±3,1	35,6±4,2	44,4±6,1	59,3±4,2	66,2±5,6
Ásatag töredékes csont – Mouldy archaeological bone	10,0±2,8	13,8±2,2	18,6±3,1	21,9±2,8	30,1±3,5	36,8±2,8

Az anilin-kanada reakció után mérhető útkülönbségekben nem találtunk értékelhető eltérést a háromféle csontminta között, ami azt bizonyítja, hogy a (mikroszkópos méretű, azaz 15–40 µm átmérőjű) kollagénrostokon strukturális anomália nem mutatható ki.

Az acetilálás utáni anilin reakció esetén a recens és ásatag kontroll anyagban a retardáció mértéke kisebb, mint a porlékony csontban. Ez a reakció a peptid és hidroxil csoportok arányára ad felvilágosítást, eredménye arra utal, hogy a kóros csontban a kollagén fehérje molekula kevesebb hidroxil-csoportot tartalmaz, az intermolekuláris kötések száma csökkent (2. táblázat).

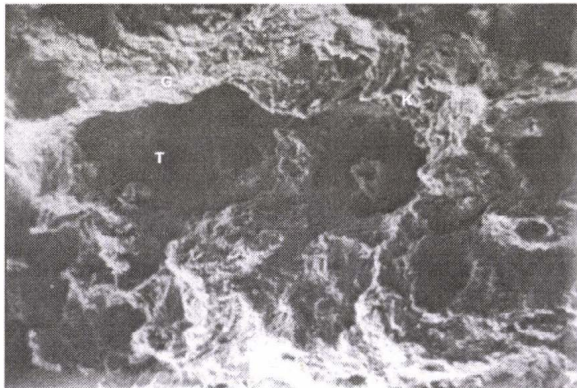
4) *Elektronmikroszkópos megfigyelések:* Az ásatag kontroll csont szerkezete lényegében nem különbözött a recens csont ultrastrukturális képétől. A trabeculák felülete enyhén hullámos, a gerendahatárok élesek, a kollagén rostok hálózatos rajzolata jól kivehető. Az intertrabecularis terek változó tágasságúak (2. ábra). A porlékony csontban a trabeculák vastak, határaik zergúgosak, a felület egyenetlen, dudoros. A kollagénrostok valamivel vastakabbak, mint a kontroll csontban, a felszínen lévő fibrillumok duzzadtak, töredezttek, lefutásuk mentén olykor kisebb csomók képződtek.

A pásztázó elektronmikroszkópos képen úgy tűnik (ellentétben a hisztomorfometriai adatokkal), mintha a csontállomány dúsabb lenne, az intertrabecularis űrök pedig keskenyebbek, beszűkültek (3. ábra). A nem szakembernek is szembetűnik a két csont közötti szerkezeti eltérés.



2. ábra: Ép ásatag csont pásztázó elektronmikroszkópos képe.
Figure 2: Healthy archaeological bone.

Az intertrabecularis terek változó tágasságúak (T).
A csontgerendák (G) kollagén rostozata (K) rendezett. SEM. 850X.
The intertrabecular spaces (T) are various in diameter.
The collagen network (K) of the trabeculae (G) are well oriented. SEM. 850X.



3. ábra: Ásatag porlékony csont elektromikroszkópos képe.
Figure 3: Mouldy archaeological bone.

A porlékony csontban a trabeculák (G) változó vastagságúak, a kollagén-hálózat (K) rendezetlen, a rostok helyenként csomósak. SEM. 850X.
The trabecular thickness (G) is various, the collagen network is irregular (K) in the pathological archaeological bone. On the collagen fibers knot-formation is visible in some areas. SEM. 850X.

Megbeszélés

A csontszövet szerkezeti és összetételbeli változását számos kórképben leírták. Legjobban a monogénes öröklődésű támasztószöveti rendellenességekben (osteogenesis imperfecta, achondroplasia) kialakuló rendellenességeket tanulmányozták (Viszlóy és Kasza 1967, Józsa 1971). A szerzett kórképek közül a rachitis, Möller-Barlow-kór és újabban a csontritkulás okozta eltérések kutatása került előtérbe (Kivirikko 1993, Puustajärvi és mtsai 1999). Időközben kiderült, hogy a csont biomechanikai tulajdonságait elsősorban a kollagénváz molekuláris és szupramolekuláris összetétele, a molekuláris rendezettsége határozza meg. A kollagén minőségének változása jobban befolyásolja az osteoporosisos csont szilárdságát, mint annak aktuális ásványi anyag tartalma (Boskey és mtsai 1999, Puustajärvi és mtsai 1999). Közel fél évszázada fedezték fel, hogy a csicseriborsó (*Lathyrus odoratus*) tartalmaz egy olyan hatóanyagot, amely messzemenően befolyásolja a kötőszöveti rostképzést, adagolásával kísérleti állatokban csont- és érrendszeri rendellenességek hozhatók létre (Martin és mtsai 1961, Németh-Csóka és Viszlóy 1961). A csicseriborsó etetésével a tropokollagénben a fehérje és glikozaminoglikánok közötti arány megváltozik, a tripla-hélixen belül a hidroxil-kötések száma és a peptid-egységekhez viszonyított aránya csökken. Ezek a módosulások nem okoznak mikroszkópos méretű eltérést a kollagénrostokon (Hooley 1980, Józsa és Kannus 1997), ám annak biomechanikai és biofizikai sajátosságait, (oldékonyság, hőtűrés, viscoelaszticitás stb.) és természetesen kémiai összetételét megváltoztatják.

