

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

Fogmorfológiai tulajdonságok filogeográfiai összefüggései az
archeogenetikai adatok fényében

SZERZŐ: Kis Luca

TÉMAVEZETŐK:

Dr. Molnár Erika, egyetemi docens
SZTE TTIK Embertani Tanszék

Dr. Pálfi György, tanszékvezető egyetemi docens
SZTE TTIK Embertani Tanszék

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS INFORMATIKAI KAR
BIOLÓGIA DOKTORI ISKOLA



SZEGED

2024

Tartalom

Rövidítések jegyzéke	3
Ábrák és táblázatok jegyzéke.....	5
Ábrák	5
Táblázatok	7
Bevezetés	9
A fogvizsgálatok jelentősége a bioarcheológiai rekonstrukcióban	9
Az emberi fogazat jellemzői	10
A fog részei.....	12
A szájüreg és a fogazat fejlődése.....	14
A fogak fő alkotóelemei	18
A fogtípusok helyzetét és morfológiáját meghatározó tényezőkre vonatkozó elméletek	19
Anatómiai variáció – fejlődési rendellenesség.....	22
Non-metrikus jelek	23
A fogak morfológiáját befolyásoló genetikai és környezeti faktorok	24
Nemi különbségek	25
Aszimmetria.....	25
Non-metrikus jelek kapcsoltsága	27
A korona előtörés utáni morfológiáját befolyásoló faktorok.....	28
A fogak morfológiai variációinak kutatástörténete	28
Fogmorfológiai vizsgálatok Magyarországon	30
A kutatás célkitűzései	31
Vizsgálati anyag	34
A vizsgálati anyag kiválasztásának genetikai és régészeti szempontjai.....	34
Avar kor	34
Honfoglalás és kora Árpád-kor.....	35
A vizsgálati anyag összetétele	36
Vizsgálhatósági kritériumok.....	38
Vizsgálati módszer	39
A fogak jelölésére használt módszerek	39
Fog non-metrikus jelek rögzítése	39
Genetikai adatok.....	46
Statisztikai elemzés	46
A statisztikai vizsgálatok első fázisa	46

A statisztika vizsgálatok második fázisa	48
Eredmények és értékelésük.....	51
A jellegek vizsgálhatósága	51
A jellegek gyakorisága	53
Az aszimmetria vizsgálatok eredményei.....	57
Az adatok összevonása.....	58
Nemek közti eloszlás.....	60
A jellegek gyakorisági jellemzői a vizsgált korszakokban.....	61
A jellegek kapcsoltsága	62
A fogmorfológiai jellegek genetikai összefüggései	68
Az eredmények tesztelése	79
Csoportosítás	79
Egyéni biogeográfiai predikciós tesztek.....	90
Távlati célok és lehetőségek	97
Magyar összefoglaló	99
English summary	105
Köszönetnyilvánítás.....	110
Irodalomjegyzék	113
Függelék.....	142

Rövidítések jegyzéke

ACCUP	Upper premolar accessory cusps
ANTFO	Anterior fovea
CARAB	Carabelli's trait
CUSP5	Cusp 5
CUSP6	Cusp 6
CUSP7	Cusp 7
CUSPN	Cusp number
DAR	Distal accessory ridge
DEFWR	Deflecting wrinkle
DIAST	Diastema
DIST3C	Distal trigonid crest
ENEX	Enamel extension
GRVPAT	Groove pattern
HYPKO	Hypocone
IGROOVE	Interruption groove
LABCON	Labial convexity
LINGCSP	Lingual cusps
LIV	Lateral incisor variants
MESRIG	Mesial ridge
METCON	Metacone
METCONL	Metaconule
MOLCR	Molar crenulations
ODONT	Odontome
PARAST	Parastyle
PEGSH	Peg-reduced-missing
PIT	Buccal pit
POTTH	Potato tooth
PROSTYL	Protostylid

PROSTYL_A	Protostylid anterior
PROSTYL_M	Protostylid medial
ROOTNUM	Root number
SHOV	Shoveling
SHOV2	Double shoveling
TOMRT	Tomes' root
TUBDENT	Tuberculum dentale
UTOAZ	Uto-Aztecan premolar
WING	Winging
S_I1	Felső első metsző
S_I2	Felső második metsző
S_C	Felső szemfog
S_P1	Felső első kisőrlő
S_P2	Felső második kisőrlő
S_M1	Felső első nagyőrlő
S_M2	Felső második nagyőrlő
S_M3	Felső harmadik nagyőrlő
I_I1	Alsó első metsző
I_I2	Alsó második metsző
I_C	Alsó szemfog
I_P1	Alsó első kisőrlő
I_P2	Alsó második kisőrlő
I_M1	Alsó első nagyőrlő
I_M2	Alsó második nagyőrlő
I_M3	Alsó harmadik nagyőrlő
A csoport	Ismert genetikai háttérű egyének csoportja
B csoport	Ismeretlen genetikai háttérű egyének csoportja
TA csoport	Az A csoportból leválasztott tanuló csoport
TE csoport	Az A csoportból leválasztott teszt csoport

Ábrák és táblázatok jegyzéke

Ábrák

- 1. ábra.** A fogak felszínei (1. *mesialis*; 2. *distalis*; 3. *approximalis*; 4. *labialis*; 5. *buccalis*; 6. *vestibularis*; 7. *palatinalis*; 8. *lingualis*; 9. *oralis*). Készítette: Kis Luca 11
- 2. ábra.** A fog részei. Készítette: Kis Luca..... 13
- 3. ábra.** A csücskök elnevezése (M: *mesialis*; V: *vestibularis*; O: *oralis*; D: *distalis*). A) bal alsó nagyőrlő B) bal felső nagyőrlő. Készítette: Kis Luca 14
- 4. ábra.** Az arc embrionális fejlődése (S: *stomodeum*). Készítette: Kis Luca..... 14
- 5. ábra.** A fogfejlődés stádiumai. Készítette: Kis Luca 16
- 6. ábra.** A vizsgált lelőhelyek elhelyezkedése a mai Magyarország területén (sárga: avar kor; kék: honfoglalás kor; lila: avar és honfoglalás kor). Az ábrán csak azokat a lelőhelyeket tüntettük fel, ahonnan legalább egy egyén alkalmas volt fogmorfológiai vizsgálatra (1. Alattyán–Tulát; 2. Algyő 258. kútkörzet; 3. Apátfalva–Nagyútdűlő; 4. Árkus–Homokbánya ; 5. Bugyi–Kisványpuszta; 6. Csólyospálos–Felsőpálos; 7. Csongrád–Berzsenyi utca; 8. Fajsz–Garadomb; 9. Felgyő–Ürmös tanya; 10. Homokmégy–Halom; 11. Homokmégy–Székes; 12. Jánoshida–Tótkérpuszta; 13. Kaba–Dögös; 14. Karos–I; 15. Karos–II; 16. Karos–III; 17. Kecskemét–Sallai út; 18. Kiskőrös–Pohibuj Mackó dűlő; 19. Kiskőrös–Vágóhídi dűlő; 20. Kiskundorozsma–Daruhalom–dűlő; 21. Kiskundorozsma–Kettőshatár I; 22. Kiskundorozsma–Kettőshatár II; 23. Kunpeszér–Felsőpeszéri út; 24. Kunszállás–Fülöpjakab; 25. Madaras–Téglavető; 26. Magyarhomoróg–Kónyadomb; 27. Makó–Mikócsa halom; 28. Mélykút–Sáncdűlő; 29. Nagytarcsa–Homokbánya; 30. Orosháza–Bónum Téglagyár; 31. Orosháza–Béke tsz.; 32. Petőfiszállás; 33. Pitvaros–Víztározó; 34. Püspökladány–Eperjesvölgy; 35. Sándorfalva–Eperjes; 36. Sárrétudvari–Hízóföld; 37. Sárrétudvari–Órhalom; 38. Sárrétudvari–Poroshalom; 39. Sükösd–Ságod ; 40. Szakony–Kavicsbánya; 41. Szarvas–Grexa téglagyár; 42. Szeged–Csongrádi sgt.; 43. Szeged–Fehértó A; 44. Szeged–Kundomb; 45. Szeged–Makkoserdő; 46. Szeged–Öthalom; 47. Szegvár–Oromdűlő (avar kor); 48. Szegvár–Oromdűlő (honfoglalás kor); 49. Szegvár–Szőlőkalja; 50. Székkutas–Kápolnadűlő; 51. Tatárszentgyörgy–Szabadterpuszta; 52. Tiszafüred–Majoroshalom; 53. Tiszanána–Cseh tanya; 54. Vörs–Papkert B). Az ábra a Magyar Nemzeti Múzeum, Régészeti Adatbázisának adatai alapján készült (online hivatkozás 1.) a QGIS program felhasználásával. A készítésében közreműködött: Madai Ágota.....37
- 7. ábra.** A fogak jelölése. Készítette: Kis Luca39
- 8. ábra.** A Buccal pit fokozatai. A) 0. fokozat a jobb alsó első nagyőrlőn (Fajsz–Garadomb 4. sír). B) 1. fokozat a jobb alsó első nagyőrlőn (Pitvaros–Víztározó 12. sír). C) 2. fokozat a jobb alsó első nagyőrlőn (Szegvár–Szőlőkalja 44. sír). D) 3. fokozat a jobb alsó első nagyőrlőn (Magyarhomoróg–Kónyadomb 23. sír). Készítette: Kis Luca41
- 9. ábra.** A Protostylid medial fokozatai. A) 0. fokozat a bal alsó első nagyőrlőn (Fajsz–Garadomb 4. sír). B) 1. fokozat a bal alsó második nagyőrlőn (Sárrétudvari–Hízóföld 98. sír). C) 2. fokozat a bal alsó első nagyőrlőn (Kaba–Dögös 118. sír). D) 3. fokozat a bal alsó első nagyőrlőn Sárrétudvari–Hízóföld 175. sír). E) 4. fokozat a bal alsó második nagyőrlőn

(Sárrétudvari–Hízóföld 175. sír). F) 5. fokozat a bal alsó második nagyörlőn (Sükösd–Ságod 17. sír). Készítette: Kis Luca.....	42
10. ábra. A Protostylid anterior fokozatai. A) 0. fokozat a bal alsó első nagyörlőn (Fajs–Garadomb 4. sír). B) 1. fokozat a bal alsó második nagyörlőn (Sárrétudvari–Hízóföld 98. sír). C) 2. fokozat a jobb alsó második nagyörlőn (Kunszállás–Fülöpjakab 28. sír). D) 3. fokozat a jobb alsó harmadik nagyörlőn (Árkus–Homokbánya 26. sír). E) 4. fokozat a bal alsó első nagyörlőn (Pitvaros–Víztorozó 147. sír). F) 5. fokozat a jobb alsó harmadik nagyörlőn (Szeged–Kundomb 74. sír). Készítette: Kis Luca	43
11. ábra. A Distal trigonid crest fokozatai. A) 0. fokozat a jobb alsó első nagyörlőn (Mélykút–Sáncdülő 45. sír). B) 1. fokozat a jobb alsó első nagyörlőn (Szarvas–Grexa téglagyár 212. sír). C) 2. fokozat a bal alsó első nagyörlőn (Fajs–Garadomb 4. sír). Készítette: Kis Luca	44
12. ábra. Az egyes non–metrikus jellegek vizsgálhatóságára vonatkozó adatok. Készítette: Schütz Oszkár	51
13. ábra. Az egyes non–metrikus jellegek megjelenési gyakoriságára vonatkozó adatok. Készítette: Schütz Oszkár	54
14. ábra. Az A csoportba tartozó egyének összevonás előtti és utáni lefedettségére vonatkozó adatok (kék: összevonás előtti lefedettség; lila: összevonás utáni lefedettség). Készítette: Schütz Oszkár	59
15. ábra. A B csoportba tartozó egyének összevonás előtti és utáni lefedettségére vonatkozó adatok (kék: összevonás előtti lefedettség; lila: összevonás utáni lefedettség). Készítette: Schütz Oszkár	60
16. ábra. A szignifikánsan kapcsolt non-metrikus jelleg-fog párok kapcsolatrendszer. Készítette: Schütz Oszkár	64
17. ábra. A Shoveling jelleg kifejezettségi formái alacsony és magas fokozatokon. A) 0. fokozat a felső első metszőfogakon (Mélykút–Sáncdülő 45. sír). B) 4. fokozat a felső első metszőfogakon (Kunpeszér–Felsőpeszéri út 30A. sír). Készítette: Kis Luca.....	70
18. ábra. Az Enamel extension jelleg kifejezettségi formái alacsony és magas fokozatokon. A) 0. fokozat a jobb felső második nagyörlőn (Sárrétudvari–Hízóföld 174. sír). B) 3. fokozat a jobb felső második nagyörlőn (Kunszállás–Fülöpjakab 14. sír). Készítette: Kis Luca.....	72
19. ábra. A Root number (alsó nagyörlő) kifejezettségi formái különböző gyökérszám esetén. A) kétgyökerű bal alsó első nagyörlő (Szeged–Kundomb 74. sír). B) háromgyökerű bal alsó első nagyörlő (Csólyospálos–Felsőpálos 114. sír). Készítette: Kis Luca.....	74
20. ábra. A Cusp 6 jelleg kifejezettségi formái alacsony és magas fokozatokon. A) 0. fokozat a jobb alsó harmadik nagyörlőn (Kiskundorozsma–Kettőshatár I. 251. sír) B) 5. fokozat a bal alsó harmadik nagyörlőn (Árkus–Homokbánya 28. sír). Készítette: Kis Luca	76
21. ábra. A Molar crenulations jelleg kifejezettségi formái alacsony és magas fokozatokon. A) 0. fokozat a jobb felső első nagyörlőn (Mélykút–Sáncdülő 45. sír) B) 1. fokozat a jobb felső első nagyörlőn (Szegvár–Oromdülő 1. sír). Készítette: Kis Luca	77

22. ábra. A felső fogíven megfigyelhető szelektált fog non-metrikus jellegek kifejezettségi formái alacsony és magas fokozatokon. A) A Double shoveling jelleg 0. fokozata, a bal felső második metszőfogon (Kiskundorozsma–Kettőshatár I. 251. sír). B) A Double shoveling jelleg 3. fokozata, a bal felső második metszőfogon (Fajsz–Garadomb 4. sír). C) A Root number jelleg kifejezettségi formája egygyökerű bal felső első kisőrlőn (Sükösd–Ságod 17. sír). D) Root number jelleg kifejezettségi formája kétgyökerű bal felső első kisőrlőn (Fajsz–Garadomb 4. sír). E) A Hypocone jelleg 0. fokozata a jobb felső második nagyőrlőn (Szegevár–Szőlőkalja 154. sír). F) A Hypocone jelleg 5. fokozata a jobb felső második nagyőrlőn (Fajsz–Garadomb 4. sír). G) A Metacone jelleg 3,5. fokozata a bal felső első nagyőrlőn (Püspökladány–Eperjesvölgy 28. sír). H) A Metacone jelleg 5. fokozata a bal felső első nagyőrlőn (Fajsz–Garadomb 4. sír). I) A Metaconule jelleg 0. fokozata a jobb felső első nagyőrlőn (Sárrétudvari–Hízóföld 175. sír). J) A Metaconule jelleg 3. fokozata a jobb felső első nagyőrlőn (Sárrétudvari–Hízóföld 98. sír). K) A Potato tooth jelleg 0. fokozata a jobb felső harmadik nagyőrlőn (Magyarhomoróg–Könyadomb 4. sír). L) A Potato tooth jelleg 2. fokozata a jobb felső harmadik nagyőrlőn (Sükösd–Ságod 130. sír). Készítette: Kis Luca86

23. ábra. Az alsó fogíven megfigyelhető szelektált fog non-metrikus jellegek kifejezettségi formái alacsony és magas fokozatokon. A) A Distal accessory ridge jelleg 0. fokozata a bal alsó szemfogon (Magyarhomoróg–Könyadomb 4. sír). B) A Distal accessory ridge jelleg 3. fokozata a jobb alsó szemfogon (Kunpeszér–Felsőpeszéri út 7. sír). C) A Root number jelleg kifejezettségi formája egygyökerű jobb alsó szemfogon (Fajsz–Garadomb 4. sír). D) A Root number jelleg kifejezettségi formája kétgyökerű jobb alsó szemfogon (Makó–Mikócsa halom 245. sír). E) Az Anterior fovea jelleg 0. fokozata a bal alsó második nagyőrlőn (Szarvas–Grexa téglagyár 317. sír). F) Az Anterior fovea jelleg 3. fokozata a jobb alsó második nagyőrlőn (Mélykút–Sáncdülő 45. sír). G) A Cusp 5 jelleg 0. fokozata a jobb alsó második nagyőrlőn (Magyarhomoróg–Könyadomb 4. sír). H) A Cusp 5 jelleg 3. fokozata a jobb alsó második nagyőrlőn (Árkus–Homokbánya 4. sír). I) A Deflecting wrinkle jelleg 0. fokozata a jobb alsó első nagyőrlőn (Kaba–Dögös 118. sír). J) A Deflecting wrinkle jelleg 3. fokozata a jobb alsó első nagyőrlőn (Szegevár–Oromdülő 1. sír). K) A Protostylid jelleg 0. fokozata az alsó második nagyőrlőn (Mélykút–Sáncdülő 45. sír). L) A Protostylid jelleg 5. fokozata az alsó második nagyőrlőn (Sárrétudvari–Hízóföld 175. sír). Készítette: Kis Luca88

24. ábra. Az A csoportba tartozó egyének eloszlása a genetikai adatok alapján. Készítette: Schütz Oszkár91

25. ábra. A B csoportba tartozó egyének eloszlása a fog–morfológiai adatok alapján. Készítette: Schütz Oszkár94

Táblázatok

1. táblázat. A vizsgált jellegek listája.....45

2. táblázat. A szignifikánsan kapcsolt jellegek listája.....63

3. táblázat. Genetikai alapú klaszteranalízis alapján kijelölt csoportok első fogmorfológiai elkülönítési tesztje (öt csoport, minden jelleg-fog pár). A: Cambera távolságmérő módszerrel számított csoporton belüli és csoportok közötti távolságok. B: Wilcoxon t-teszt

eredményei arról, hogy mely csoporton belüli távolságok szignifikánsan kisebbek a csoportok közöttinél.....	81
4. táblázat. Genetikai alapú klaszteranalízis alapján kijelölt csoportok második fogmorfológiai elkülönítési tesztje (három csoport, minden jelleg-fog pár) A: Camberra távolságmérő módszerrel számított csoporton belüli és csoportok közötti távolságok. B: Wilcoxon t-teszt eredményei arról, hogy mely csoporton belüli távolságok szignifikánsan kisebbek a csoportok közöttinél.....	83
5. táblázat. Genetikai alapú klaszteranalízis alapján kijelölt csoportok harmadik fogmorfológiai elkülönítési tesztje (három csoport, öt jelleg-fog pár) A: Camberra távolságmérő módszerrel számított csoporton belüli és csoportok közötti távolságok. B: Wilcoxon t-teszt eredményei arról, hogy mely csoporton belüli távolságok szignifikánsan kisebbek a csoportok közöttinél.....	84
6. táblázat. Genetikai alapú klaszteranalízis alapján kijelölt csoportok negyedik fogmorfológiai elkülönítési tesztje (három csoport, tizenhét jelleg-fog pár) A: Camberra távolságmérő módszerrel számított csoporton belüli és csoportok közötti távolságok. B: Wilcoxon t-teszt eredményei arról, hogy mely csoporton belüli távolságok szignifikánsan kisebbek a csoportok közöttinél.....	89
7. táblázat. A teszt csoport besorolásának eredményei csoportonként naive Bayes klasszifikációs módszerrel.	92
8. táblázat. A teszt csoport besorolásának eredményei csoportonként naive Bayes klasszifikációs módszerrel.	92
9. táblázat. Az ismeretlen genetikai háttérrel rendelkező egyének filogeográfiai predikciója naive Bayes klasszifikációs módszerrel	94

Bevezetés

A fogvizsgálatok jelentősége a bioarcheológiai rekonstrukcióban

A bioarcheológiai vizsgálatok egyik fő célja a különböző történeti korok népességeinek biológiai rekonstrukciója a humán maradványok tanulmányozása révén (Lipták 1959). Ennek fontos elemeit képezik az egykor élt populációk közötti biológiai kapcsolatok feltérképezésére, valamint a vándorlási események és a népségek történetének rekonstrukciójára irányuló kutatások. A történeti népségek kapcsolatainak feltárását célzó vizsgálati módszerek többfélék lehetnek, melyek közül napjainkban kétségkívül az archeogenetikai vizsgálatok szolgáltatják a legrészletesebb adatokat. Azonban ennek a kutatásterületnek is megvannak a maga korlátai (pl.: Adler et al. 2011; Raffone et al. 2021). Annak ellenére, hogy az archeogenetikai vizsgálatok költsége sokat csökkent az utóbbi években, a vizsgálatok még mindig nagy anyagi ráfordítást, továbbá speciális felszerelést és szaktudást igényelnek. Mindemellett a történeti időkből származó csontmaradványok mennyiségi és minőségi megtartási állapota is igen változatos, így fennáll annak a lehetősége, hogy a vizsgálni kívánt egyén maradványai nem alkalmasak archeogenetikai mintavételre, vagy nem megfelelő a maradványokban a DNS megőrződése (Adler et al. 2011; Raffone et al. 2021).

Ugyan az archeogenetikai vizsgálatoknál kisebb felbontásban, de a történeti embertani kutatásnak is megvannak a maga eszközei a népségek közti biológiai kapcsolatok feltérképezésére. A korai kutatásokban erre a célra főként taxonómiai elemzéseket használtak (Lipták, 1965, 1983), azonban az idővel felmerülő módszertani és etikai problémák miatt ez a megközelítés fokozatosan kiszorul a történeti embertani vizsgálatok eszköztárából (pl.: Benn Torres 2020; Adams–Pilloud 2021; Fuentes 2021). Napjainkban a koponya morfo-metria jellemzőit vizsgálókraniometriai (pl.: Roseman 2004; Carson 2006; Szeniczey 2019), és a fogak morfológiai tulajdonságait felhasználó fog non-metrikus kutatások (pl.: Turner et al. 1991; Rathmann–Reyes-Centeno 2020; Scott et al. 2021) a legelterjedtebbek a semleges genetikai variációk helyettesítőjeként.

A fogak rendkívül időtálló struktúrájuk következtében kiváló vizsgálati anyagot biztosítanak a történeti népségek kutatásához. A fogkorona már a humán ontogenezis korai szakaszában kialakul, ezt követően pedig alakja nem képes fiziológias hatásokra megváltozni, mivel fejlődése során elveszíti az ehhez szükséges sejtes komponenseit (Hillson 1996). Magas szervetlen anyag tartalmának köszönhetően azonban a fogak koronáját borító zománcréteg az emberi szervezet legkeményebb része, ami kiváló kopás-

, törés-, és hőálló tulajdonságokkal rendelkeznek (Wright 2023). Ebből kifolyólag a fogkorona morfológiáját csak a zománc ellenállóságát meghaladó külső faktorok tudják befolyásolni (pl.: törés, kopás, caries) (Scott et al. 2018a). Mindez magyarázattal szolgál arra, hogy a fogak rendkívül jól őrződnek meg történeti- és történelem előtti idők távlatából is (Sawyer et al. 2015; Rathmann et al. 2017).

A fogak morfológiai tulajdonságainak vizsgálata legtöbbször makromorfológiai módszerrel történik. Ennek előnye, hogy noninvazív és alacsony költségvetésű projektekben is nagy számban kivitelezhető (Rathmann et al. 2017). Emellett a fogazat az emberi szervezet egyetlen olyan része, amely képző eljárások bevonása nélkül tanulmányozható egykor élt emberek maradványain és ma élő embereken egyaránt (Hillson 1996). Mindez lehetőséget biztosít akár evolúciós léptékű összehasonlító elemzések végzésére is (Hillson 1996).

Az összehasonlító vizsgálatok alapja, hogy a fogak koronáján és gyökerén olyan non-metrikus – tehát standard mérési módszerekkel nem vizsgálható – tulajdonságokat figyeltek meg, melyek hiánya vagy jelenléte, és jelenlét esetén a kifejezettsége, populációnként eltérő gyakorisággal fordul elő. Ezeket a tulajdonságokat a vonatkozó szakirodalomban genetikailag erősen meghatározottnak, szelekció semlegesnek, valamint evolúciósan konzerváltnak tekintik (pl.: Turner et al. 1991; Rathmann et al. 2017; Scott–Irish 2017; Irish et al. 2020). Továbbá az eddigi kutatások eredményei azt mutatják, hogy a jellegek nem, vagy csak nagyon kismértékű nemi különbséget mutatnak (Turner et al. 1991; Scott–Irish 2017; Irish et al. 2020).

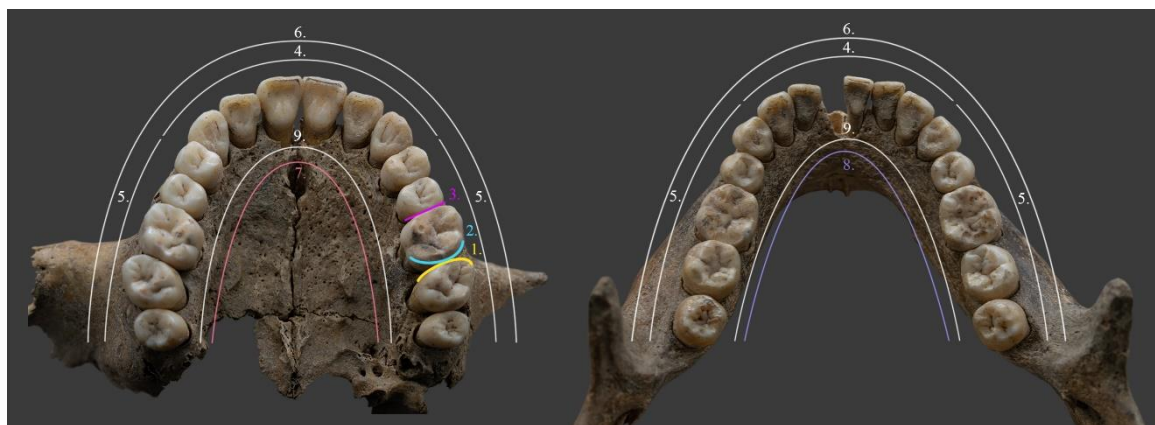
A fog non-metrikus jellegek alapján már számos jelentős nemzetközi módszertani és népeségtörténeti kutatásra került sor (pl.: Turner 1985; Scott et al. 2018a; Paul et al. 2020; Scott et al. 2021), azonban a genetikai vizsgálatok fejlődése új utat nyitott, ami lehetőséget ad a módszer tesztelésére a genetikai adatok tükrében. Ennek ellenére nagyon alacsony azoknak a kutatásoknak a száma, amelyek a két adattípuson alapuló eredmények összehasonlítására és így módon a fog non-metrikus adatokat felhasználó vizsgálatok tesztelésére irányulnak (pl.: Hubbard et al. 2015; Irish et al. 2020; Rathmann–Reyes-Centeno 2020). Hazai viszonylatban a nemzetközi kutatásban már rutinszerűen alkalmazott fogmorfológiai elemzések szisztematikus használata sem terjedt el.

Az emberi fogazat jellemzői

A fogak (*dentes*) a szájüregben két fogívbe (felső/*superior* és alsó/*inferior*) rendeződve helyezkednek el az állcsontok *alveolaris* nyúlványaiban (*processus alveolaris*). A

mediansagittalis sík mindkét fogívet két szimmetrikus félre (jobb/*dexter* és bal/*sinister*) osztja. Ez alapján a fogazatban négy kvadráns különíthető el (Scheuer–Black 2004; Nikita 2017).

A fogíveken a könnyebb tájékozódás érdekében különböző irányokat vezettek be, amelyek egyben kijelölik az egyes fogak felszíneit is. Ezek egy része megegyezik az anatómiában általánosan használt irányokkal, azonban sok közülük csak a fogak leírására szolgál (Scheuer–Black 2004). A fogak középvonal felé eső felszínét *mesialis*nak, míg az ellentétes irányú felszínét *distalis*nak nevezzük. A szomszédos fogak egymással szemben lévő *mesialis* és *distalis* felszíneit közös néven *approximalis*nak hívjuk. Az ajkakkal érintkező elülső fogak, más néven frontfogak (metsző- és szemfogak), külső felszínét *labialis*nak, a tőlük *distalis* irányban elhelyezkedő őrlőfogak (kis- és nagyőrlők) arc felé eső felszínét pedig *buccalis*nak nevezzük. Ezek összefoglalóan a fogak *vestibularis* felszínei. A fogak szájüreg felőli, azaz *oralis* felszínét a felső fogív esetén *palatinalis*nak, míg az alsó fogív esetén *lingualis*nak is hívhatjuk. Továbbá az őrlőfogak rágófelszínét *occlusalis* felszínnek, a frontfogak metszőélét pedig *incisalis* felszínnek nevezzük (1. ábra) (Scheuer–Black 2004; Nikita 2017; Scott–Irish 2017).



1. ábra. A fogak felszínei (1. *mesialis*; 2. *distalis*; 3. *approximalis*; 4. *labialis*; 5. *buccalis*; 6. *vestibularis*; 7. *palatinalis*; 8. *lingualis*; 9. *oralis*). Készítette: Kis Luca

Az emberi fogazat, a legtöbb emlősre jellemzően, *heterodont*, azaz funkciójuknak és morfológiájuknak megfelelően különböző típusba sorolható fogak alkotják (Nikita 2017), valamint *diphyodont*, vagyis élete során mindenki egyszer váltja a fogait (Scheuer–Black 2004; White et al. 2012). Az elsőként előtörő fogazatot tejfogazatnak (*dentes decidui*) nevezzük, amit hatéves kor környékétől kezdődően a maradó fogazat (*dentes permanentes*) vált fel (Scheuer–Black 2004; Nikita 2017).

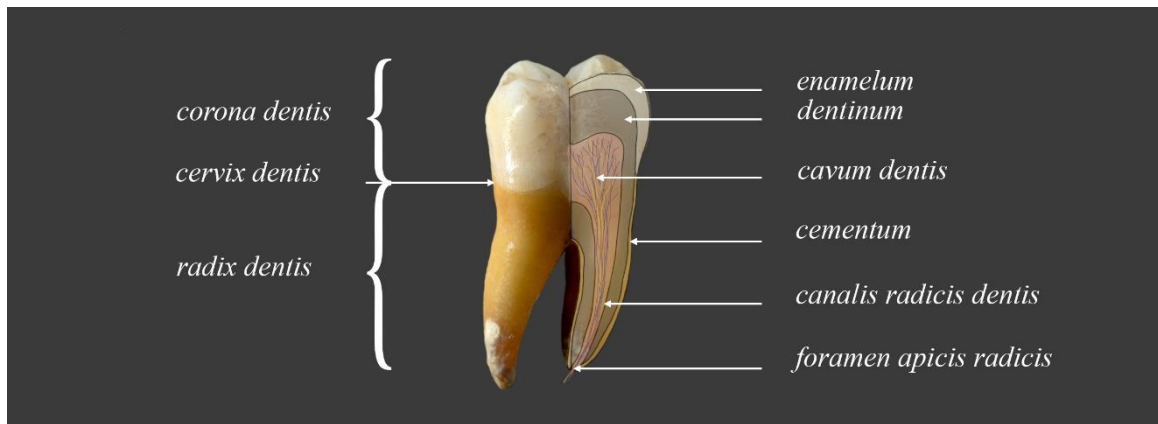
A tejfogazat összesen húsz fogból áll, melyben kvadránsenként két metszőfog (*dens incisivus*), egy szemfog (*dens caninus*) és két őrlőfog (*dens molaris*) található. Ezzel szemben a maradó fogazatot általában harminckét fog alkotja: minden kvadránsban két metszőfog (*dens incisivus*), egy szemfog (*dens caninus*), a tejőrlők helyére előtört két kisőrlő (*dens premolaris*), valamint három (esetenként kettő) nagyőrlő (*dens molaris*) helyezkedik el (Scheuer–Black 2004; White et al. 2012; Nikita 2017). A fogtípusokat további fogkörzetekre oszthatjuk aszerint, hogy az adott fogtípusnak csak alsó, vagy csak felső tagjait jelöljük.

Az emberi fogazat evolúciós léptékben az őrlőfogak méretének és számának redukcióját mutatja. Ez a jelenség főként a harmadik nagyőrlőket érinti, amik gyakran redukálódnak vagy ki sem fejlődnek. Ebből következik, hogy a fogazatban sok esetben kvadránsenként csak két maradó nagyőrlő figyelhető meg (Weller 1968).

A fogak egyértelmű jelölésére számos módszert dolgoztak ki, mint például a fogorvos tudományban leggyakrabban használt Zsigmondy módszer (Zsigmondy 1861), az FDI (Fédération Dentaire Internationale), vagy az UNS (Universal Numbering System) (Scheuer–Black 2004; Nikita 2017). A fogmorfológiai kutatásokban az úgynevezett kódoló módszer (Descriptive coding scheme) alkalmazása terjedt el leginkább, mely a jelöléshez a kvadránsok és a fogak angol nevének kezdőbetűit használja, kisbetűvel a tejfogak, nagybetűvel pedig a maradó fogak esetén (Scheuer–Black 2004; Nikita 2017).

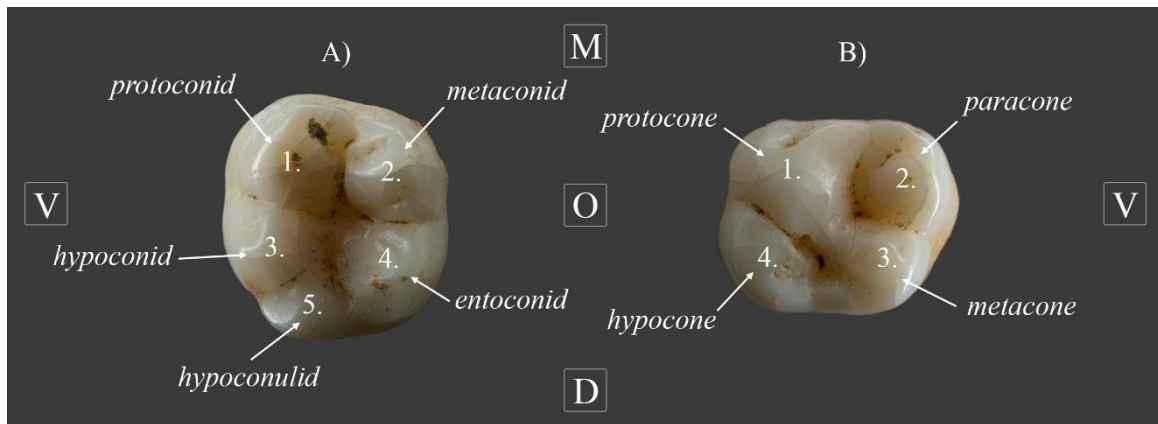
A fog részei

A fogakon elkülönítjük a szájüregben szabadon álló, zománccal fedett területet, a koronát (*corona dentis*), valamint a fogmederbe illeszkedő gyökeret (*radix dentis*). A kettő közti átmeneti részt fognyaknak nevezzük (*cervix dentis*). A fog zománccal borított egysége az anatómiai korona, míg a szájüregben ínnyel nem fedett területet klinikai koronának nevezzük. Ehhez hasonlóan a gyökér esetében elkülönítünk anatómiai gyökeret, ami a fognyaktól a gyökércsúcsig terjed, valamint klinikai gyökeret, ez alatt a gyökér *alveolaris* nyúlványban rögzült szakaszát értjük (Kocsis-Savanya 2011). A történeti embertani vizsgálatokban a lágyrészek hiányában mindig anatómiai koronát és anatómiai gyökeret értünk a korona és gyökér megnevezés alatt. A fog belsejében található üreget pulpaüregnek (*cavum dentis*) nevezzük, amit a laza rostos kötőszövetben gazdag pulpa tölt ki. A pulpaüreg a gyökérben gyökércsatornaként (*canalis radialis dentis*) folytatódik, végén az erek és idegek kilépési nyílásával (*foramen apicis radialis*) (2. ábra) (Németh–L. Kiss 2006; Kocsis-Savanya 2011).



2. ábra. A fog részei. Készítette: Kis Luca

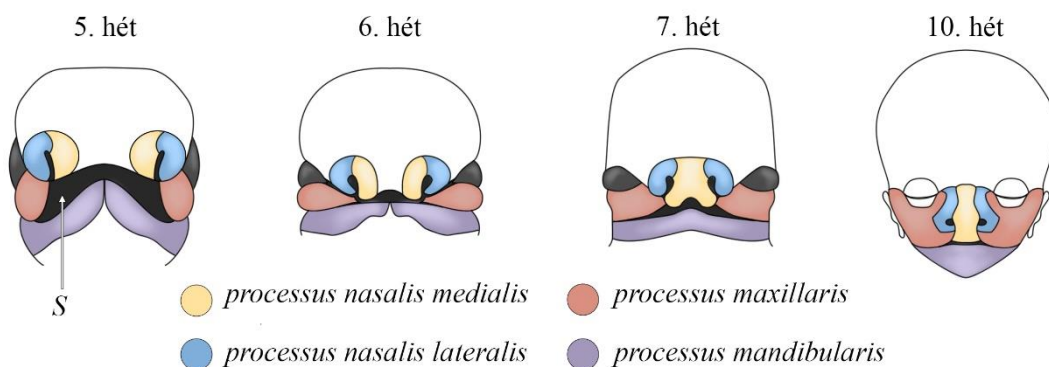
A kisőrlő- és nagyőrlőfogak *occlusalis* felszínét csücskök és barázdák strukturálják, amin a fő csücskök külön elnevezését Gregory dolgozta ki 1916-ban, E.D. Cope és H.F. Osborn fagevolúciós elméletei alapján (Cope 1874; Osborn 1907, 1988; Gregory 1916; Scott et al. 2018a). Később több kutató rámutatott az elméletek problémáira, sőt ezek kiküszöbölésére új nevezéktant is javasoltak (pl.: Hershkovitz, 1971; Vandebroek, 1961). Ennek ellenére a Gregory féle módszer továbbra is használatban maradt, ugyanis a régi nomenklatúra annyira elterjedt, hogy megváltoztatása zavart okozna a kutatók közti kommunikációban (Scott et al. 2018a). Ez alapján a felső kisőrlők *lingualis* csücske a *protocone*, *buccalis* csücske a *paracone*; az alsó kisőrlők *lingualis* csücske a *metaconid*, *buccalis* csücske a *protoconid*; a felső nagyőrlők *mesiolingualis* (1.) csücske a *protocone*, *mesiobuccalis* (2.) csücske a *paracone*, *distobuccalis* (3.) csücske a *metacone*, *distolingualis* (4.) csücske a *hypocone*; az alsó nagyőrlők *mesiobuccalis* (1.) csücske a *protoconid*, a *mesiolingualis* (2.) csücske a *metaconid*, a *distobuccalis* (3.) csücske a *hypoconid*, *distolingualis* (4.) csücske az *entoconid* és a *distalis* (5.) csücske a *hypoconulid* elnevezést kapta (3. ábra) (Gregory 1916; Scheuer–Black 2004; Nikita 2017; Scott–Irish 2017).



3. ábra. A csücskök elnevezése (M: *mesialis*; V: *vestibularis*; O: *oralis*; D: *distalis*). A) bal alsó nagyőrlő B) bal felső nagyőrlő. Készítette: Kis Luca

A szájüreg és a fogazat fejlődése

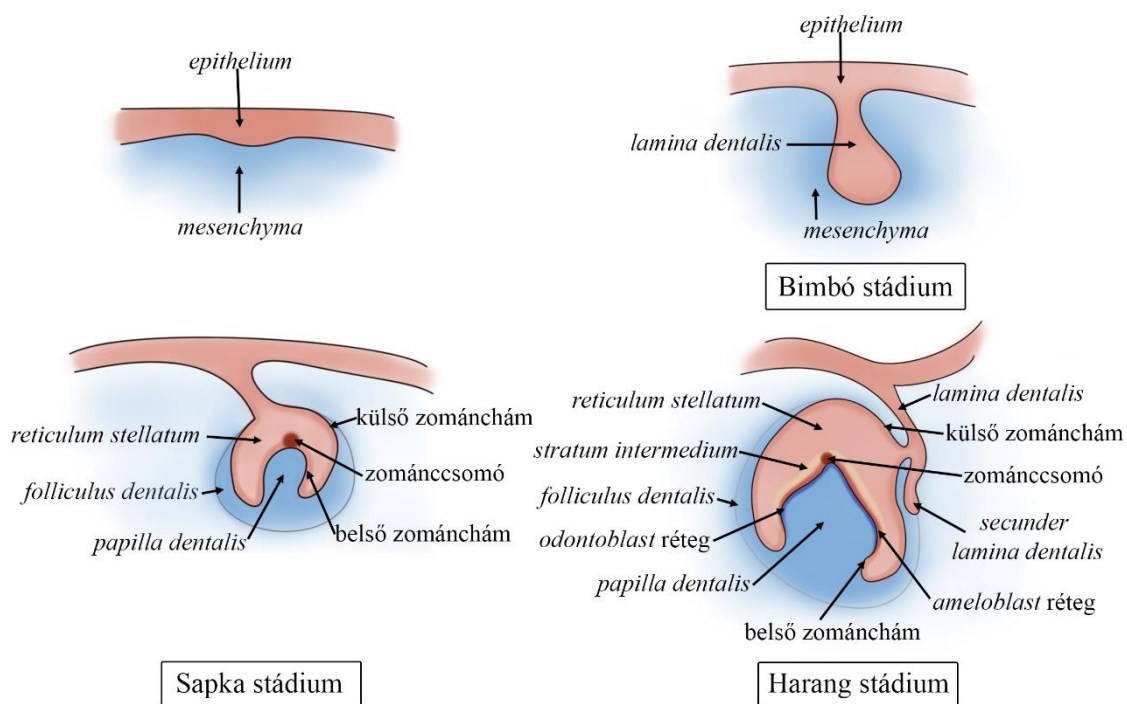
A magzati fejlődés 4. hetében az embrió feji részén kialakul az elemi szájgödör (*stomodeum*) amit felülről a *processus nasofrontalis*, kétoldaltól a *processus maxillarisok*, és ezek alatt a *processus mandibularisok* vesznek körül. Az 5. héten a *processus nasofrontalis*on megjelenő orrplacodok körül bilaterálisan kialakul a *processus nasalis medialis* és a *processus nasalis lateralis* (Kocsis-Savanya 2011; Sadler 2019). A következő két hét során a *processus maxillarisok* erőteljes növekedése a *mediansagittalis* sík felé nyomja a két *processus nasalis medialis*. Ezek egyesülésével létrejön az orrhát és az ajak *philtruma*, a *processus maxillarisok*kal egyesülve pedig kialakul a felsőajak (Vígh 2006; Kocsis-Savanya 2011; Sadler 2019). A *processus nasalis lateralisok* az ajak létrehozásában nem vesznek részt, belőlük az orr *lateralis* részei, az orrszárnyak fejlődnek ki (Sadler 2019). A *processus mandibularisok* egyesülésével létrejön az alsó ajak, az arc alsó része és az állkapocs így a 7. hét végére kialakul az arc főbb morfológiája (4. ábra) (Kocsis-Savanya 2011; Sadler 2019).