Vizsgálataink során először a csontritkulás lehetőségét zártuk ki morfológiás eljárással, majd fénymikroszkópos elemzéssel meggyőződünk arról, hogy a porladékony csontok kollagénjén nem mutatható ki (ezekben a nagyságrendekben) strukturális anomália. A kémiai szerkezetre, molekuláris rendezettségre vonatkozó vizsgálatainkat kvantitatív polarizációs mikroszkópiával folytattuk, amit a szubmikroszkópos szerkezetkutatás legelőnyösebb és legtöbb információt nyújtó metodikájának tartanak (Romhányi 1962, Wolman és Kasten 1986). A topooptikai reakciók egy része (rivanol precipitációs teszt, fenol-kötődés, toluidinkék precipitációs eljárás) a tripla-hélixet beburkoló mukoid anyagok és a triplahéliceket tropokollagéná egybefogó glikozaminoglikánok mennyiségének és szulfatáltságának csökkenésére utalt (2. és 3. táblázat). Az acetilálás utáni anilin-reakcióval az intermolekuláris hidroxil-kötések számának alacsonyabb volta bizonyítható. Ezek a kémiai és molekula-rendezettségi anomáliák intracellulárisan, a tropokollagén protofibrillumokká történő rendeződését megelőzően alakulnak ki (Minor 1980). Az általunk kimutatott szupramolekuláris és molekuláris anomáliák igen hasonlóak azokhoz, amelyeket kísérletes lathyrismusban leírtak (Martin és mtsai 1961, Németh-Csóka és Viszlóy 1961). Önként adódik a kérdés: valóban csontlathyrismussal, vagy ahhoz igen közelálló kórképpel állunk-e szemben, vagy valamilyen más kollagén-képzési anomália okozta-e a leírt eltéréseket? A lathyrismus kísérletes kórkép, (tudomásunk szerint eddig nem írták le emberben), ám az emberi Marfan-kór, az idiopathiás gerincferdülés, medionecrosis cystica okozta aorta-aneurysma experimentális tanulmányozására idézik elő.

Az őskortanban és a recens pathológiában számos olyan megbetegedésről (fabizmus, ergotizmus, fusariosis stb.) tudunk, amelyek körülírt területeken élő embercsoportokon

jelentkeztek és összefüggésben állnak fogyasztási szokásaikkal, esetleg egyoldalú táplálkozással, vagy emberre nem patogén mikroorganizmusokkal kontamináltak (Schoental 1992, 1994). Kérdés, hogy ezeknek a kórképeknek a sorába beilleszthető-e a szarmata etnikumhoz tartozók csontvázain kimutatható kollagénrendellenesség és ennek következtében csontjaikon bekövetkező porladékonyosság.

A csicseriborsót, mint egyetlen hüvelyeset, már a rézkor embere is ismerte és termesztette a Kárpát-medencében. A bronzkorból származó telepeken több helyen is előkerült, majd hosszú szünetet követően a népvándorlás korától ismét termesztették és fogyasztották (Gyulai 2001). A középkortól országszerte elterjedt, nevezték bagoly-csicseri- erdei- fehér- hosszú- szagos- nyúl- török- vad- víziborsónak (Csapó 1988), s nem hiányzott a főúri asztalokról sem. Bornemisza Anna 1680-ból való szakácskönyve a 164 §-ban több csicseriborsó ételt sorol fel (Bornemissza 1983). A 20. századi Erdélyben már nem étkezési célból, hanem dísznövényként gondozzák a csicseriborsót (Szabó és Péntek 1980). Kétségtelen viszont, hogy eddig egyetlen szarmata temető anyagán végeztek archeobotanikai vizsgálatot, s abban mindössze búzaszalma és lencsövet maradványaira bukkantak (Fűzes 1963). Az általunk vizsgált Tiszafüred-Nagykenderföldi temető anyagán nem történt szisztematikus növényteni elemzés, ennek ellenére feltételezzük, hogy az ott elhantolt szarmaták körében nem lehetett ismeretlen a csicseriborsó. A morfológiai és kollagén-szerkezet kutatásaink valószínűsítik, hogy az ott élőkn kialakulhatott a (különben csak experimentálisan létrehozható) lathyrismusnak enyhébb formája. Feltehetően nem okozott komolyabb betegsütneteket, azonban a kollagén csökkentértékűségét bizonyítja, hogy csontjaik rendkívül rossz megtartásúak.