4. ábra. Az arc embrionális fejlődése (S: *stomodeum*). Készítette: Kis Luca

Eközben a 6. héten megkezdődik a szájpád fejlődése a közös száj- és orrüregben. Először a primer szájpád fejlődik ki a *processus nasalis medialisokból*, majd a 9–12. héten a szekunder szájpád a *processus maxillarisokból* kialakult szájpádnúlványok összenövésével. A primer és szekunder szájpád egyesülésével létrejön a szájpád, amely elválasztja az orrüreget és a szájüreget egymástól (Kocsis-Savanya 2004; Sadler 2019).

A fogak az elemi szájgödröt borító ectodermalis eredetű *epithelium* és az alatta található dúcléc eredetű *mesenchyma* sejtek szoros interakciójával alakulnak ki. Az *epithelium* és a *mesenchyma* sejtek differenciálódása már a fogfejlődés korai szakaszában megindul. A fogfejlődés első jeleként a 6. magzati héten a *mesenchyma* sejtek a leendő fogívek mentén erőteljesen proliferálódnak az *epithelium* sejtek pedig ezekbe a kondenzációs zónákba türemkedve alakítják ki a foglécet (*lamina dentalis*). A 8. hét környékére a foglécen tíz–tíz fokozott sejtosztódási zóna szerveződik, amikből a később a tejfogak alakulnak ki (Hillson 1996; Kocsis-Savanya 2004; Németh–L. Kiss 2006; Sadler 2019). Morfológiája alapján ezt az első fejlődési szakaszt bimbó stádiumnak nevezzük. A bimbó körül kondenzálódott *mesenchymat* pedig *dentalis mesenchyma*nak hívjuk. Ezt követően a 10. hét környékén a *mesenchyma* sejtek fokozatos betüremkedésével kialakul a sapka alakú zománcszerv. Ebben a stádiumban elkülönülnek a *mesenchyma* egyes területei: az *epithelium* által körülvevett sejtek a *papilla dentalis*, míg a zománcszerv és a papilla körül elhelyezkedő sejtek a *folliculus dentalis* (fogzacskót) alkotják. A sapka alakú zománcszerv egy külső rétegből, a külső zománchámból, egy belső rétegből, a belső zománchámból és a köztük található rétegből a zománc pulpából (*reticulum stellatum*) áll. A belső zománchámon sejtjeinek egy csoportjából alakul ki a zománccsomó („enamel knot”), aminek a fogfejlődés korai szakaszának szabályozásában van szerepe. A 3. hónap környékén a zománcszerv a harang stádiumba lép. A harang fázisban indul meg a korona kemény szöveteinek mineralizációja, azonban a foggyökér csak a korona kialakulását követően indul fejlődésnek. A harang stádium elejére a zománcszerv már négy rétegből áll: a külső zománchámból, a belső zománchámból, a zománc pulpából (*stellate reticulum*), valamint a belső zománchámon és a zománc pulpa közti rétegből, a *stratum intermedium*ból (Hillson 1996; Németh–L. Kiss 2006; Kocsis-Savanya 2011; Sadler 2019) (5. ábra).



5. ábra. A fogfejlődés stádiumai. Készítette: Kis Luca

A zománkszervbe türemkedett *mesenchyma* belső zománcchámmal érintkező sejtjei *odontoblastokká* differenciálódnak és a korona dentin rétegét hozzák létre, míg a többi *mesenchyma* sejt a *pulpa* kialakításában vesz részt (Hillson 1996; Kocsis-Savanya 2011; Sadler 2019). Az *odontoblastok* hatására a belső zománcchámból *ameloblast* sejtek differenciálódnak, amelyek a dentin külső felszínétől kezdődően, rétegenként haladva zománcmátrixot szekretálnak. A zománcmátrix lerakódása a frontfogakon egy központból indul ki, a szemfog esetén a csücsöktől a fognyak felé halad tovább, a metszőfogakon a metszőél középpontjától először *mesialis* és *distalis* irányba indul, ezt követően szintén a fognyak felé folytatódik. Az őrlőfogak esetén elsőként a csücsök csücsai és az azokat összekötő gerincek jönnek létre, ezt követi az *occlusalis* felszín morfológiájának kialakítása, végül a korona oldalsó szélein rakódik le a zománcmátrix rétegről rétegre, a fognyak felé elvékonyodva. A nagyőrlőkön először a *mesiobuccalis*-, majd a *mesiolingualis*-, a *distobuccalis*-, végül a *distolingualis* (alsó nagyőrlők esetén a *distalis*) csücsök alakul ki (Hillson 1996).

Ha a zománc vastagsága eléri a koronának megfelelő végső méretet, a szekréción *ameloblastok* érési *ameloblastokká* alakulva megkezdik a zománc mineralizációját, a korona csücsaitól a dentin réteg irányába haladva (Hillson 1996; Németh–L. Kiss 2006; Welborn 2020). A korona kialakulásával a külső és belső zománcchám találkozásánál az *epithelium* sejtek osztódásával létrejön egy hámhüvely (Hertwig-féle hüvely), ami gyűrű

szerűen, a gyökerek számának és morfológiájának megfelelően, a leendő gyökércsúcs felé növekszik (Hillson 1996; Németh–L. Kiss 2006; Kocsis-Savanya 2011; Sadler 2019). A pulpa Hertwig-féle hámhüvellyel érintkező *mesenchyma* sejtjei *odontoblastokká* differenciálódnak és megkezdik a gyökér dentin termelését, aminek a növekedésével párhuzamosan a hámhüvely fokozatosan visszafejlődik (Németh–L. Kiss 2006). A zománcszerv körüli kondenzált *mesenchyma* sejtekből kialakult *fogzacskó* belső rétege az így szabaddá váló gyökér dentinnel érintkezve *cementoblastokká* differenciálódik és létrehozza a gyökér felszínét borító cementréteget (Németh–L. Kiss 2006; Sadler 2019). A fogzacskó külső sejtrétege pedig az *alveolusok* kialakításában vesz részt, míg a középső rétegből a gyökeret az *alveolusokba* rögzítő *periodontium* képletei szerveződnek (pl.: Sharpey-féle kollagénrostok) (Németh–L. Kiss 2006).

A maradó fogazat fejlődése ugyan időben eltér, de kialakulásuk a tejfogakéval megegyező lépésekben zajlik (Kocsis-Savanya 2004; Kwon–Jiang 2018). A maradó metsző-, szem-, és kisőrlő fogak kezdeményei a foglécen, másodlagos bimbók formájában jelennek meg a tejfogaktól orálisan. A maradó nagyőrlőfogaknak azonban nincsenek tejfog elődeik, ezért zománcszerveik a fogléc *distalis* irányban megnyúlt szakaszából alakulnak ki.

A magzati fejlődés 4. hónapjában a leendő tejfogak zománcszervének összeköttetése megszűnik a foglécvel, amiből visszamarad a maradó fogak kezdeményeit tartalmazó pótfogléc (Kocsis-Savanya 2004; Németh–L. Kiss 2006; Kwon–Jiang 2018; Sadler 2019). Ezzel az eseménnyel párhuzamosan az állcsontok növekedésének köszönhetően a fogléc *distalis*an megnyúlt szakaszán megjelennek az első maradó nagyőrlők telepei is (Kocsis-Savanya 2004; Németh–L. Kiss 2006; Kwon–Jiang 2018). Míg a maradó fogak kezdeményei egy rövid fejlődési szakaszon belül megjelennek, addig a korona morfológiájának végleges kialakulása sokkal hosszabb időt vesz igénybe és egyénenként variábilisabb életkor intervallumban fejeződik be (Hillson 1996). A maradó fogak közül elsőként az első nagyőrlők koronája éri el a végleges formáját, hozzávetőlegesen 2–3 éves kor környékén, utolsóként pedig – a harmadik nagyőrlőket figyelmen kívül hagyva – a második maradó nagy- és kisőrlők koronája alakul ki 6–7 éves korra (Moorrees et al. 1963; Hillson 1996). Fontos azonban megjegyezni, hogy a fogak átlagos fejlődési üteme populációnként és nemek szerint is eltérő lehet (Moorrees et al. 1963; Hillson 1996; Ubelaker 1999).

A fogak fő alkotóelemei

Dentin:

A fog fő tömegét a dentin alkotja, ami az emberi szervezet második legkeményebb szövete a zománc után. Ennek oka, hogy 70–80% a szervetlen és 20–30% a szerves anyag tartalma. A dentinben sugaras szerkezetű dentincsatornák húzódnak a pulpaüregtől a zománc-dentin határig. Ezekben a csatornában helyezkednek el a dentinogenezisért felelős *odontoblastok* hosszúnyúlványai (Hillson 1996; Németh–L. Kiss 2006). A fog fejlődése során létrejött dentinállomány alkotja az elsődleges dentint. Az *odontoblastok* dentin termelése azonban nem ér véget a fog kialakulásával, hanem ezt követően az egész élet során másodlagos dentin képződik, folyamatosan szűkítve ezzel a pulpaüreget. Ezen felül, erős környezeti ingerek vagy sérülések az *odontoblastok* fokozott szekréciós aktivitását eredményezhetik. Az így létrejött dentinállományt harmadlagos dentinnek nevezünk (Kuttler 1959; Hillson 1996; Németh–L. Kiss 2006).

Zománc:

A dentinnel ellentétben a fog koronáját borító zománc kialakulása után nem képes megújulni, ugyanis nem tartalmaz sejtes komponenseket. A zománc képződése, az *amelogenesis* egy kétlépcsős folyamat, mely során az *ameloblastok* által termelt zománc mátrix a szükséges vastagság elérése után a szervesanyag-tartalom nagy részének elvesztésével járó érésen megy keresztül. Minden *ameloblast* sejt egy zománcprizmát hoz létre, ami a zománc szerkezeti építőeleme. A zománcprizmák egymáshoz képest szabályosan helyezkednek el, hosszuk megegyezik a zománcréteg vastagságával, ami a korona csúcsaitól a fognyak felé fokozatosan csökken. A zománc magas, 98%-os szervetlen anyag tartalmát főként a zománcprizmákat felépítő hidroxipatit-kristályok adják, csekély szerves anyag tartalma pedig a prizmahüvelyben található. Szabályos térszerkezetének és magas szervetlen anyag tartalmának köszönhetően a zománc az emberi test legkeményebb anyaga (Hillson 1996; Németh–L. Kiss 2006).

Cement:

A cementállomány vékony réteggként borítja a fogak gyökérdentinét, de gyakran rálóg a fognyak környéki zománcrétegre is. Vastagsága a fognyaktól a gyökércsúcs felé haladva fokozatosan szélesedik. Szerkezete az 50% körüli szerves anyag tartalmával a csontszövetéhez meglehetősen hasonló, azonban azzal ellentétben nem tartalmaz ereket. A cementet *cementoblastok* termelik, melyek az általuk termelt cementállományba ágyazódva idővel *cementocyttá* alakulnak. A dentinhez hasonlóan a cement termelődése sem fejeződik be a fog kialakulásával. A cement külső felszínén elhelyezkedő

cementoblastok aktivitása az *odontoblastok*hoz hasonlóan megmarad, de a dentinnek ellentétben a cement képes átépülni az *odontoclastok* (cementbontó sejtek) hatásának köszönhetően. Erre azért van szükség, mert az *alveolusok* csontmátrixából kiinduló kollagénrostok a cementállományba ágyazódva biztosítják a fog rögzítését, ami így képes adaptálódni a változó erőhatásokhoz (Hillson 1996; Németh–L. Kiss 2006).

A fogtípusok helyzetét és morfológiáját meghatározó tényezőkre vonatkozó elméletek

A kutatókat régóta foglalkoztatja a kérdés, hogy milyen folyamatok befolyásolják az állkapocs különböző régióiban fejlődő fogak számát és morfológiáját. A 20. század két legmeghatározóbb elmélete ezzel kapcsolatban Butler „Mező elmélete” (Field Theory) (Butler 1939) és Osborn „Klón modellje” (Clone Model) (Osborn 1978) volt (Boughner–Hallgrímsson 2008; Townsend et al. 2009).

Butler emlősök fogazatára kidolgozott elmélete szerint a fejlődő fogléc mentén különböző morfogénikus mezők találhatók, amelyek meghatározzák, hogy az adott területen milyen típusú fog fejlődhet ki. A mezőn belül ható szabályozó faktorok koncentráció gradiense a fogak pozíciójától függően befolyásolja azok alakját is (Boughner–Hallgrímsson 2008; Townsend et al. 2009). Elméletét később Dahlberg adaptálta az emberi fogazatra (Dahlberg 1945, 1951) és részletesebb magyarázat nélkül az eredeti három mezős (metsző-, szem- és őrlőfogak) modellt kiegészítette egy negyedik mezővel a kisőrlők fejlődéséhez. Megfigyelte, hogy az egyes fogtípusok *distalis* tagjai nagyobb morfológiai variabilitást mutatnak, ezért a *mesialis*, morfológiailag „stabilabb” fogakat „kulcsfogaknak” nevezte. Kulcsfogként jelölte meg a felső fogíven a centrális metszőket, a szemfogakat, az első kisőrlőket és első nagyőrlőket. Az alsó fogíven is hasonló megfigyelést tett azzal a különbséggel, hogy a metszőfogak esetén a laterális tagokat nevezte meg kulcsfogként, ennek okát szintén magyarázat nélkül hagyva (Townsend et al. 2009).

1978-ban John Wright Osborn alternatívát javasolt a mező elmélettel szemben. A Klón Modell szerint egy adott fogtípushoz tartozó fogak egyetlen ectomesenchymalis őssejtre vezethetők vissza. Ezek a "klón" sejtek egy adott számú osztódás után indukálják a foglécet, hogy megkezdje a fogkezdemény létrehozását. A kialakult fogcsíra körül gátlómező szerveződik, megakadályozva ezzel, hogy azon a területen további fogak is kialakulhassanak. Ha a *distalis* irányba vándorló klónsejt megfelelő mértékben eltávolodott ettől a mezőtől, akkor egy következő fogkezdemény képződését indukálja. Adott számú

sejtciklus után a klónsejt elveszíti a potenciált, hogy új fog kialakulását indukálja, így a fogak száma egy típuson belül állandó marad (Osborn 1978; Townsend et al. 2009). Osborn modelljének egyik központi eleme tehát a fogfejlődés időzítése és térbeli szabályozása volt. Modelljét ugyan a mező elmélet kompetítorának szánta, azonban a két elmélet a fogfejlődés különböző aspektusaira fókuszál, ezért valójában egymást kiegészítő hipotéziseknek tekinthetők (Townsend et al. 2009).

Az eredeti mező- és klónelmélet a fogazat elemzésén alapult, és elméleti modelleket adtak azokra a mechanizmusokra, amelyek részt vehetnek a heterodont fogazat kialakításában (Cobourne–Mitsiadis 2006). Azonban egyik hipotézis sem magyarázta kellőképpen a fogak morfológiai változatosságát, és a modellek gyakorlati (állatkísérletes) tesztelése mindkét eredeti hipotézist részben megcáfolta (pl.: Lumsden 1979; Boughner–Dean 2004; Cobourne–Mitsiadis 2006). Később a genetika rohamos fejlődésével a fogfejlődés kutatásának területén végzett molekuláris vizsgálatok finomították a korábbi elméleteket, és magyarázatot kerestek az azokat cáfoló kísérletek eredményeire is (Cobourne–Mitsiadis 2006).

Az egyedfejlődés szabályozásában kulcsszerepet játszó homeobox gének felfedezése új fejezetet nyitott a fogazat fejlődését befolyásoló faktorok kutatásában is. „Az odontogenetikus homeobox gén kód” („The odontogenic homeobox gene code”) elmélet alapján a craniofacialis komplex kialakításában résztvevő velőcső eredetű (cranial neural crest/CNC) sejtek olyan „homeobox kód”-ot hordoznak, amely meghatározza a leendő fogak kialakulásának helyét és típusát. A „homeobox kód” a leendő fogívek mentén szerveződő *ectomesenchymában* egymással átfedő, regionális mintázatban fejeződik ki, ami biztosítja a fogtípus térbeni determinációjához szükséges információkat (Sharpe 1995; McCollum–Sharpe 2001; Cobourne–Mitsiadis 2006).

Az a felfedezés, miszerint az orális *epithelium* által kibocsátott jelek befolyásolják a CNC eredetű mesenchyma sejtekben a homeobox gének kifejeződését, egy új, szintetikus elmélet, a „kooperatív genetikai interakció” („cooperative genetic interaction” – CGI) (Mitsiadis–Smith 2006; Townsend et al. 2009) hipotézis kidolgozását eredményezte. Ez tulajdonképpen a korábbi jelentős elméleteket ötvöző teória, amiben az új molekuláris biológiai eredmények tükrében magyarázatot nyertek a főként elméleti síkon létrehozott modellek főbb elemei. Rámutat arra, hogy a korábbi elméletek alapvető tézisei: a morfogenetikus mező, a CNC eredetű sejtek "klónjai", a *mesenchymában* található homeobox gének és az orális *epithelium* által kibocsátott jelzőmolekulák mind-mind fontos szerepet játszanak a fogak helyzetének és típusának a kialakulásában. A korábbi elméleti

alapon felállított hipotézisek és az új molekuláris vizsgálatokon alapuló elméletek tehát nem mondanak ellent egymásnak, hanem valójában egymás komplementereinek tekinthetők (Mitsiadis–Smith 2006; Townsend et al. 2009).

Míg a legtöbb elmélet – Dahlberg *distalis* fogakra vonatkozó megfigyelésein kívül – a fogak különböző típusainak, illetve azok meghatározott helyének kialakulására fókuszált, a specifikus morfológiai jellemzők tisztázására kevés figyelmet fordítottak.

Jernvall és munkatársai dolgozták ki a fogkorona morfológiájának kialakulását magyarázó teóriát, ami a zománccsomó szabályozó hatásaira épül („enamel knot theory”). A zománccsomó a fejlődő zománccszerv *epithelium*ában megjelenő sejtcsoport, ami nem vesz részt a zománc mátrix szekrécióban és nem proliferálódik, de olyan szabályozó faktorokat termel, amelyek hozzájárulnak a fogcsücskök kialakulásának szabályozásához. Megfigyeléseik szorosan kapcsolódnak a korábban tárgyalt homeobox génekre épülő modellekkel, mivel a zománccsomó aktivitását összefüggésbe hozták a homeobox génaktivitással is (Jernvall et al. 1994). Az „enamel knot theory” molekuláris magyarázatot keres a fogak morfológiájának szabályozására, de nem foglalkozik a Dahlberg által megfigyelt fenotípus variancia foganként eltérő mértékének okával.

Erre a kérdésre vonatkozóan Townsend 2009-es munkájában azt írja, hogy összefüggés áll fenn az egyes fejlődő fogcsírák mineralizációs fázis előtt töltött ideje és a fogak fenotípus eltéréseinek gyakorisága között (Townsend et al. 2009). Ez a megfigyelés magyarázatot ad a molárisok később mineralizálódó csücskeinek nagyobb változatosságára, valamint a Dahlberg által a fogtípus *distalis* tagjaiban megfigyelt varianciájára is.

Kocsis S. Gábor 2004-es munkájában egy úgynevezett embrionális elmélettel magyarázza a fogak morfológiai különbségeinek eltérő gyakoriságát az egyes fogtípusokon belül. Az elmélet szerint a fogívek mentén azok a területek, ahol embrionális korban az egyes arcnyúlványok egyesülnek, valamint a fogléc végei alacsonyabb fejlődési potenciállal rendelkeznek. Ez alapján a *processus nasalis medialis* és *processus maxillarisok* egyesülésének helyén a felső laterális metszők, a *processus mandibularisok* egyesülésénél az alsó centrális metszők, a második tejörlőknél véget érő fogléc területén előtörő második kisörlők, valamint a maradó fogak meghosszabbodott foglécének *distalis* területén fejlődő harmadik nagyörlők érintettek (Kocsis-Savanya 2004). Ezek a megfigyelések jól illeszkednek a Dahlberg munkájában megjelölt, fejlődés szempontjából stabilabb „kulcsfogak” helyzetéhez.

Anatómiai variáció – fejlődési rendellenesség

A fejlődési rendellenességek anatómiai variációktól való elkülönítése máig nem teljesen egyértelmű a szakirodalomban (Mann et al. 2016). Abban a legtöbb kutató egyetért, hogy először azt kell tisztázni, mit tekintünk „normál” morfológiának (pl.: Mann et al. 2016; Kachlík et al. 2020; Żytkowski et al. 2021). A „normális” meghatározására azonban számos megközelítés létezik. Van, aki a fogalom irodalmi definíciójából indul ki és a szabványnak megfelelő/szabályos/szokásos/tipikus szinonímák alapján próbálja körüljárni a problémát (Sykes 1976; Kachlík et al. 2020), ami rámutat arra a jelenségre, hogy a kifejezéshez egyfajta gyakorisági értéket is társítanak. Ha a matematikai alapú elméleteket vesszük figyelembe, a normál eloszlású adatok haranggörbéként ábrázolhatók. Ebben az esetben a jellemzők nagyrésze a görbe középső tartományába koncentrálódik, a kiugró értékek pedig a szélső végeken helyezkednek el. Eszerint, a statisztikai fogalomként értelmezett „normális” az adatok átlaga, mediánja vagy módusza alapján definiálható. Azonban az, hogy statisztikailag mi a „normális” populációnként eltérő lehet (Wachbroit 1994; Żytkowski et al. 2021). A biológiai megközelítés szerint a biológiai normalitást biológiai funkcióval hozzák összefüggésbe, miszerint az az anatómiai egység, ami képes ellátni a funkcióját, normálisnak tekinthető (Wachbroit 1994; Żytkowski et al. 2021). Azonban ez a szemlélet sem tökéletes, hiszen a megfelelő és a nem megfelelő működés közti határvonal gyakran elmosódott (Amundson 2000). Mivel a „normalitás” fogalmának nemcsak statisztikai és biológiai, hanem ideológiai aspektusai is vannak, máig tudományos vitákat gerjeszt a fogalom definiálása, ezért nem született konszenzusos megoldás a kérdésben (pl.: (Wachbroit 1994; Amundson 2000).

Az anatómiai variációk és a fejlődési rendellenességek meghatározására a „normál” morfológiához viszonyított két fő megközelítést alkalmazzák a leggyakrabban. Az egyik a megjelenési formák gyakoriságán, a másik a morfológia és funkció közti kapcsolaton alapul.

Az első megközelítés szerint az anatómiai variációkat gyakran az expressziójuk vagy jelenlétük gyakorisága alapján azonosítják egyes földrajzi csoportokban. Egy tulajdonság leggyakoribb megjelenési formáját általában tipikusnak vagy normálisnak tekintik, míg a szokatlan vagy ritka jellemzőket méret- és/vagy alakváltozatoknak tartják, a legritkább megjelenési formákat pedig gyakran a fejlődési rendellenesség kategóriába sorolják (Mann et al. 2016). Ez a megközelítés a „normál” morfológia értelmezésére

írányuló matematikai megközelítéshez hasonló elméleti alapon nyugszik és egy haranggörbével ábrázolható folytonos átmenetet feltételez a három kategória között.

Ennek az elméletnek az egyik fő problémája az, hogy az egyes morfológiai tulajdonságok populációnként eltérő gyakorisággal fordulnak elő (pl.: Turner et al. 1991; Saunders–Rainey 2008; Scott et al. 2018a), ezért a gyakoriságon alapuló felosztásra támaszkodva ugyanaz a tulajdonság populációnként eltérő kategóriába eshet.

A második megközelítés szerint, ha a „normáltól” való anatómiai eltérés nem befolyásolja a funkciót, akkor nem tekinthető fejlődési rendellenességnek, hanem anatómiai variációként kell értelmezni. Annak ellenére, hogy az anatómiai variációk etiológiája a fejlődési rendellenességekhez hasonló, nem sorolják azokat a rendellenességek körébe, mivel nincs patológiás megnyilvánulásuk és nem zavarják a test adott részének normál működését (Kachlík et al. 2020).

Ha a fenti elméletet összevetjük a „normál” morfológiára vonatkozó biológiai megközelítéssel, akkor nehezen elkülöníthetővé válik, hogy az anatómiai variációk a „normál” morfológia határán belülre vagy kívülre sorolhatók. További probléma, hogy egyes anatómiai variációk a körülményektől függően patológiás elváltozásnak is tekinthetők és ez esetben zavart okozhatnak az adott anatómiai egység funkciójának betöltésében. Ilyen esetben nehezen eldönthető, hogy anatómiai variációval vagy már fejlődési rendellenességgel van dolgunk.

Ezt jól szemlélteti, hogy az alsó nagyörlők *buccalis* felszínén előforduló kis méretű kör alakú nyílást („buccal pit”) anatómiai variációnak szokták tekinteni (Scott–Irish 2017; Scott et al. 2018a), azonban ezek a fogak morfológiájukból adódóan nehezen tisztíthatók és ennek következményeként szignifikáns összefüggést mutattak ki a buccal pit jelenléte és a fog szuvasodása, valamint az *ante mortem* fogvesztés között (Pfeiffer 1979).

A fent bemutatott megközelítések azt is mutatják, hogy valójában nem lehet éles határt húzni az anatómiai variációk és a fejlődési rendellenességek között. Ezt szem előtt tartva, a morfológiai témájú kutatásoknál, a vizsgálati jelegek kiválasztásakor körültekintően kell eljárni, és olyan morfológiai jellemzőket kell választani, amelyek leginkább megfelelnek az adott kutatás célkitűzéseinek.

Non-metrikus jelegek

Az anatómiai variációkra non-metrikus jelegekként is szoktak hivatkozni, de számos egyéb szinonima is használatban van ezeknek a tulajdonságoknak a leírására. Így például diszkrét jelegek („discrete traits”) (Corruccini 1974); morfológiai változatok

(„morphological variants”) (Hallgrímsson et al. 2004); vagy küszöbérték karakterek („Threshold characters”) (Falconer 1965). A problémát elsősorban az jelenti, hogy a különböző nevek gyakran finom különbségeket sugallnak a jellemzők természetével vagy eredetével kapcsolatban (Saunders–Rainey 2008). Saunders és munkatársai 2008-as munkájukban a non-metrikus kifejezést tartják a legmegfelelőbbnek az ilyen típusú jellemzők csoportjának a leírására, mivel ez a szókapcsolat kellő mértékben semleges és széles körben elfogadott (Saunders–Rainey 2008).

A non-metrikus elnevezés arra utal, hogy a szóban forgó jellegeket nehéz lenne standard mérési módszerekkel következetesen vizsgálni, mivel morfológiájuk nagyon változatos. Emellett nem definiálhatóak egyszerű „van-nincs” módon sem, mert jelenlét esetén a jellegek mérete és alakja is meglehetősen variábilis (Hillson 1996).

Grüneberg megfigyelései nyomán, az olyan morfológiai karakterek, amelyek valamilyen küszöbértéket átlépve fejeződnek ki, „kvázi folytonos” változóknak tekinthetők és kialakulásukban több gén együttes hatása játszhat szerepet (Grüneberg 1963; Hillson 1996). Az elmúlt ötven év kutatásai alapján a fogazat non-metrikus karaktervonásai is kvázi-folytonos változókként viselkednek, ami alapján feltételezik, hogy poligénis öröklődésűek (pl.: Sofaer et al. 1972; Hillson 1996; Scott et al. 2018a).

A fogak morfológiáját befolyásoló genetikai és környezeti faktorok

Az elmúlt évszázad kutatási eredményei alapján a fogak fejlődése egészen a végső morfológiájuk kialakulásáig erős genetikai szabályozás alatt áll, amit a környezeti faktorok csak kismértékben befolyásolnak (Tummers–Thesleff 2009; Thesleff 2014). Annak ellenére, hogy a fogak fejlődését evolúciósan erősen konzerváltnak tekintik (Thesleff 2014; Wright 2023), különböző génhibák, epigenetikai hatások vagy a fejlődés egyes szakaszaiban megjelenő környezeti stresszorok befolyásolhatják, vagy akár meg is rekeszthetik a fejlődési folyamatot (Wright 2023). A környezeti stressz hatással lehet a zománc mennyiségére, összetételére és szerkezetére, azonban fontos megjegyezni, hogy a válaszreakció mértéke erősen függhet hajlamosító génektől is (Wright 2023).

Mára már több, a fogfejlődés szabályozásában szerepet játszó gén ismert (Tummers–Thesleff 2009; Thesleff 2014; Wright 2023). Az ebben a folyamatban résztvevő legtöbb génnek azonban nemcsak az odontogenezisben, hanem számos egyéb szövet kialakulásában is szerepe van (Bei 2009; Tummers–Thesleff 2009; Thesleff 2014; Wright 2023).

Az egyes morfológiai tulajdonságok kifejeződése mögött álló genetikai tényezőkről még szintén keveset tudunk (Kimura et al. 2009). Ugyanakkor a fogazat morfológiai jellemzőit meghatározó genetikai faktorokkal egyre több kutatás foglalkozik (pl.: Kimura et al. 2009, 2015; Park et al. 2012; Thesleff 2014; Wright 2023). Az egyik ilyen munka a metszőfogak lapátalakúságával (Shoveling, és Double shoveling) összefüggésbe hozott génnel foglalkozik (Kimura et al. 2009). Megfigyelték, hogy az ectodysplasin A receptor (EDAR), 1540C változatának (ami az ázsiai típusú hajvastagodásért is felelős) globális elterjedése azonos a lapát alakú metszők elterjedési mintázatával. Ezt alapul véve egy ugyanazon egyének fogmorfológiai és genetikai adatait felhasználó vizsgálat sorozat során kimutatták, hogy az EDAR 1540C allélok száma korrelál a lapát alakú felső első metszők kifejezettségével és a fenotípus varianciájának 18,9%-át magyarázza. Így ez a genotípus önmagában a fenotípus örökletességének kb. egynegyedéért felelős (Kimura et al. 2009). Egy másik tanulmányban az EDAR 370A allélt hozták összefüggésbe a *hypoconulid* jelenlétével az alsó második nagyörlőkön (Park et al. 2012).

Nemi különbségek

Régóta ismert, hogy a fogak zománcmátrixában nagy mennyiségben előforduló amelogenin fehérje ivari kromoszómákon kódolt (Sullivan et al. 1993; Alvesalo 2009). Továbbá nemi kromoszóma-rendellenességekben szenvedő egyének fogazatával kapcsolatos vizsgálatok azt is kimutatták, hogy az ivari kromoszóma számbeli különbségei változást okoznak a fogak méretében és morfológiájában (Townsend et al. 1984; Townsend–Alvesalo 1985; Alvesalo 2009). A fogazat öröklődő tulajdonságaira vonatkozóan több kutatás is nemi különbségekről számolt be a fogak méretében (Brook et al. 2014; Yang et al. 2023), a *hyperdontia* vagy a *hypodontia* gyakoriságában (Brook et al. 2014), valamint az egyes jellegek kifejezettségi fokában és gyakoriságában is (Scott 1977a; Stojanowski et al. 2018; Chowdhry et al. 2023). Ezzel szemben több olyan tanulmányt is közöltek, ahol nem találtak a nemek közt szignifikáns fogmorfológiai eltéréseket (Aas–Risnes 1979; Scott 1980; Ashoori–Ghorbanyjavadpour–Rakhshan 2022). Mindez azt mutatja, hogy annak ellenére, hogy a fogfejlődés szabályozásában résztvevő gének közül vannak, amik nemi kromoszómákon kódoltak, a fogak fenotípusára gyakorolt hatásuk populációnként eltérő lehet (Scott et al. 2018a).

Aszimmetria

Nemcsak nemek közt figyeltek meg különbségeket a morfológiai variációk megjelenési gyakoriságában, hanem az oldalak közt is. Ugyanazon a fogazaton belül, azonos fogtípusú

és számú fog jobb-bal oldali párja (*antimere*) mind méretében, mind formájában nagy hasonlóságot mutat (Garn et al. 1966; Scott et al. 2018a), azonban ez a szimmetria nem mindig tökéletes. Különbség lehet a korona és a gyökér méretében, alakjában, vagy akár a fog meglétében vagy hiányában is (Scott et al. 2018a). Ha egy általában szimmetrikus tulajdonság alkalmanként oldalkülönbségeket mutat jobb vagy bal oldali preferencia nélkül, azt fluktuáló aszimmetriának nevezzük (Valen 1962). Conrad Waddington az ilyen típusú eltérések eredetét inkább lokális fejlődési „zajnak”, a fejlődés útvonalát esetlegesen befolyásoló különböző külső és belső hatásoknak, mintsem genetikai determinációnak tekintette (Waddington 1957). Az *antimere* fogak aszimmetrikus fejlődését később összefüggésbe hozták kromoszóma rendellenességekkel (pl.: Down szindróma) (Barden 1980; Townsend 1983), fejlődési rendellenességekkel (pl.: ajak- és száypad hasadék) (Adams–Niswander 1967; Werner–Harris 1989), homozigóta allélok gyakoriságával (Leamy 1986; Zakharov et al. 2020), valamint a környezeti stressz mértékével is (Siegel–Doyle 1975; Siegel et al. 1977). Több kutató szerint a fogak fluktuáló aszimmetriájában a gének hatása inkább közvetett módon érvényesül (Kieser 1990; Scott et al. 2018a), mivel a genetikai eredetű fejlődési zavarok esetén megkérdőjelezhető a szervezet azon képessége, hogy megfelelő mértékben pufferelni tudja a fejlődési „zajokat” (Waddington 1957; Valen 1962; Townsend 1983). Hasonló következtetésre jutottak egypetűjű ikrek vizsgálatával is, ami alapján az esetleges kovarianciát inkább közös környezeti tényezők hatásának, mintsem genetikai befolyásoltságnak tekintették (Staley–Green 1974; Mizoguchi 1989).

Több, a fogtípuson belüli különbségek gyakoriságával foglalkozó kutatás szerint az alsó metszőfogak kivételével a fogtípusok *distalis* tagjai mutatnak gyakrabban nagyobb aszimmetriát (pl.: Mizoguchi 1988), ami egybevág Dahlberg (Dahlberg 1945, 1951) „kulcsfogakra” vonatkozó megállapításaival. Ennek magyarázata lehet a fogak fejlődésére vonatkozó fejezetben bemutatott embrionális elmélet (Kocsis-Savanya 2004), valamint az a megfigyelés, miszerint azok a fogak, amiknek a zománcmátrixa több időt tölt a mineralizáció előtti fejlődési stádiumban, jobban ki vannak téve a fejlődési „zajok” hatásainak (Townsend et al. 2009).

A fog non-metrikus kutatásokban több irányelv létezik az aszimmetrikus *antimere* adatok kezelésére és értékelésére, amelyek két fő típusba sorolhatók. Az egyik megközelítés az úgynevezett „total side counts” (teljes oldal számítás), miszerint aszimmetria esetén mindkét oldal adatait figyelembe kell venni a statisztikai elemzések során. Ez a módszer azonban félrevezető lehet, mivel azt sugallja, hogy a fogak aszimmetriája genetikailag determinált. A másik technika az úgynevezett „individual count

method" (egyéni számlálási módszer), amely az *antimere* fogakra vonatkozóan csak egy adattal számol. Annak a kiválasztására, hogy miként jellemezhető egy értékkel a két oldal, több megközelítés is létezik: a) átlagszámítás oldalak pontszámából, b) csak az egyik oldal pontozása mindkét fogíven, illetve c) a legmagasabb vagy a legalacsonyabb expressziós fenotípus kiválasztása. Ugyan az „átlagszámításos” módszer kevésbé torzítaná az eredményeket, de történeti embertani anyagban ritkán alkalmazzák, mivel gyakran hiányosak az adatok. Hasonló nehézségbe ütközik a „csak az egyik oldal adatait használó” módszer is, mivel hiányos adatbázison alkalmazva jelentős adatvesztéssel járna a használata. A „tulajdonságok kifejezettségén alapuló” széles körben elterjedt módszerrel kapcsolatban az az általános nézet, hogy a kifejezettebb jelleg jobban tükrözi az egyén genetikai potenciálját, ezért azt érdemes használni a statisztikai elemzésekhez (Scott et al. 2018a).

Non-metrikus jellegek kapcsoltsága

A fogak non-metrikus jellegeinek használata a populációk közötti kapcsolatok vizsgálatára azon a hipotézisen alapul, hogy ezek a morfológiai tulajdonságok egymástól függetlenül öröklődnek (Scott et al. 2018a). Ennek ellenére több kutatás is összefüggéseket talált különböző non-metrikus jellegek között, valamint egyes jellegek és a fogak mérete között is (pl.: Keene 1968; Scott 1977b, 1979; Scott et al. 2018a). A fogak morfológiai tulajdonságainak kapcsoltságát az alábbiak szerint kategorizálják: a) azonos jelleg fogkörzeten belüli-, b) azonos jelleg ellentétes (alsó–felső) fogkörzetek közötti-, c) azonos jelleg ugyanazon állkapocs különböző fogtípusai közötti-, d) különböző jellegek ugyanazon fogkörzet tagjai közötti-, e) különböző jellegek ellentétes fogkörzetek közötti kapcsoltsága (Scott et al. 2018a). Régóta ismert, hogy az azonos fogkörzetbe tartozó fogak képesek ugyanazokat a koronajellemzőket kifejezni, ebből adódóan egy tulajdonság megjelenése a körzet egyik tagján nem független egy másik tag ugyanazon morfológiai jellemzőinek jelenlététől. Ez az összefüggés azonban nem jelenti azt, hogy ez a kapcsoltság minden esetben megfigyelhető. A fogkörzet egyik tagjának morfológiai megjelenése nem feltétlen prediktálja a többi tag fenotípusát. A fentiek alapján az a nullhipotézis, miszerint a non-metrikus tulajdonságok egymástól függetlenek, a fogkörzeten belüli interakciókon kívül értendő és az elemzésekhez ajánlott fogkörzetenként csak egy fog adatait figyelembe venni (Scott et al. 2018a).

A korona előtörés utáni morfológiáját befolyásoló faktorok

A mineralizációs fejlődési fázis után a zománc morfológiája nem képes fiziológiásan megváltozni, mivel elveszíti sejtes elemeit (Hillson 1996), azonban egyedülálló szerkezetének köszönhetően a fogzománc rendkívül kopás- és törésálló, valamint hőszigetelőként is szolgál táplálkozás közben (Wright 2023). Mindezek ellenére a korona alakját előtörés után különböző környezeti faktorok befolyásolhatják. A fogak összedörzsölődése rágás közben (pl.: Lovejoy 1985; d’Incau et al. 2012), a savas ételek vagy a szájban élő baktériumok által termelt savak, valamint az ezekhez szorosan kapcsolódó fogszuvasodás (*caries*) (pl.: Willumsen et al. 2004; Bradshaw–Lynch 2013), a traumák (pl.: Lukacs 2007; Scott–Winn 2011), az ismétlődő eszközhasználat okozta kopás (pl.: Schulz 1977; Minozzi et al. 2003; Scott–Ruth 2008), illetve a fogak szándékos módosítása (pl.: Smith-Guzmán et al. 2020; Verdugo et al. 2020), mind olyan tényezők, amelyek a fogkorona morfológiájának változásához vezethetnek, csökkentve a fejlődés során kialakult karaktervonások megfigyelhetőségét (Scott et al. 2018a).

A fogak morfológiai variációinak kutatástörténete

A fogmorfológiai variációk nemzetközi és magyar kutatástörténetének kezdetei összefonódnak Georg Carabelli von Lunkaszpie magyar származású fogorvos és orvos személyében. Georg Carabelli nevéhez köthető a felső nagyőrlőkön megjelenő *mesiopalatinaris* járulékos csücsök (Carabelli csücsök) leírása (Carabelli 1831, 1842), amelyet a fog non-metrikus jellegekkel kapcsolatos kutatások kezdetének tartanak. Bár a 19. század közepén francia és német fogorvosi iskolákból is megjelentek egyéb közlemények, hasonló horderejű munka nem született. Ezeknek a korai közléseknek mindegyike a jellegek részletes leírására fókuszált és gyakorisági adatokat közölt azok előfordulásáról különböző populációkban, de a jellegek kifejeződésének mértékével és módjaival nem foglalkozott (Scott et al. 2018a; Dern 2023).