Irodalom

- Banga, I. (1966): *Structure and function of elastin and collagen*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Bornemisza, A. (1983): *Bornemisza Anna szakácskönyve*. Kriterion, Bukarest.
- Boskey, A.L., Wright, T.M., Blank, R.D. (1999): Collagen and bone strength. *J. Bone Miner. Res.*, 14: 330–335.
- Csapó, J. (1988): *Új fűves és Virágos Magyar Kert*. Hasonmás kiadás, AKV Kiadó, Budapest.
- Fűzes, M. (1963): A vörsi szarmata temető növényi leletei. *Veszprém Megyei Múz. Közl.*, 1: 311–340
- Gyulai, F. (2001): *Archeobotanika. A kultúrnövények története a Kárpát-medencében a régészeti-növényteni vizsgálatok alapján*. Józsefvég Könyvek, Budapest.
- Henderson, J. (1987): Factors determining the state of human remains. In: Boddington, A., Garland, A.E., Jannaway, R.C. (Eds) *Death, decay, and reconstruction: Approaches to archeology and forensic science*. Manchester Univ. Press, Manchester, 43–54.
- Hoole, C.J., McCrum, N., Cohen, R.E. (1980): The viscoelastic deformation of tendon. *J. Biomech.*, 13: 521–528.
- Józsa, L.G., Kannus, P. (1997): *Human tendon. Anatomy, Physiology, Pathology, Human Kinetics*. Champaign.
- Józsa, L., Réffy, A., Bálint, B.J. (1984): Polarization and electron microscopic studies on the collagen of intact and ruptured human tendons. *Acta Histochemica*, 74: 209–215.
- Józsa, L. (1971): The submicroscopic structure of connective tissue in a case of Hunter's syndrome. I. Polarization microscopic examination. *Acta Morphol. Hung.*, 19: 301–311.
- Kerr, R.A. (1991): Old bones aren't so bad after all. *Science*, 252: 32–33.

- Kivirikko, K.J. (1993): Collagen and their abnormalities in a wide spectrum of disease. *Ann. Med.*, 26: 113–126.
- Martin, G.R., Gross, I., Piez, K., Lewis, M.S. (1961): On the intramolecular cross-linking of collagen in lathyric rats. *Biochim. Biophys. Acta*, 53: 599–601.
- Minor, R.R. (1980): Collagen metabolism. *Amer. J. Pathol.*, 98: 227–278.
- Németh-Csóka, M., Viszlóy, K. (1961): Kísérletes osteolathyrismusos elváltozások polarizációs optikai vizsgálata. *Rheum. Balneol. Allergol.*, 1: 65–73.
- Parfitt, M.A., Drezner, M.C., Glorieux, F.H., Kanis, J.A., Malluche, H., Meunier, P.J., Ott, S.M., Recker, R.R. (1987): Bone histomorphometry: Standardization of nomenclature, symbols and units. *J. Bone Miner. Res.*, 2: 595–610.
- Puustjärvi, K., Nieminen, J., Rasanen, T., Hyttinen, M., Helminen, H.J., Kroger, H., Huuskonen, J., Alhva, E., Kovanen, V. (1999): Do more highly organized collagen fibrils increase bone mechanical strength in loss of mineral density after one year running training. *J. Bone Miner. Res.*, 14: 321–329.
- Renfrew, C., Bahn, P. (1999): *Régészet. Elmélet-Módszer-Gyakorlat*. Osiris, Budapest.
- Romhányi, Gy. (1962): A polarizációs mikroszkópia szerepe a szubmikroszkópos szerkezetkutatásban. *Morphol. Igazs. Orv. Szle*, 2: 161–179.
- Scheuner, G., Hutschenreiter, J. (1972): *Polarisationsmikroskopie in der Histophysik*. G.Thieme, Leipzig.
- Schoental, R. (1992): The rise and fall of the Etruscans. The role of metallurgy, mycotoxins and porphyria. *J. Paleopath.*, 4: 221–227.
- Schoenthal, R. (1994): Reflections on the Herodotus and his „History”. *Teratology and Myths. J. Paleopath.*, 6: 109–119.
- Szabó, A., Péntek, J. (1980): Kerti virágok és dísznövények Kalotaszegen. In: Kós, K., Faragó, J. (Szerk.) *Népismereti dolgozatok*. Kriterion, Bukarest. 100–114.
- Viszlóy, K., Kasza, Gy. (1967): Polarization tests in connection with a case of osteogenesis imperfecta. *Morphol. Igazs. Orv. Szle*, 7: 46–50.
- Wolman, R., Kasten, F.H. (1986): Polarized light microscopy in the study of the molecular structure of collagen and reticulin. *Histochemistry*, 85: 41–49.

Levelezési cím: Fóthi Erzsébet

Mailing address: Magyar Természettudományi Múzeum, Embertani Tár
H–1083 Budapest, Ludovika tér 2.
Hungary
fothi@antr.nhmus.hu