A fordulópontot Hrdlička 1920-ban írt közleménye jelentette (Hrdlička 1920), amely részletes ismertetést és irodalmi áttekintést adott a lapát alakú ("showel shaped") metszőfogakról, valamint különböző fokozatokat rendelt a jelleg kifejezettségi szintjeihez. Ez a tanulmány később módszertani alapul szolgált számos további, a fogászati morfológiai jellemzők szabványosítására irányuló kutatásnak is (pl.: Hrdlička 1921; Dietz 1944; Jørgensen 1955).

A következő módszertani mérföldkövet Dahlberg fogmorfológiai kutatása jelentette. Korai munkásságának egyik legfontosabb eredménye Butler mezőelméletének

az emberi fogazatra történő kiterjesztése volt, valamint a "kulcsfogak" fogalmának bevezetése a morfológiai változatok tanulmányozásához (Dahlberg 1945). Az amerikai őslakosok fogazatának több évtizedes vizsgálata során több ezer fogászati gipszmásolatot és feljegyzést készített. Tapasztalatai alapján 1956-ban szabványosított pontozási táblákat adott ki a maradó fogazat tizenhat koronatulajdonságához, részletes morfológiai leírásokkal. Ezeket a táblákat később szétszította a témával foglalkozó és a világ különböző részein tevékenykedő kutatók között. Ez volt az első kísérlet több tulajdonság egyszerre történő szabványosítására, ami nagy áttörést jelentett a vizsgálatok reprodukálhatósága és a vizsgálók személyéből adódó különbségek csökkentése szempontjából (Scott et al. 2018a; Dern 2023). Hanihara 1961-ben, Dahlberg maradó fogakra vonatkozó módszere nyomán kidolgozott egy osztályozási rendszert a tejfogazat non-metrikus tulajdonságainak vizsgálatára is (Hanihara 1961).

A szabványosítás új lendületet adott a fogmorfológiai kutatásoknak, ami számos új vizsgálatot eredményezett. Ezekben a közleményekben főként módszertani kérdéseket tárgyaltak vagy további jellegek leírására fókuszáltak (pl.: Alexandersen 1963; Scott 1977a, 1980; Harris–Bailit 1980; Scott–Dahlberg 1982; Turner 1985; Nichol–Turner 1986). 1991-ben az Arizona State University fogmorfológiával foglalkozó antropológusai létrehoztak egy új, harminchat fogászati és négy nem fogászati orális jellemző pontozására alkalmas, standardizált vizsgálati rendszert, ami az „*Arizona State Dental Anthropology System*” (ASUDAS) nevet kapta (Turner et al. 1991). Ugyan ekkorra már az ASUDAS-ban foglaltaknál több fog non-metrikus tulajdonságot is leírtak, a jellegek kiválasztásakor igyekeztek szem előtt tartani, hogy azok a leginkább alkalmasak legyenek a populációk közti összehasonlító vizsgálatokra.

Azt feltételezték, hogy azok a morfológiai különbségek, amik nagymértékben eltérnek a fogak általános felépítésétől, funkcionálisan károsak lehetnek és szelekciós nyomás alatt állhatnak, míg az attól kis mértékben eltérő morfológiai variációk inkább genetikai sodródás eredményeinek tekinthetők, ezért alkalmasak lehetnek populációk közti különbségek vizsgálatára (Butler 1982; Scott et al. 2018a).

Ezt szem előtt tartva, a jellegek kiválasztásakor olyan szempontokat vettek figyelembe, mint az adaptív értéktől független lassú evolúció, alacsony vagy hiányzó nemi dimorfizmus, könnyű megfigyelhetőség, valamint, hogy kellően reprezentáljanak különböző populációkat (Turner et al. 1991). Munkájuk révén létrehozták a fogászati non-metrikus tulajdonságok pontozásának jelenleg is használt szabványosított rendszerét, amelyet később bővítettek és finomítottak (Scott–Irish 2017; Pilloud et al. 2022). Továbbá

kiadtak egy összefoglaló kötetet a fogászati non-metrikus kutatások addigi eredményeiről, amelyben átfogó adatokat közöltek a jellegek globális gyakoriságáról is (Scott et al. 2018a).

A genetikai vizsgálatok fejlődésével egyre több tanulmány foglalkozott azzal a kérdéssel, hogy a fog non-metrikus adatok valóban használhatók-e a genetikai vizsgálatok alternatívájaként különböző populációk biológiai kapcsolatainak feltárására. Egyes kutatások a különböző jellegek öröklődését vizsgálták (pl.: Stojanowski et al. 2018, 2019), míg mások biológiai távolságmérő módszerekkel vetették össze a genetikai és fog non-metrikus adatokból számított távolságokat (pl.: Hubbard 2012; Hubbard et al. 2015; Rathmann et al. 2017; Irish et al. 2020; Rathmann–Reyes-Centeno 2020; Scott et al. 2021). Ezek a kutatások főként recens és recens-történeti populációkat vizsgáltak regionális vagy globális szinten. A legtöbb ilyen kutatásban a genetikai és fogmorfológiai adatok azonos vagy közeli populációkból, de nem azonos egyénekből származtak, ami azonban befolyásolhatta a kutatás eredményeit (Irish et al. 2020). Az egyetlen eddig közzétett elemzés, amely azonos egyének genetikai és fogmorfológiai adatait használja, egy kenyai mikrorégió recens populációinak összehasonlító vizsgálata volt (Hubbard 2012; Hubbard et al. 2015).

Fogmorfológiai vizsgálatok Magyarországon

Carabelli nemzetközi szinten elismert közlései után a következő kutatási mérföldkövet Árkövy József munkássága jelentette, akinek a nevéhez köthető az első budapesti fogászati klinika megnyitása is. 1904-es tanulmányában foglalkozott az emberi fogazat számának csökkenő evolúciós tendenciáival, vizsgálta a fogak morfológiai jellegeinek megjelenését (pl: *foramen coecum*, *basal cingulum*) recens és történeti népeségek fogazatán egyaránt, valamint összefüggést keresett a caries kialakulása és a fogak morfológiai variációi között (Árkövy 1904). Kocsis 2000-ben megjelent közleményében a következőket írta vele kapcsolatban: „...Árkövyt tekinthetjük az első magyar tudósnak, aki a mai értelemben vett paleosztomatológiai vizsgálatot végzett.” (Kocsis-Savanya 2000).

1908-ban Hillebrand Jenő jelentetett meg egy áttekintő fogászati antropológia és paleosztomatológia témakörű könyvet „Újabb adatok az ember fogainak alaktanához” címmel. A könyv harmadik fejezetében részletesen foglalkozik a fogak általános morfológiájával, valamint az esetenként megjelenő számfeletti csücskökkel is. Egyebek közt leírja az alsó nagyőrlők *buccalis* felszínén megjelenő számfeletti csücsköt (Hillebrand 1908), ami később Dahlberg közlése alapján *protostylid* néven vált ismerté (Dahlberg

1950). Munkáját ugyan magyar és német nyelven is megjelentette, könyve ennek ellenére nagyon kis hazai és nemzetközi figyelmet kapott (Kocsis-Savanya 2000).

Lenhossék Mihály 1917-ben megjelent, főként a fogszuvasodás gyakoriságára fókuszáló, „A fogszú pusztítása egykor és most (Destruction of teeth by dental caries in the past and in the present)” című tanulmánya nemzetközileg is ismertté vált. A publikációhoz vizsgálati anyagként szolgáló történeti embertani leletegyüttesek egyéb adatait 1922-ben a „Handbuch der Zahnheilkunde” című kötet „Makroskopische Anatomie” című fejezetében jelentette meg, ahol a fogak morfológiai variációiról is értekezett (pl.: kétgyökerű alsó szemfog) (Kocsis-Savanya 2000).

Ugyan az 1900-as években további közlemények is születtek fogmorfológiai témakörben (pl.: Schranz–Huszár 1954; Brabant–Nemeskéri 1963; Bartucz 1966; Farkas–Marcsik 1975), a történeti népességek ezirányú kutatása az 1980-as évektől lendült fel Kocsis S. Gábor munkásságának köszönhetően. A Szegedi Tudományegyetem Fogorvostudományi Karán tanszékvezető egyetemi docensként dolgozó kutató egyedüli szerzőként, valamint történeti embertannal foglalkozó kutatókkal közreműködve több tucat, főként a fogak fejlődési rendellenességeire fókuszáló tanulmányt közölt magyar, német és angol nyelven (pl.: Kocsis S.–Marcsik 1981; Kocsis S. 1993, 1994; Maczel et al. 1998).

Az utóbbi időszakban kevesebb tudományos érdeklődést kapott Magyarországon a történeti népességek fogmorfológiai kutatása és csak néhány közlemény jelent meg hazai kutatóktól (pl.: Molnár–Horváth 1995; Kocsis-Savanya–Marcsik–Kókai–Kocsis 2002; Budai 2007). Ennek ellenére a nemzetközi figyelem a Kárpát-medence népvándorlás kori népességeinek fogmorfológiai kutatása felé fordult. Az utóbbi egy évben több magyarországi embertani anyagok vizsgálatán alapuló tudományos munka is született (Scott et al. 2022; Dern 2023; Piccirilli et al. 2023).

A kutatás célkitűzései

Magyarországon a történeti korokban élt népességek biológiai kapcsolatainak feltárására, eredetük megismerésére, eddig főként taxonómiai, kraniometriai, illetve archeogenetikai módszereket alkalmaztak. Ugyanebben a kérdéskörben a legrészletesebb adatokat a genetikai vizsgálatok biztosítják, ennek a módszernek is megvannak a maga korlátai pl.: DNS rossz megőrződése). Mindemellett, a különböző történeti korokat felölelő genetikai elemzésekhez máig egy olyan mintaválasztásos stratégia terjedt el, ami az antropológiai vizsgálatok eredményeire is nagyban hagyatkozik.

A nemzetközi gyakorlatban a biogeográfiai eredet meghatározására egyre elterjedtebbek a fogak non-metrikus jellegeire fókuszáló vizsgálatok. A rendelkezésre álló nagyszámú archeogenetikai adat ellenére azonban rendkívül alacsony a két módszeren alapuló eredmények összehasonlítására irányuló kutatások száma. Ezt szem előtt tartva fő célkitűzésünk ismert archeogenetikai adatokkal rendelkező történeti embertani leletek fogmorfológiai elemzése és a non-metrikus adatokon alapuló módszer lehetőségeinek, illetve korlátainak feltérképezése az archeogenetikai eredmények tükrében.

Ehhez olyan 6–11. századi Kárpát-medencéből származó embertani maradványok fogazatát vizsgáltuk meg, amelyekről rendelkezésünkre álltak közölt teljes genom adatok. Mivel ebből a régióból eddig kevés szisztematikus, fogmorfológiai tulajdonságokra fókuszáló vizsgálati eredmény született, szükségesnek láttuk alap kutatási kérdések megfogalmazását is. Vizsgálatunkat ennek megfelelően két fázisra bontottuk.

I. fázis:

A vizsgálat elején az anyag fogmorfológiai összetételére vonatkozó általános információk szerzésére/nyerésére, valamint alapvető kutatómódszertani hipotézisek tesztelésére fókuszáltunk.

A vizsgálati anyag általános fogmorfológiai összetételével kapcsolatos kutatási kérdések:

- Milyen az egyes jellegek vizsgálhatósága a különböző fogakon a szelektált 6–11. századi Kárpát-medencei embertani anyagon?
- Az egyes jellegek milyen gyakorisággal fejeződtek ki a 6–11. századi Kárpát-medencei vizsgált embertani szériákon? Melyek a ritkán és gyakran megjelenő jellegek?
- A vizsgált történeti korokban (avar és honfoglalás kor) élt egyének fogazatán megfigyelhetünk-e olyan fogmorfológiai jellegeket, amelyek szignifikánsan gyakrabban fordulnak elő valamelyik korszak népességében?

Kutatómódszertani hipotézisekre vonatkozó kérdések:

- A Kárpát-medencei vizsgálati anyagon is a nemzetközi gyakorlatban kijelölt „kulcsfogak” mutatják-e a legnagyobb aszimmetriát?
- Mennyivel javítja a vizsgálati anyag egyéni lefedettségét (hány jelleg volt vizsgálható egyénenként) a non-metrikus jellegek „egyéni számítási módja”, tehát az antimer fogak adatainak az összevonása?

- A Kárpát-medencei vizsgálati anyagra is igaz-e az a munkahipotézis, hogy a non-metrikus jellegek közt nincs, vagy csak elhanyagolható mértékű a nemi dimorfizmus?
- A Kárpát-medencei vizsgálati anyagon mennyiben teljesül az a munkahipotézis, hogy az egyes jellegek kifejeződése egymástól független?

II. fázis:

A vizsgálatok második felében a fogmorfológiai és a populációgenetikai adatok mélyebb összefüggéseinek vizsgálatára fókuszáltunk.

- Van-e összefüggés egyes jellegek kifejeződése és a genetikai módszerekkel feltárt biogeográfiai leszármazás között?
- Lehetséges-e fogmorfológiai adatok alapján egyéni szinten megbecsülni a biogeográfiai származást?
- Alkalmas lehet-e a fogmorfológiai vizsgálat az egyes temetők embertani anyagának, genetikai diverzitásának a feltérképezésére a genetikai mintavételezés előtt?

Vizsgálati anyag

A vizsgálati anyag kiválasztásának genetikai és régészeti szempontjai

A célkitűzésekben foglaltakat szem előtt tartva a vizsgálati anyag összeállításakor elsődleges szempont volt olyan történelmi korszak vagy korszakok kiválasztása, amelyből vagy amelyekből a legtöbb közölt archeogenetikai adat áll a rendelkezésünkre. Az elmúlt pár évben az avar kori és a honfoglalás kori népesség eredetének kutatása került a genomelemzések fókuszába Magyarországon. Ennek köszönhetően már 304, a Kárpát-medencéből származó 6–11. századi történeti embertani maradvány teljes genom vizsgálatának eredményét közzétették (Gnecchi-Ruscone et al. 2022; Maróti et al. 2022).

Avar kor

Írott források alapján az avarok az 550-es években érkeztek Európába, Kárpát-medencei megtelepedésüket pedig 567 és 568 közé teszik. Az alföldi és erdélyi Gepida Királyság és a dunántúli Langobard Királyság egykori területeit elfoglalva az Avar Kaganátus a teljes Kárpát-medencére kiterjesztette a fennhatóságát (Szádeczky-Kardoss 1998).

A sztyeppéről érkezett avarok heterogén összetételűek voltak, vándorlásuk során számos egyéb népcsoportot magukba olvasztottak, és Kárpát-medencei megtelepedésüket követően az itt tovább élő langobard és gepida kori népességet is integrálták (pl.: Vida 2008, 2018a, 2021; Kiss P. 2015; Koncz 2015). A korszak temetőinek kulturális heterogenitása alapján azt feltételezik, hogy a megtelepedést követően a népek keveredése gyorsan megindult (pl.: Vida 2008). Emellett a régió népességének diverzitását belső vándorlások és további, kelet-európai csoportok folyamatos betelepülése tovább fokozhatta (pl.: Alattyán–Tulát és Szarvas–Grexa-téglagyár temetői esetében – lásd (Kovrig 1963; Juhász 2004).

Az avar kori népesség heterogenitását támasztják alá a bioarcheológiai kutatások eredményei is. Az embertani vizsgálatok (kranimetriai és taxonómiai) karakterisztikus mongolid, europo-mongolid és europid jellegeket figyeltek meg a korabeli csontmaradványokon, és az egyes típusok eltérő földrajzi eloszlást mutatnak (Éry 1982; Lipták 1983; Marcsik–Molnár 2019; Szeniczey 2019). Az utóbbi években az archeogenetikai vizsgálatok megindulásával még részletesebb képet alkottak az avar korban élt egyének származásáról. Megerősítették az avar kori népesség heterogenitását, amely európai és ázsiai eredetű komponenseket is tartalmazott, így például közép-ázsiai eredetű csoportot is azonosítottak közöttük (Gnecchi-Ruscone et al. 2022; Maróti et al. 2022).

Az avar korszakot hagyományosan három fázisra osztják, amit a kutatás kora (~568–650/670), közép (~650/670–710), és késő (~710–822) avar kornak nevez (pl.: Daim 2003), azonban az egyes időszakok alsó és felső határának a pontos megállapítása elméleti viták tárgyát képezi (lásd pl.: Szenthe 2021).

A korai időszakban az Avar Kaganátus szociális és adminisztratív struktúráját a nomád tradíciók határozták meg (Pohl 2018), majd később, a közép avar periódusban a régészeti leletek alapján összetett strukturális átalakulás ment végbe (pl.: Szenthe 2016, 2021). A változás egyik legfontosabb eleme a kiterjedt falusias településrendszer kiépülése, ami arra utal, hogy a népesség életmódja fokozatosan elvesztette nomád jellegét (Szentpéteri 2002).

Az avarok erős katonai hatalmi központot alakítottak ki, számos fegyveres konfliktusba kapcsolódtak be, és több hadjáratot vezettek a környező országokba, elsősorban a korai időszakban (pl.: Pohl 2018). A késő avar korra azonban a központi hatalom meggyengült, amit súlyosbítottak a frankok avarok ellen vezetett hadjáratai a 8. század végén (pl.: Pohl 2018). A belpolitikai válság és a külső támadások következtében a 9. században az Avar Kaganátus, mint önálló hatalmi szervezet megszűnt létezni. Sokáig úgy gondolták, hogy ez egyben a teljes lakosság pusztulását eredményezte, azonban egyre több régészeti adat bizonyítja az avar kori lakosság tovább élését (pl.: Szenthe 2021).

Honfoglalás és kora Árpád-kor

Az írott források alapján a 9. század első felében kelet felől egy új népesség, a magyarok jelentek meg Európában, akik számos harci cselekménybe kapcsolódtak be katonai segédnépként (HKÍF 1995). Ezek révén a század második felében a Kárpát-medencébe is eljutottak, amit jelen tudásunk szerint a 9. század végén, 10. század elején foglaltak el (895–904 körül) (Révész 2021). A régió az Avar Kaganátus bukását követően sem volt lakatlan. A 9. században a dunántúli területek a Frank Birodalom fennhatósága alá kerültek, míg Erdélyt a Bolgár Birodalom foglalta el. Az északi és déli területeken főként szláv lakosság élt, az Alföldön pedig tovább élő avar csoportokkal számol a kutatás (Révész 2014; Szőke 2014; Gáll 2019). Ebben az időszakban tehát a Kárpát-medence politikailag és népesség szempontjából is osztott volt, ami nagyban hozzájárult ahhoz, hogy a magyarok viszonylag rövid idő alatt terjesztették ki hatalmukat a területre, ezzel létrehozva saját nomád államalakulatukat (Gáll 2019).

A Kárpát-medencébe újonnan érkező magyarok a bioarcheológiai vizsgálatok alapján az avarokhoz hasonlóan heterogén összetételűek lehettek, ugyanakkor eltértek az

avar népességtől. Az embertani vizsgálatok során a honfoglalás kori egyének koponyáin megfigyeltek mongolid, europo-mongolid és europid elemeket, azonban a mongolid vonások ritkábban fordultak elő az avar kori népességnél megfigyelt tendenciákhoz képest (Lipták 1957, 1983; Éry 1982, 1994; Tihanyi–Marcsik 2020). A legújabb, nagy felbontású archeogenetikai vizsgálatok is ezt a képet erősítik meg, és szintén heterogén, európai és ázsiai eredetű komponenseket tartalmazó népességet rekonstruáltak a kutatók (Maróti et al. 2022).

A magyarok hatalmuk megszilárdítását követően kellő erővel rendelkeztek, hogy relatíve kis létszámuk ellenére (pl.: Takács 2006), sikerrel integrálták a helyben talált népességet (Gáll 2019). Emellett, a 10. század első felében, a „kalandozások” néven ismert időszakban számos sikeres támadó hadjáratot vezettek Európa szerte (Veszprémy 2017). Ezek azonban a század második felére, utolsó harmadára megszűntek, a régészeti adatok alapján pedig jelentős belső változások (pl.: népességbeli és kulturális) zajlottak le (pl.: Gáll 2019; Révész 2020, 2021). Ezek végsősoron oda vezettek, hogy az ezredfordulón, 1000/1001-ben létrejött a keresztény Magyar Királyság.

A vizsgálatba bevont minták értékelése kapcsán fontos kiemelni, hogy ugyan a honfoglalás egy rövid időszak eseménysorozatát foglalja magában, a jelenleg rendelkezésre álló régészeti módszerek nem alkalmasak egy ilyen szűk időszak lehatárolására. Ezért a régészetben a honfoglalás kor kifejezés a teljes 10. századot magában foglalja (Hampel 1900; Langó 2007). Mindemellett több olyan 10. században induló temető is ismert, aminek a használata belenyúlik a 11. századba is, a vizsgált leletanyagot pedig sokszor nem lehet a 10. század végével lehatárolni (lásd pl.: Kovács 2013; Révész 2020).

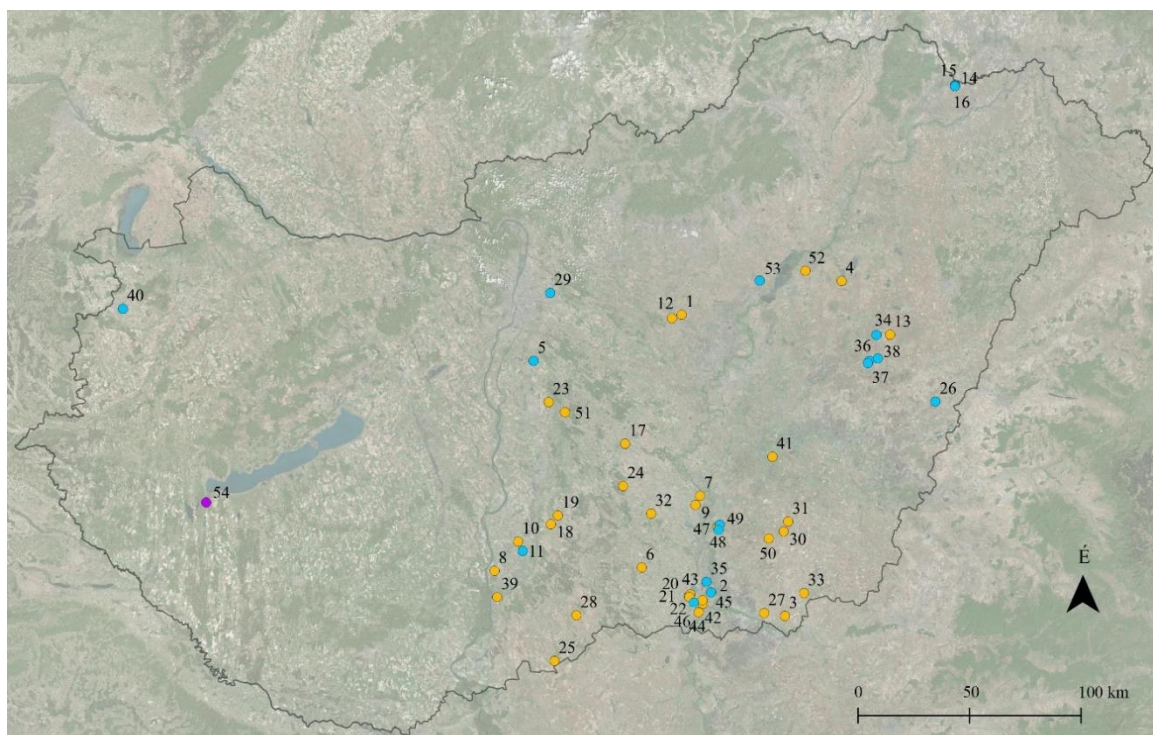
A vizsgálati anyag összetétele

Összességében elmondható, hogy a Kárpát-medencében a 6–11. században szinte folyamatos volt a népmozgás. Több hullámban érkeztek ázsiai gyökerekkel rendelkező heterogén összetételű népcsoportok, akik integrálták a szintén változatos eredetű helyben talált lakosságot. Ez alapján az avar és a honfoglalás kori népességek fogmorfológiai kutatásával nemcsak regionális szinten kaphatunk információkat, hanem kontinentális léptékben is tanulmányozhatjuk az egyes morfológiai jellegek genetikai összefüggéseit.

Fentiek alapján a dolgozat azon 304 egyén fogzatának morfológiai vizsgálatát tűzte ki célul, akik a 6–11. századi Kárpát-medencében éltek, és rendelkezésre állnak róluk publikált teljes genom adatok. Annak a kutatási kérdésnek a tesztelésére, hogy alkalmas lehet-e a módszer következtetések levonására olyan esetben, amikor nem áll

rendelkezésünkre genetikai adat, további 100 avar és honfoglaláskori egyént is bevontunk a vizsgálatba. Ezeket a maradványokat korábban szintén kiválasztották archeogenetikai mintavételre, azonban esetükben a DNS megőrződése nem volt megfelelő a további vizsgálatokhoz, így róluk nem rendelkezünk genetikai információkkal.

A 404 történeti embertani leletet magába foglaló elsődleges vizsgálati anyag tehát két részből tevődik össze. Az egyik a későbbiekben „A”-val jelölt fókuszcsoporthoz, amely esetében a vizsgált egyénekből publikált genetikai információk is a rendelkezésünkre állnak. A másik egység pedig a „B”-vel jelölt kísérleti csoport, amelynek tagjairól nincsenek archeogenetikai adataink. A lelőhelyek listáját tekintve a két csoport átfed egymással, így mind az A, mind a B csoportba kerültek egyének azonos temetőkből. Összességében 60 avar és 20 honfoglalás kori, valamint 1 mindkét korszakot lefedő lelőhelyről származó embertani anyag képezi vizsgálatunk tárgyát. A kutatásba bevont lelőhelyek főként a Duna-Tisza-közi és a tiszántúli régiókból származnak (6. ábra). A lelőhelyek listáját, a vonatkozó régészeti és embertani közlések adatait az F1. táblázat tartalmazza.



6. ábra. A vizsgált lelőhelyek elhelyezkedése a mai Magyarország területén (sárga: avar kor; kék: honfoglalás kor; lila: avar és honfoglalás kor). Az ábrán csak azokat a lelőhelyeket tüntettük fel, ahonnan legalább egy egyén alkalmas volt fogmorfológiai vizsgálatra (1. Alattyán–Tulát; 2. Algyő 258. kútkörzet; 3. Apátfalva–Nagyútdűlő; 4. Árkus–Homokbánya ; 5. Bugyi–Kisványpusztá; 6. Csólyospálos–Felsőpálos; 7. Csongrád–Berzsenyi utca; 8. Fajsz–Garadomb; 9. Felgyő–Ürmös tanya; 10. Homokmégy–Halom; 11. Homokmégy–Székes; 12. Jánoshida–Tótkérpusztá; 13. Kaba–Dögös; 14. Karos–I; 15. Karos–II; 16. Karos–III; 17. Kecskemét–Sallai út; 18. Kiskőrös–Pohibuj Mackó dűlő; 19. Kiskőrös–Vágóhídi dűlő; 20. Kiskundorozsma–Daruhalom–dűlő; 21.

Kiskundorozsma–Kettőshatár I; 22. Kiskundorozsma–Kettőshatár II; 23. Kunpeszér–Felsőpeszéri út; 24. Kunszállás–Fülöpjakab; 25. Madaras–Téglavető; 26. Magyarhomoróg–Könyadomb; 27. Makó–Mikócsa halom; 28. Mélykút–Sáncdűlő; 29. Nagytarcsa–Homokbánya; 30. Orosháza–Bónum Téglagyár; 31. Orosháza–Béke tsz.; 32. Petőfiszállás; 33. Pitvaros–Víztározó; 34. Püspökladány–Eperjesvölgy; 35. Sándorfalva–Eperjes; 36. Sárrétudvari–Hízóföld; 37. Sárrétudvari–Őrhalom; 38. Sárrétudvari–Poroshalom; 39. Sükösd–Ságod ; 40. Szakony–Kavicsbánya; 41. Szarvas–Grexa téglagyár; 42. Szeged–Csongrádi sgt.; 43. Szeged–Fehértó A; 44. Szeged–Kundomb; 45. Szeged–Makkoserdő; 46. Szeged–Óthalom; 47. Szegvár–Oromdűlő (avar kor); 48. Szegvár–Oromdűlő (honfoglalás kor); 49. Szegvár–Szőlőkalja; 50. Székkutas–Kápolnadűlő; 51. Tatárszentgyörgy–Szabadtérpuszta; 52. Tiszafüred–Majoroshalom; 53. Tiszanána–Cseh tanya; 54. Vörs–Papkert B). Az ábra a Magyar Nemzeti Múzeum, Régészeti Adatbázisának adatai alapján készült (online hivatkozás 1.) a QGIS program felhasználásával. A készítésében közreműködött: Madai Ágota

Vizsgálhatósági kritériumok

Az elsődleges vizsgálati anyagból kizárásra kerültek a fogmorfológiai vizsgálatokra alkalmatlan egyének. Kizártunk minden olyan esetet, amelynél anyagkeveredés vagy annak gyanúja állt fenn. Továbbá azokat az egyéneket, akiknél a teljes fogazat *antemortem* vagy *post mortem* elveszett, valamint a fogak annyira roncsolódtak (pl. erőteljes *antemortem* kopás, *post mortem* sérülések), hogy nem lehetett rajtuk morfológiai jeleget megfigyelni.

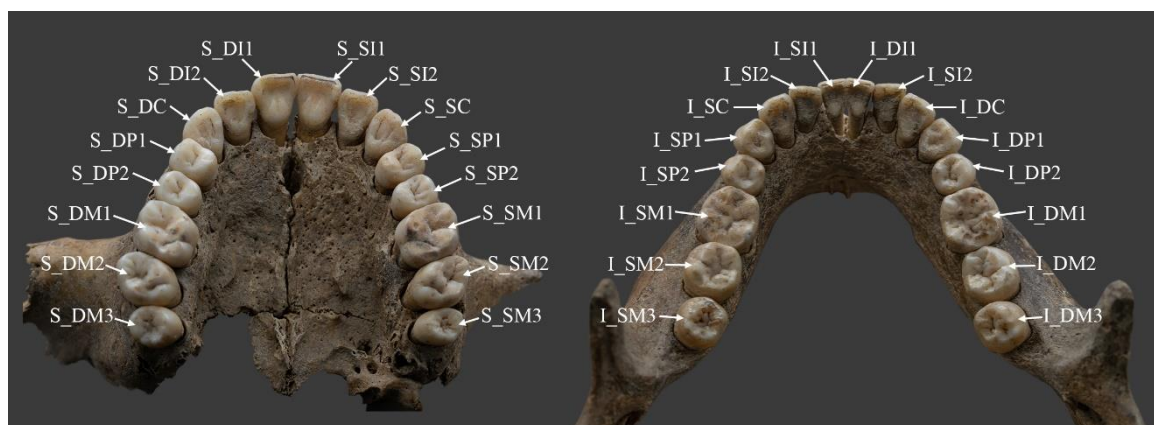
A vizsgálatba bevont 404 egyén közül összességében 185 volt alkalmas a fogmorfológiai adatok felvételére (F2. táblázat). Ebből 137 egyén az A, tehát közölt genomadatokkal rendelkező fókuszcsoporthoz, és 48 egyén a B, genetikai adatokkal nem rendelkező, kísérleti csoport tagja volt. Az A csoportból 87 férfi (61 avar kori és 26 honfoglalás kori) és 49 nő (34 avar kori és 15 honfoglalás kori), valamint 1 avar kori, nem meghatározható nemű egyén adatait tudtuk rögzíteni.

Mivel a vizsgálati anyag kiválasztásánál elsődleges szempont volt, hogy a kutatásba bevont egyénekről genetikai adatokkal rendelkezünk (A csoport), így a vizsgálati anyag mennyiségét elsősorban az archeogenetikai szempontból eddig közölt esetek száma határozta meg. Ebből következik, hogy az avar kori és a honfoglalás kori, valamint férfi és női minták száma nem arányos, amit fontos szem előtt tartanunk a következtetések levonásánál is.

Vizsgálati módszer

A fogak jelölésére használt módszerek

A dolgozatban a fogak jelölésére az úgynevezett kódoló módszert (Descriptive coding scheme) (7. ábra) (Scheuer–Black 2004; Nikita 2017) alkalmaztuk, kisebb módosításokkal. A jelöléshez a kvadránsok és a fogak angol nevének kezdőbetűi helyett a hazai és nemzetközi anatómiai nevezéktanban is elfogadott latin neveket, illetve ezek kezdőbetűit használtuk. A fogak jelölésénél először meghatároztuk, hogy felső (S) vagy alsó (I) állcsontba tartozik-e, ez után pedig a kvadráns oldaliságát (jobb - D, bal - S) állapítottuk meg. Ezt követte a fogtípus megnevezése, ami a maradó fogak esetén metszőfog (I), szemfog (C), kisőrlő (P) és nagyőrlő (M) lehet. Végül számmal jelöltük, hogy a fogtípuson belül *distalis* irányban hányadik a fog. Ezt a módszert alkalmazva például a jobb felső második nagyőrlő jelölése: S_DM2.



7. ábra. A fogak jelölése. Készítette: Kis Luca

Az őrlőfogak esetében a fő csücskök jelölésére a Gregory-féle 1916-os nevezéktant használtuk (Gregory 1916; Scheuer–Black 2004; Nikita 2017).

Fog non-metrikus jellegek rögzítése

A fog non-metrikus jellegek vizsgálatához a nemzetközileg ismert és elfogadott ASUDAS-t vettük alapul. A rendszerben használt jelleg-listát az első publikálás óta többször módosították és finomították (Turner et al. 1991; Scott–Irish 2017; Pilloud et al. 2022), amit figyelembe vettünk a protokoll összeállítása során. A kutatás G. Richard Scottal, az ASUDAS egyik alapítójával szoros együttműködésben zajlott, és az adatfelvételhez az általa javasolt legfrissebb jellegkészletet használtuk. Emellett, a vizsgálatok megkezdése előtt, személyesen konzultáltunk az egyes jellegek rögzítési módjáról.

Az adatfelvételhez a Bone Clones által kiadott *The Turner-Scott Dental Anthropology System – Dental Plaque Set DAS-100-Set* referencia fog-öntvény készletet

használtuk. A legtöbb jelleget az öntvénykészletnek megfelelő, a 2017-es publikációban (Scott–Irish 2017) közölt fokozati skálán rögzítettük. A 2017-es listán még nem szereplő jellegekhez (pl.: „potato tooth” és „molar crenulations”) a 2022-es kézikönyvben (Pilloud et al. 2022) leírt osztályozási módot használtuk. Mivel csak a jellegek egy részének van megfelelője a magyar nevezéktanban, ezért a jellegek megnevezésére a nemzetközileg elfogadott angol kifejezéseket és rövidítéseket használtuk.

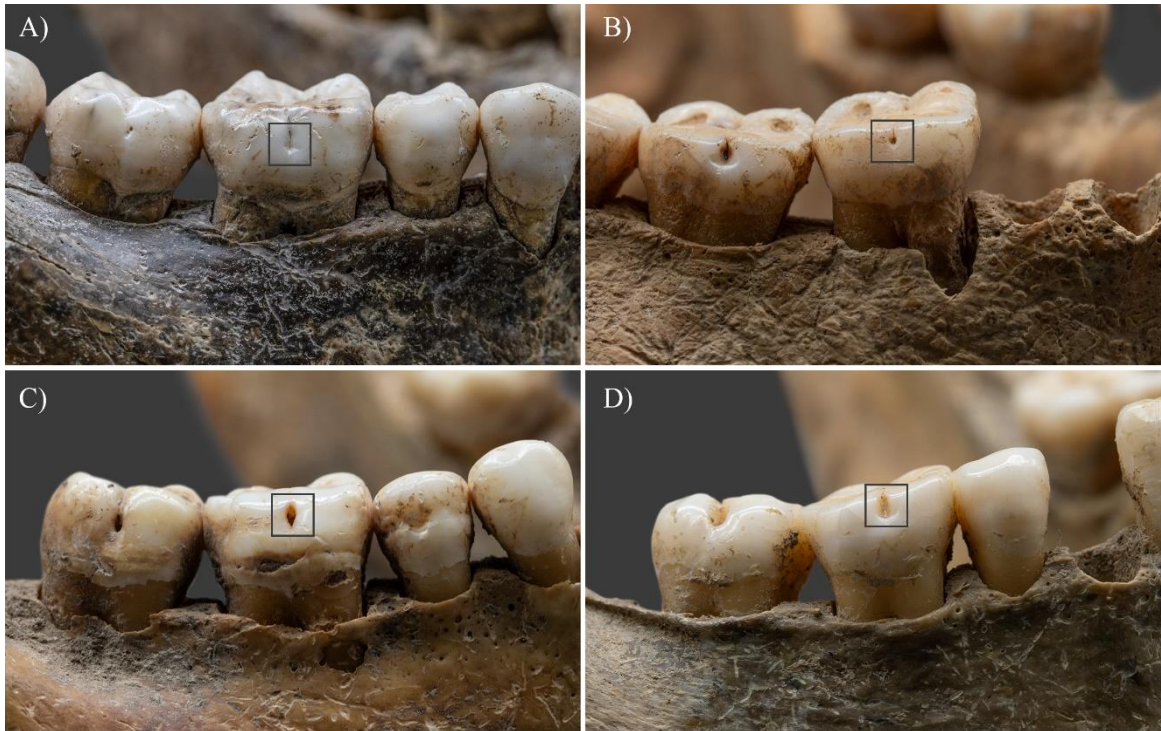
Az adatfelvételi folyamat során két jelleg (Protostylid és Distal trigonid crest) esetén az eredeti ASUDAS-ban leírtaknál nagyobb felbontású rögzítés is szükségesnek bizonyult:

Több kutató, köztük az ASUDAS létrehozói is felvetették, hogy a protostylid első fokozataként használt „buccal pit” nem feltétlen része a jellegegyüttesnek (Scott–Irish 2017), hanem külön morfológiai tulajdonságként kezelendő. Ezen kívül a fog-morfológián alapuló humán evolúciós kutatások felhívták a figyelmet arra, hogy a szóban forgó jelleg nemcsak az alsó nagyörlők buccalis csücskei közti barázdából indulhat ki, hanem a *protoconidon* a barázdától *mesialis* irányban is kifejeződhet (Skinner–Wood–Hublin 2009). Ezt szem előtt tartva az eredeti, ASUDAS-ban leírt rögzítési mód mellett további három, új adatfelvételi technikát is bevezettünk a különböző kifejezettségi formák leírásához. A *protostylid* kifejeződésének helyét a *protoconid* felszínén a Skinner és munkatársai által közölt felosztás alapján határoztuk meg (Skinner–Wood–Hublin 2009). Buccal pit:

Az alsó örlőfogak *buccalis* felszínén a *protoconid* és *hypoconid* közötti barázda középső részén megjelenő kis méretű *foramen*.

Osztályozásához használt fokozatok (8. ábra):

0. Nincs a *buccalis* csücskök közti barázdában *foramen*.
1. Jól kivehető, de 0,5 mm átmérőjű, vagy annál kisebb *foramen* van jelen.
2. A *buccalis* csücskök közti barázdában a *foramen* 0,5 mm-nél nagyobb, elérheti az 1 mm átmérőt.
3. A *buccalis* csücskök közti barázdában a *foramen* nagyobb, mint 1 mm.



8. ábra. A Buccal pit fokozatai. A) 0. fokozat a jobb alsó első nagyőrlőn (Fajsz–Garadomb 4. sír).

B) 1. fokozat a jobb alsó első nagyőrlőn (Pitvaros–Víztározó 12. sír). C) 2. fokozat a jobb alsó első nagyőrlőn (Szegvár–Szőlőkalja 44. sír). D) 3. fokozat a jobb alsó első nagyőrlőn (Magyarhomoróg–Kónyadomb 23. sír). Készítette: Kis Luca

Protostylid medial:

Az alsó őrlőfogakon, a *buccalis* csücskök közti barázdából kiinduló, a *protoconid medialis* részén megjelenő, vízszintes vagy ferde kiemelkedés, ami szabad csúcsú csücsök formájában is kifejeződhet. A fokozatok megjelöléséhez az eredeti, ASUDAS-ban használt felosztást használtuk azzal a különbséggel, hogy az 1. (buccal pit) és 2. fokozatot nem vettük figyelembe. A 2. fokozat kihagyását a jelleg olyan enyhe kifejezettségi foka indokolta, ami nagyon nehezen rögzíthető történeti embertani anyagon.

Osztályozásához használt fokozatok (9. ábra):

1. A *buccalis* csücskök közti barázdából kiinduló enyhe pozitív kiemelkedés.
2. A *buccalis* csücskök közti barázdából kiinduló közepes pozitív kiemelkedés.
3. A *buccalis* csücskök közti barázdából kiinduló erőteljes pozitív kiemelkedés.
4. A *buccalis* csücskök közti barázdából kiinduló kifejezett pozitív kiemelkedés.
5. A *buccalis* csücskök közti barázdából kiinduló kifejezett pozitív kiemelkedés szabad csúcsú csücsök formájában.



9. ábra. A Protostylid medial fokozatai. A) 0. fokozat a bal alsó első nagyőrlőn (Fajsz–Garadomb 4. sír). B) 1. fokozat a bal alsó második nagyőrlőn (Sárrétudvari–Hízó föld 98. sír). C) 2. fokozat a bal alsó első nagyőrlőn (Kaba–Dögös 118. sír). D) 3. fokozat a bal alsó első nagyőrlőn (Sárrétudvari–Hízó föld 175. sír). E) 4. fokozat a bal alsó második nagyőrlőn (Sárrétudvari–Hízó föld 175. sír). F) 5. fokozat a bal alsó második nagyőrlőn (Sükösd–Ságod 17. sír). Készítette: Kis Luca

Protostylid anterior:

Az alsó őrlőfogakon, a *protoconid buccalis* felszínének mediális részén megjelenő *foramen*, barázda vagy csücsök, ami nem érintkezik *buccalis* csücskök közti barázdával.

Osztályozásához használt fokozatok (10. ábra):

1. *Protoconid buccalis* felszínének *mesialis* részén megjelenő 1 vagy több *foramen*.
2. *Protoconid buccalis* felszínének *mesialis* részén megjelenő *foramen*, alatta kiemelkedéssel.
3. *Protoconid buccalis* felszínének *mesialis* részén megjelenő vertikális barázda.

4. *Protoconid buccalis* felszínének *mesialis* részén megjelenő egymással összetartó ferde lefutású barázdák, köztük enyhe kiemelkedéssel.
5. *Protoconid buccalis* felszínének *mesialis* részén megjelenő mély, ferde lefutású barázdá vagy egymással összetartó barázdák, köztük kifejezett kiemelkedéssel.



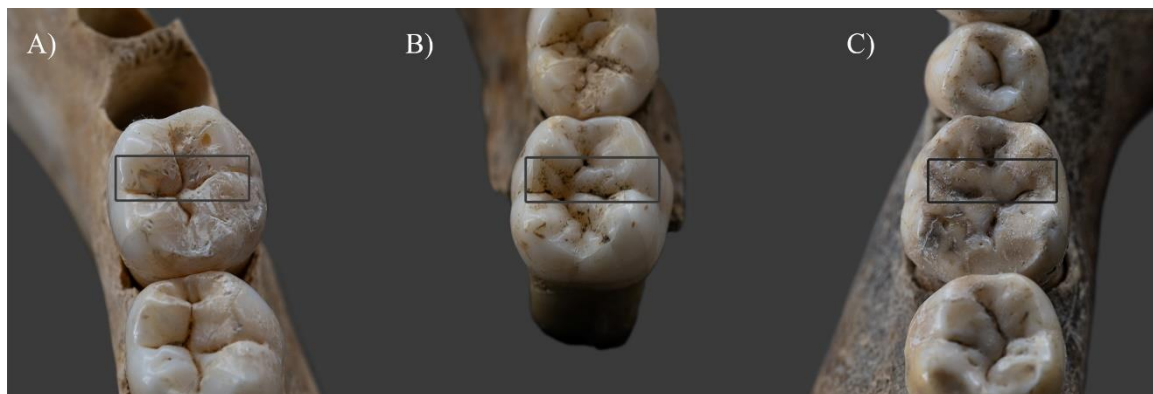
10. ábra. A Protostylid anterior fokozatai. A) 0. fokozat a bal alsó első nagyőrlőn (Fajsz–Garadomb 4. sír). B) 1. fokozat a bal alsó második nagyőrlőn (Sárrétudvari–Hízó föld 98. sír). C) 2. fokozat a jobb alsó második nagyőrlőn (Kunszállás–Fülöpjakab 28. sír). D) 3. fokozat a jobb alsó harmadik nagyőrlőn (Árkus–Homokbánya 26. sír). E) 4. fokozat a bal alsó első nagyőrlőn (Pitvaros–Víztározó 147. sír). F) 5. fokozat a jobb alsó harmadik nagyőrlőn (Szeged–Kundomb 74. sír). Készítette: Kis Luca

Distal trigonid chrest (11. ábra):

Az alsó nagyőrlők két fő csúcsát a *protoconidot* és a *metaconidot* összekötő *distalis* gerinc, ami megjelenését tekintve lehet folytonos és megszakított (Scott–Irish 2017). Az ASUDAS-ban szereplő osztályozási rendszerben azonban ez a két forma nem rögzíthető,

mivel bináris módon értékelik (Scott–Irish 2017; Pilloud et al. 2022). Kutatásunk során a jelleget három fokozatú skálán osztályoztuk:

1. A *protoconid*ot és a *metaconid*ot összekötő *distalis gerinc* hiányzik.
2. A *protoconid*ot és a *metaconid*ot összekötő *distalis gerinc* megszakított.
3. A *protoconid*ot és a *metaconid*ot összekötő *distalis gerinc* folytonos.



11. ábra. A Distal trigonid crest fokozatai. A) 0. fokozat a jobb alsó első nagyőrlőn (Mélykút–Sáncdűlő 45. sír). B) 1. fokozat a jobb alsó első nagyőrlőn (Szarvas–Grexa téglagyár 212. sír). C) 2. fokozat a bal alsó első nagyőrlőn (Fajsztető–Garadomb 4. sír). Készítette: Kis Luca

Fontos megjegyezni, hogy a vizsgált jelek között vannak olyanok, melyek jelenléte a fog normál morfológiájának része, azonban ezeknek a morfológiai tulajdonságoknak a redukcióját, hiányát vagy az átlagosnál erőteljesebb kifejezettségét non-metrikus jellegeknek tekinti a kutatás. Ezek az alsó, illetve felső őrlőfogak bizonyos csücskeinek (Hypocone, Metacone, Cusp 5) méretbeli változatai. Ezeknél az eseteknél a 0 osztályzat nem a „normál” állapotot és a non-metrikus jelleg hiányát jelöli, hanem a non-metrikus értékskála negatív végpontja, és az adott csücsök teljes redukciójára utal.

Mivel a különböző osztályba tartozó fogak eltérő „normál” gyökérszámmal rendelkeznek, ezért a gyökérszám változásait vizsgáló fog non-metrikus tulajdonságot (Root number), fogkörzetenként külön jellegnek tekintettük. Mindent egybevetve 42 non-metrikus jelleg adatait rögzítettük. Az adatfelvételhez használt jelek részletes listáját az 1. táblázat tartalmazza.

Jelleg neve	Rövidítése	Előfordulása
Diastema	DIAST	S_I1 között, S_C és S_P1 között
Interruption groove	IGROOVE	S_I1, S_I2
Labial convexity	LABCON	S_I1
Shoveling	SHOV	S_I1, S_I2, S_C, I_I1, I_C
Double shoveling	SHOV2	S_I1, S_I2
Tuberculum dentale	TUBDENT	S_I1, S_I2, S_C
Winging	WING	S_I1
Lateral incisor variants	LIV	S_I2
Distal accessory ridge	DAR	S_C, I_C
Mesial ridge	MESRIG	S_C
Root number	ROOTNUM	S_C, S_P1, S_P2, S_M1, S_M2, S_M3, I_C, I_P1, I_M1, I_M2, I_M3
Upper premolar accessory cusps	ACCUP	S_P1, S_P2
Odontome	ODONT	S_P1, S_P2, I_P1, I_P2
Uto-Aztec premolar	UTOAZ	S_P1
Carabelli's trait	CARAB	S_M1, S_M2, S_M3
Enamel extension	ENEX	S_M1, S_M2, S_M3, I_M1, I_M2, I_M3
Hypocone	HYPICO	S_M1, S_M2, S_M3
Metacone	METCON	S_M1, S_M2, S_M3
Metaconule	METCONL	S_M1, S_M2, S_M3
Molar crenulations	MOLCR	S_M1, S_M2, S_M3, I_M1, I_M2, I_M3
Parastyle	PARAST	S_M1, S_M2, S_M3
Potato tooth	POTTH	S_M2, S_M3
Peg-reduced-missing	PEGSH	S_M3, I_M3
Lingual cusps	LINGCSP	I_P1, I_P2
Tomes' root	TOMRT	I_P1
Anterior fovea	ANTFO	I_M1, I_M2, I_M3
Cusp 5	CUSP5	I_M1, I_M2, I_M3
Cusp 6	CUSP6	I_M1, I_M2, I_M3
Cusp 7	CUSP7	I_M1, I_M2, I_M3
Cusp number	CUSPN	I_M1, I_M2, I_M3
Deflecting wrinkle	DEFWR	I_M1, I_M2, I_M3
Distal trigonid crest	DIST3C	I_M1, I_M2, I_M3
Groove pattern	GRVPAT	I_M1, I_M2, I_M3
Protostylid	PROSTYL	I_M1, I_M2, I_M3
Buccal pit	PIT	I_M1, I_M2, I_M3
Protostylid anterior	PROSTYL_A	I_M1, I_M2, I_M3
Protostylid medial	PROSTYL_M	I_M1, I_M2, I_M3

1. táblázat. A vizsgált jellegek listája

A nemzetközi fogmorfológiai kutatásokban bevett gyakorlatnak számít, hogy a különböző jellegek előfordulását elsőként fokozati skálán rögzítik, ezt követően pedig az értékeléshez és összehasonlításához bináris osztályzatokká konvertálják az adatokat. Erre elsősorban a vizsgálók közti hiba (úgynevezett interobserver error) csökkentése és így a jobb összehasonlíthatóság érdekében van szükség. Az adatok átalakításához minden jellemnél egy előre meghatározott, globális léptékű értékhatárt használnak (Scott–Irish 2017). Mivel a kutatás jelenlegi fókán fő célunk nem a nemzetközi adatbázisokkal való összevetés, hanem a lehetséges összefüggések feltárása a fogmorfológiai jellemzők és a genetikai adatok között, így szükséges az adatokat átalakítás nélkül, nagyobb felbontású skálán értékelni. Ezt szem előtt tartva, az eredmények diszkutálásakor a külföldi publikációkban közölt adatokat csak megfelelő körültekintéssel lehet használni összehasonlítás céljából.

Genetikai adatok

Az összehasonlító elemzésekhez azoknak az archeogenetikai tanulmányokban közölt (Gnecchi-Ruscone et al., 2022; Maróti et al., 2022), 6–11. századi, Kárpát-medencéből származó mintáknak a teljesgenom vizsgálati eredményeit használtuk fel, amelyekről fogmorfológiai adatokat is tudtunk rögzíteni. A kutatáshoz közöletlen genetikai adatok nem kerültek felhasználásra.

Statisztikai elemzés

A statisztikai vizsgálatokhoz az R v4.1.0 statisztikai programot használtuk (R Core Team 2021). Az elemzéseket Schütz Oszkár (SZTE Genetikai Tanszék) segítségével végeztük el. A genetikai adatok alapján a Supervised ADMIXTURE analízist (Alexander et al. 2009; Alexander–Lange 2011) Maróti Zoltán (SZTE, Szent-Györgyi Albert Gyermekgyógyászati Klinika és Gyermekegészségügyi Központ) készítette. A statisztikai elemzés a célkitűzésekben megfogalmazottaknak megfelelően két főbb fázisra osztható.

A statisztikai vizsgálatok első fázisa

A vizsgálat első lépéseként a felvett fogmorfológiai adatokat statisztikailag elemezhető formátummá alakítottuk azokban az esetekben, ahol az egyes jellegek megjelenési formáit az adatfelvétel során nem számmal, hanem betűkóddal jelöltük.

Az „Interruption groove” és az „Upper premolar accessory cusps” nevű jellegeket bináris módon alakítottuk át, mivel a különböző morfológiai változatok olyan ritkán fordultak elő, hogy az alkalmatlan lett volna statisztikai elemzésre.

A nagyörlök barázdarajzolatára vonatkozó „Groove pattern” nevű morfológiai tulajdonság esetén G. Richard Scott javaslata alapján az egyes vonásokat az általános gyakoriságuk alapján számokká alakítottuk, mivel a jelleg megjelenési formái nem folytonos változók, hanem egymást kizáró karakters vonások. Eszerint a különböző populációkban leggyakrabban előforduló „Y” az 1., a ritkább „X” a 2. fokozatot kapta, végül a legritkábban előforduló „+” morfológiát a 3-as számmal jelöltük.

A vizsgálat első fázisában felmértük az egyes jellegek általános vizsgálhatóságát. Ezt követően elemeztük a különböző non-metrikus tulajdonságok megjelenésének valódi gyakoriságát is a vizsgálati anyagon, ami alapján kizártuk a további statisztikai elemzésből azokat a jellegeket, amelyek nem mutattak variabilitást a vizsgált mintában.

A jelleg előfordulási frekvenciájának vizsgálatához határértékeként nem a nemzetközi gyakorlatban elterjed küszöbértékeket vettük alapul, mivel azokat a globális léptékű elemzések kivitelezéséhez határozták meg. A valódi gyakorisági értékek elemzéséhez olyan határértékeket alakítottunk ki, ami a fogak „normál morfológiájától” való legkisebb eltérést is figyelembe veszi. Ez alól kivételt képeznek azok a non-metrikus tulajdonságok, melyek egyben a fog normál morfológiájának részét is képezik (Hypocone, Metacone, Cusp 5). Ezekben az esetekben a jellegek jelenléte alatt az adott csücsök teljes redukcióját értjük.

Az adatok átalakítása után a statisztikai vizsgálatra alkalmas jellegek esetében megvizsgáltuk az *antimere* fogakon rögzített non-metrikus jellegek aszimmetriájának mértékét annak ellenőrzésére, hogy a fogosztályokon belül a *distalis* tagok (alsó metszőknél a *mesialis*) valóban érzékenyebben reagálnak-e a fejlődési zajokra. A vizsgálatokhoz az A és a B csoport adatait is felhasználtuk. Kendall-féle Tau-b teszttel ellenőriztük, hogy mennyire azonos a jellegek kifejeződésének a mértéke az *antimere* fogakon.

Az aszimmetria vizsgálatokat követően a „tulajdonságok kifejezettségén alapuló” módszer (Scott et al. 2018a) szerint összevontuk az *antimere* fogak non-metrikus adatait. A táblázatba nincs adat (N) került azokban az esetekben, ahol egyik fogon sem lehetett adatot rögzíteni. Ha az egyik fog esetén meg tudtuk figyelni a jelleget, akkor azt vettük figyelembe a későbbi elemzéseknél, ha pedig aszimmetriát tapasztaltunk, akkor a nagyobb osztállyal számoltunk.

A következő, már összevont adatbázison végzett elemzés annak az eldöntésére irányult, hogy a vizsgálati anyagban van-e különbség a nemek közt a különböző jellegek eloszlásában. Az analízis során arra kerestük a választ, hogy együtt kezelhetőek-e a

férfiakra és nőkre vonatkozó adatok a későbbi elemzésekben. A vizsgálatokhoz csak az A csoport adatait vettük figyelembe, mivel a nemmeghatározás tekintetében az esetleges módszertani problémák elkerülése érdekében csak a genetikai adatokat tekintettük irányadónak. Az elemzés során szintén Wilcoxon próbával ellenőriztük, hogy az eloszlás szignifikánsan különbözik-e a 0-tól az egyes fogak esetén.

Az egyes tulajdonságok esetleges kapcsoltságát is ellenőriztük, mivel a fog non-metrikus jelleg alapú populációs összehasonlító vizsgálatok azt feltételezik, hogy az egyes jellegek egymástól függetlenül öröklődnek. Ehhez mindkét csoport adatait felhasználtuk és Kendall-féle Tau-b teszttel megvizsgáltuk, hogy van-e statisztikailag szignifikáns összefüggés az egyes fenotípusok között. Az elemzés során az összes páros fenotípus kombinációt megvizsgáltuk, amihez nagyszámú hipotézisvizsgálatot végeztünk el. Emiatt az eredmények együttes értelmezéséhez a p-értékek korrekciójára volt szükség, amihez a Holm-Bonferroni korrekciós módszert használtuk.

Végül az avar, illetve a honfoglalás kori népesség fogmorfológiai adatainak összehasonlításához Wilcoxon próbával ellenőriztük, hogy az egyes jellegek kifejezettségének gyakorisága szignifikánsan különbözik-e egymástól korszakonként. A nagyszámú hipotézisvizsgálat elvégzését követően szintén Holm-Bonferroni korrekció segítségével állapítottuk meg a megfelelő szignifikancia szintet.

A statisztika vizsgálatok második fázisa

A statisztikai elemzések második fázisában elsőként egy komplex vizsgálatosorozatot végeztünk el annak a kérdésnek a megválaszolására, hogy van-e összefüggés egyes jellegek és a genetikai módszerekkel vizsgált filogeográfiai leszármazás között. Az elemzéshez az A csoport genetikai és fogmorfológiai adatait használtuk fel.

Első lépésként egy Supervised ADMIXTURE tesztet futtattunk (Alexander et al., 2009; Alexander & Lange, 2011). Ennek célja a feltételezett őspopulációk hozzájárulási arányainak meghatározása a vizsgált mintákban az úgynevezett „maximum likelihood” becslés alkalmazásával. A vizsgálat során a FastNGSadmix nevű program által ajánlott Lazaridis et al. 2014-es publikációjában közölt standard modern populációssettel dolgoztunk, amiket egykor létező őspopulációk helyettesítésére használnak (Lazaridis et al. 2014; Jørsboe et al. 2017). Ezek a French, Han, Chukchi, Karitiana, Papuan, Sindhi és Yoruba populációk voltak, amikhez a genetikai adatokat az *Allen Ancient DNA Resource* (AADR) adatbázisból gyűjtöttük (Mallick et al. 2023). Az elemzéshez szelektált modern populációk olyan stabil végpontoknak tekinthetők, amelyek relatíve jól reprezentálnak a

föld populációdinamikai történetében jelentős, mára nagy földrajzi elterjedést mutató metapopulációkat. Annak ellenére, hogy a kutatásban használt standard modern populációk nem teljesen összeegyeztethetők a vizsgált korszakra jellemző őspopulációkkal, stabil összehasonlítási alapot nyújtanak, ami könnyen rekonstruálhatóvá teszi az eredményeket.

A vizsgálathoz használt modern populációk kiválasztásakor a célunk a lehető legszélesebb genetikai reprezentáció volt. A komponensek meghatározása elsősorban a minták csoportosíthatóságát és összehasonlíthatóságát szolgálja mintsem a pontos genetikai eredetük feltárását. A vizsgált egyének ugyanis a valóságban jellemzően bonyolultabb genetikai összetétellel rendelkeznek, mint az a Supervised ADMIXTURE elemzés alapján kimutatható.

A **French** populáció Közép-Nyugat-Európában a bronzkor során statifikálódott genetikai összetételt képviseli. Elemzésünkben French komponensként vagy európai komponensként hivatkozunk rá.

A **Han** populáció a mai Kína területéről származó, főként Kelet-ázsiai ősi genomösszetételt reprezentálja. Elemzésünkben Han vagy Kelet-ázsiai komponensként hivatkozunk rá.

A mai Kamcsatka félszigettől északra élő **Chukchi** populáció alapján az észak és kelet szibériai területekre lokalizálódó, ősi genomösszetételű populációkat szokták modellezni. Elemzésünkben Chukchi vagy szibériai komponensként hivatkozunk rá.

A **Karitiana** populáció olyan ősi észak eurázsiai metapopulációt reprezentál, ami ma már nem található meg ezen a területen, hanem viszonylag tiszta formában a mai Dél-Amerika területén élő őslakosokban van jelen, azonban kevert formában számos eurázsiai népességben is kimutatható. Ez az őspopuláció összeköti a mai Nyugat-európaiakat és az amerikai őslakosokat. Elemzésünkben Karitiana komponensként hivatkozunk rá.

A mai Pakisztán területén élő **Sindhi** populáció, az ősi Iráni – Délnyugat-ázsiai metapopuláció genomösszetételét reprezentálja. Elemzésünkben Sindhi vagy iráni komponensként hivatkozunk rá.

A mai Új-Guinea területén élő **Papua** populáció a Délkelet-Ázsiában elterjedt metapopuláció genetikai összetételét képviseli. Elemzésünkben Papua vagy Délkelet-ázsiai komponensként hivatkozunk rá.

A **Yoruba** populáció minden eurázsiai metapopulációtól jelentősen különböző, általános Sub-szaharai afrikai genetikai összetételt reprezentál. Elemzésünkben Yoruba vagy Sub-saharai komponensként hivatkozunk rá.

A tesztet követően összehasonlító vizsgálatot végeztünk annak feltérképezésére, hogy van-e összefüggés az egyes fog non-metrikus jellegek és ugyanazon egyének ADMIXTURE komponensekben mutatott arányában. Tehát, hogy van-e összefüggés az egyes fenotípus tulajdonságok kifejeződése és a földrajzi elterjedés között. Az ADMIXTURE komponensek és a fog non-metrikus adatok közti összefüggéseket Pearson-féle korrelációs teszttel vizsgáltuk. A p-értékek korrekciója ez esetben is Holm-Bonferroni korrekcióval történt. A korrelációs tesztet két lépésben végeztük el. Elsőként az összes vizsgálatra alkalmas jelleg és az azt kifejezni képes fogak adatait egy analízisben értékeltük. Ezt követően a statisztikai erő növelése érdekében igyekeztünk csökkenteni az egy teszten belüli hipotézisvizsgálatok számát, ezért a jelleg-fog párok korrelációs tesztjét két részre osztottuk az alapján, hogy a felső vagy az alsó fogívhez tartoztak.

Annak tesztelésére, hogy a fogmorfológiai tulajdonságok alapján egyéni szinten lehetséges-e a földrajzi eredet becslése, egy újabb vizsgálat sorozatot terveztünk. Ehhez az ADMIXTURE komponensek alapján távolságmátrixot számoltunk a vizsgált egyének között a Manhattan távolságmérő módszerrel. Ennek az elemzésnek az eredményeit felhasználva Ward legkisebb variancia módszerével készítettünk hierarchikus klasztereket. A genetikai adatok alapján létrehozott klaszterekből először 5 majd 3 csoportot alakítottunk ki, amelyeknél teszteltük, hogy a fogmorfológiai adatok alapján is elkülönülnek-e. A teszthez elsőként Camberra távolságmérő módszerrel számítottunk csoporton belüli és csoportok közötti távolságot, majd Wilcoxon t-teszttel vizsgáltuk, hogy a csoporton belüli távolságok szignifikánsan kisebbek-e, mint a csoportok közöttiek.

Az egyéni visszasorolási teszthez a naive Bayes klasszifikációs algoritmust használtuk (Fielding 2006). Az algoritmus használatához az A (ismert genetikai háttérrel rendelkező egyének) csoportot további tanuló (TA) és teszt (TE) csoportra bontottuk és teszteltük azok optimális összetételét és arányát.

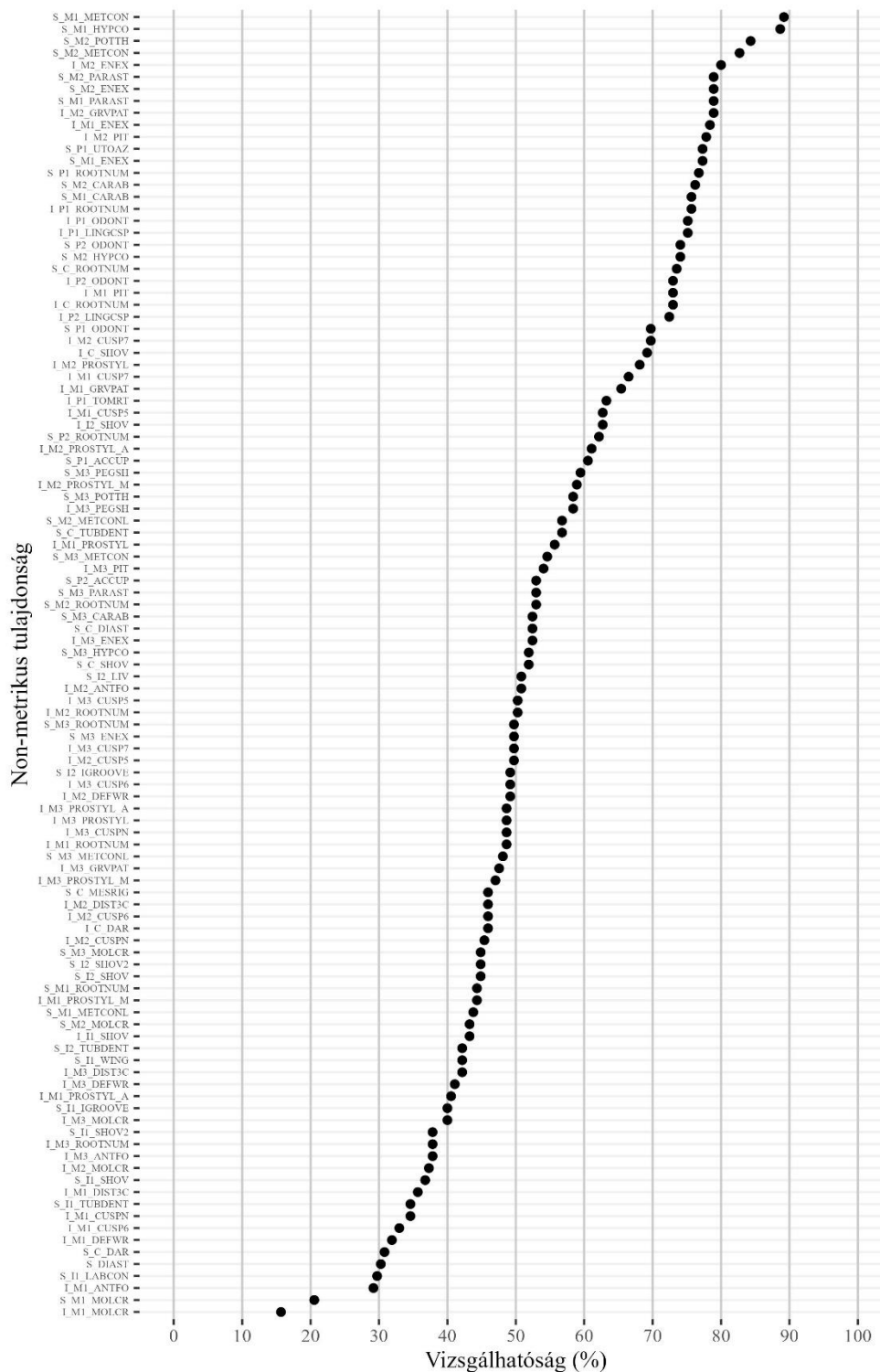
A besorolás eredményei alapján vizsgáltuk, hogy van-e összefüggés a besorolás helyessége és az adott egyén fog non-metrikus jellegeinek lefedettsége (mennyi jelleg volt vizsgálható) közt.

Végül a legoptimálisabb TA csoport alapján a naive Bayes klasszifikációs algoritmus segítségével prediktáltuk, hogy a B csoportba tartozó egyének mely biogeográfiai csoportba tartozhattak.

Eredmények és értékelésük

A jellegek vizsgálhatósága

A szisztematikusan vizsgált negyvenkét fog non-metrikus jelleg eltérő mértékben bizonyult vizsgálatra alkalmasnak (12. ábra).



12. ábra. Az egyes non-metrikus jellegek vizsgálhatóságára vonatkozó adatok. Készítette:

Schütz Oszkár

A különböző fogakon összesen négy jellegnél az eseteknek csak maximum 30%-a volt osztályozható legalább egy kvadránsban:

- Diastema (felső első metszők között) (30%)
- Labial convexity (felső első metsző) (30%)
- Anterior fovea (alsó első nagyőrlő) (29%)
- Molar crenulations (felső első nagyőrlő) (21%), (alsó első nagyőrlő) (16%)

Az ebbe a csoportba tartozó morfológiai tulajdonságok többsége a fogak *occlusalis* felszínén vagy a metszőél területén figyelhetők meg, és már a régió mérsékelt kopása is megnehezíti az osztályozást. Ez magyarázattal szolgál arra, hogy az alsó első nagyőrlők *occlusalis* felszínén vizsgált Molar crenulations jelleget tudtuk a legritkábban osztályozni, mivel a maradó fogak közül az első nagyőrlők törnek elő elsőként, ezáltal leghamarabb vannak kitéve a rágás okozta kopásnak. A centrális metszők közti diastema esetén nehezítő körülmény, hogy a jelleg rögzítéséhez mindkét oldali centrális metsző szükséges. Ugyanakkor vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy a metszőfogak egygyökerű morfológiájuk miatt könnyen kiesnek, így gyakran hiányoznak *post mortem* a történeti embertani szériákból.

Scott és munkatársai korábbi tanulmányukban jellegenként ismertették az osztályozást nehezítő faktorokat (Scott–Irish 2017). Munkájukban kiemelték, hogy a különböző kopási szintek eltérő mértékben befolyásolhatják a jellegek osztályozását, amit fent bemutatott eredményeink is tükröznek. Az egygyökerű fogak gyakori *post mortem* hiányával történeti embertani anyagokon azonban eddig nem foglalkoztak behatóan. A Molar crenulations non-metrikus tulajdonsággal kapcsolatban Pilloud kiemelte, hogy a jelleg eddigi ritka vizsgálatának egyik fő oka, hogy már a kismértékű kopás is osztályozhatatlanná teszi a jelleget (Pilloud et al. 2018). Ezt a megfigyelését eredményeink is alátámasztják, mivel anyagunkban is ez volt a legnehezebben vizsgálható tulajdonság.

tizenkét jellegnél azonban az esetek több mint 70%-a bizonyult értékelhetőnek:

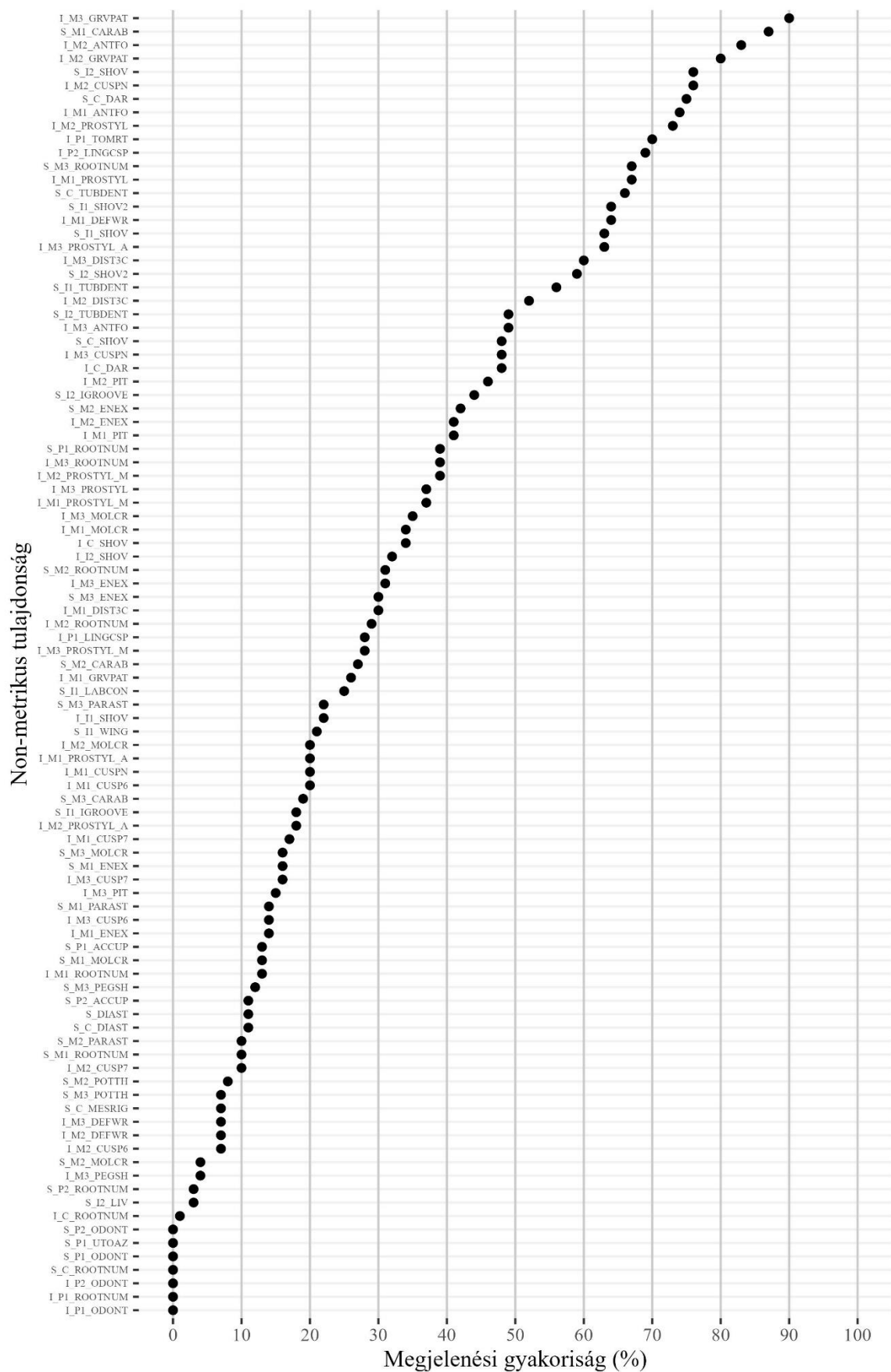
- Hypocone (felső első nagyőrlő) (89%), (felső második nagyőrlő) (74%)
- Metacone (felső első nagyőrlő) (89%), (felső második nagyőrlő) (83%)
- Potato tooth (felső második nagyőrlő) (84%)
- Enamel extension (alsó második nagyőrlő) (80%), (felső második nagyőrlő) (79%), (alsó első nagyőrlő) (78 %), (felső első nagyőrlő) (77%)
- Groove pattern (alsó második nagyőrlő) (79%)
- Parastyle (felső második nagyőrlő) (79 %), (felső első nagyőrlő) (79%)

- Buccal pit (alsó második nagyőrlő) (78%), (alsó első nagyőrlő) (73%)
- Root number (felső első kisőrlő) (77%)
- Carabelli's trait (felső első nagyőrlő) (76%), (felső második nagyőrlő) (76%)
- Lingual cusps (alsó első kisőrlő) (75%), (alsó második kisőrlő) (72%)
- Root number (alsó szemfog) (73%)
- Cusp 7 (alsó második nagyőrlő) (70 %)

Az itt felsorolt jellegek többsége az előző csoporttal ellentétben nem az *occlusalis* felszínen vizsgálándó (pl.: Enamel extension, Root number, Buccal pit), vagy olyan morfológiai tulajdonságra vonatkozik, ami még kifejezett kopás esetén is detektálható (pl.: Groove pattern, Lingual cusps, Hypocone). Mindemellett ezeknek a jellegeknek is megvannak az osztályozást nehezítő körülményei. Így például, a korona oldalsó felszínét gyakran elfedő fogkő vagy a vizsgálándó területet roncsoló caries. Képalkotó eljárások hiányában pedig a gyökér morfológiája csak azokban az esetekben vizsgálható, ahol a fog nem invazív módon kiemelhető/eltávolítható az *alveolus*ból.

A jellegek gyakorisága

A regisztrált non-metrikus jellegek összesített valódi gyakoriság értékeit az F3. táblázat tartalmazza (13. ábra). Az összesített valódi gyakorisági adatok méréséhez használt értékhatárokat szintén az F3. táblázatban tüntettük fel, jelleg-fog párokra lebontva. A Hypocone, Metacone, Cusp 5 morfológiai tulajdonságokat kihagytuk az elemzésből, mivel ezeknél a jellegeknél nehezen különíthető el, hogy mely fokozatokat tekintjük a normál morfológia részének.



13. ábra. Az egyes non-metrikus jellegek megjelenési gyakoriságára vonatkozó adatok.
Készítette: Schütz Oszkár

Összesen négy jelleg esetében egyszer sem regisztráltunk az alap morfológiától eltérő tulajdonságot:

- Root number (felső szemfog)
- Root number (alsó első kisőrlő)
- Odontome (felső első kisőrlő, felső második kisőrlő, alsó első kisőrlő, alsó második kisőrlő)
- Uto-Aztecan premolar (felső első kisőrlő)

A statisztikai erő növelése érdekében ezeket a jelleg-fog párokat kihagytuk a további elemzésekből.

További tizenkét jelleg 10% vagy annál ritkább gyakoriságban fordult elő:

- Root number (alsó szemfog) (1%)
- Root number (felső második kisőrlő) (3%)
- Lateral incisor variants (felső második metsző) (3%)
- Molar crenulations (felső második nagyőrlő) (4%)
- Peg-reduced-missing (alsó harmadik nagyőrlő) (4%)
- Mesial ridge (felső szemfog) (7%)
- Cusp 6 (alsó második nagyőrlő) (7%)
- Potato tooth (felső harmadik nagyőrlő) (7%), (felső második nagyőrlő) (8%)
- Deflecting wrinkle (alsó második nagyőrlő) (78%), (alsó harmadik nagyőrlő) (78%)
- Root number (felső első nagyőrlő) (10%)
- Parastyle (felső második nagyőrlő) (10%)
- Cusp 7 (alsó második nagyőrlő) (10%)

Egy közelmúltban megjelent doktori disszertáció vizsgálati anyagában Kárpát-medencei avar és honfoglalás-kori szériák is szerepelnek (Dern 2023). Az elemzés során azonban a nemzetközi trendeknek megfelelő módszertant követték (értékhatárok mentén binárisá alakított osztályzatok, kulcsfogakra fókuszáló jellegkészlet), ezért az eredmények részletekbe menő összehasonlító elemzésére a kutatás jelenlegi fokán nincs lehetőség. Ugyanakkor egyes jellegek előfordulási frekvenciáit illetően a két kutatásban jelentkeznek hasonló tendenciák. Például az Uto-Aztecan premolar (felső első kisőrlő), és a Root number (alsó első kisőrlő) jellegek Dern tanulmányában is kizárásra kerültek a vizsgálatokból, mivel a jelleg jelenlétét ő sem tudta rögzíteni a vizsgálati anyagban. A Root number (felső szemfog), az Odontome (felső második kisőrlő, valamint alsó első és második kisőrlők) non-metrikus tulajdonságok szintén kizárásra kerültek, Dern elemzéséből, azonban

ezekben az esetekben azért, mert nem a „kulcsfogon” lettek rögzítve a jellegek. Ez a kizárási szempont viszont nem biztosít információt arról, hogy a jellegekre adott osztályzatok mutattak-e variabilitást a vizsgálati anyagban. Az Odontome jelleget további egy esetben (a felső első kisőrlőn) pedig azért zárták ki, mert egy másik jelleggel mutatott kapcsoltságot. Arra vonatkozóan, hogy a kapcsoltság miatt kizárt jellegek milyen gyakorisággal fordultak elő a vizsgálati anyagban, szintén nem közöltek adatokat (Dern 2023). A ritka fogmorfológiai tulajdonságokat tekintve a Root number (alsó szemfog), Lateral incisor variants (felső második metsző), Mesial ridge (felső szemfog) jellegek a jelenlétre vonatkozó szigorúbb értékhatárok (Dern 2023) és a jelen kutatásban használt megengedőbb valódi gyakorisági értékek mellett is ritkán fordultak elő 6–11. századi Kárpát-medencei embertani anyagon.

A hazai kutatásban a kétgyökerű szemfogak megjelenési gyakoriságával Kocsis S. Gábor foglalkozott részletesebben (Marcsik–Kocsis-Savanya 1984; Kocsis-Savanya 1993). Vizsgálatai alapján az avar, illetve honfoglalás kori szériákban az alsó szemfogak kétgyökerű megjelenési formája viszonylag ritkának tekinthető, a felső szemfogak kétgyökerű morfológiáját pedig nagy elemszámú vizsgálati anyagon is csak néhány esetben tudta megfigyelni (Kocsis-Savanya 1993). Az eddigi eredmények tehát egybehangzóan azt mutatják, hogy az említett morfológiai tulajdonságok meglehetősen ritkák a 6–11. századi Kárpát-medencei népesség körében.

A vizsgálati anyagban három jelleg fordult elő 80%-os vagy azt meghaladó gyakorisággal. A Carabelli's trait (felső első nagyőrlő) (87%), az Anterior fovea (alsó második nagyőrlő) (83%) és a Groove pattern (alsó harmadik nagyőrlő) (90%), (alsó második nagyőrlő) (80%). Fontos azonban kiemelnünk, hogy a vizsgálatok során már a jelleg enyhébb megjelenési formáját is jelenlétnek tekintettük a további, nagy felbontású elemzések elvégzése érdekében.

Dern gyűjtésében eredményeinkkel ellentétben a Carabelli's trait (felső első nagyőrlő) meglehetősen ritkának számít a 6–11. századi népességek körében (Dern 2023). A különbséget a legnagyobb valószínűséggel az eltérő módszertan okozhatja. Mivel a jelleg alacsony fokozatai fordultak elő leggyakrabban az általunk vizsgált avar és honfoglalás kori populációkban, így a szigorúbb előfordulási értékhatár mellett a jelleg gyakorisága minden bizonnyal itt is lecsökkenne. Az alsó második nagyőrlőn megfigyelhető Groove pattern jelleg is ritkábban fordult elő Dern gyűjtésében a mi eredményeinkhez viszonyítva. Ezt szintén okozhatták módszertani és mintaszámbeli különbségek. Az alsó második nagyőrlőre vonatkozó Anterior fovea és az alsó harmadik nagyőrlőn vizsgált Groove

pattern jellegekkel kapcsolatban a kulcsfogakra korlátozódó elemzési módszertan miatt nem rendelkezünk összehasonlító adatokkal.

Az aszimmetria vizsgálatok eredményei

A jobb és bal oldali antimerek morfológiai eltéréseinek mértékét és irányát az E1. táblázat tartalmazza. A vizsgálat során Kendall-féle Tau-b teszttel ellenőriztük, hogy az antimere fogakon mennyire azonos a jellegek kifejeződésének a mértéke. Az elemzés alapján, a szignifikanciahatár korrekcióját követően, nyolc jelleg-fog pár esetén nem tudtunk szignifikáns korrelációt (szimmetriát) kimutatni. (F4. táblázat).

A nyolc aszimmetrikus jelleg-fog pár közül a harmadik nagyőrlő öt, a második nagyőrlő pedig egy esetben volt érintett. Egy jelleg, a felső metszőfogakon megfigyelhető Interruption groove pedig mind a *centralis*, mind a *lateralis* metsző esetén aszimmetrikusnak bizonyult.

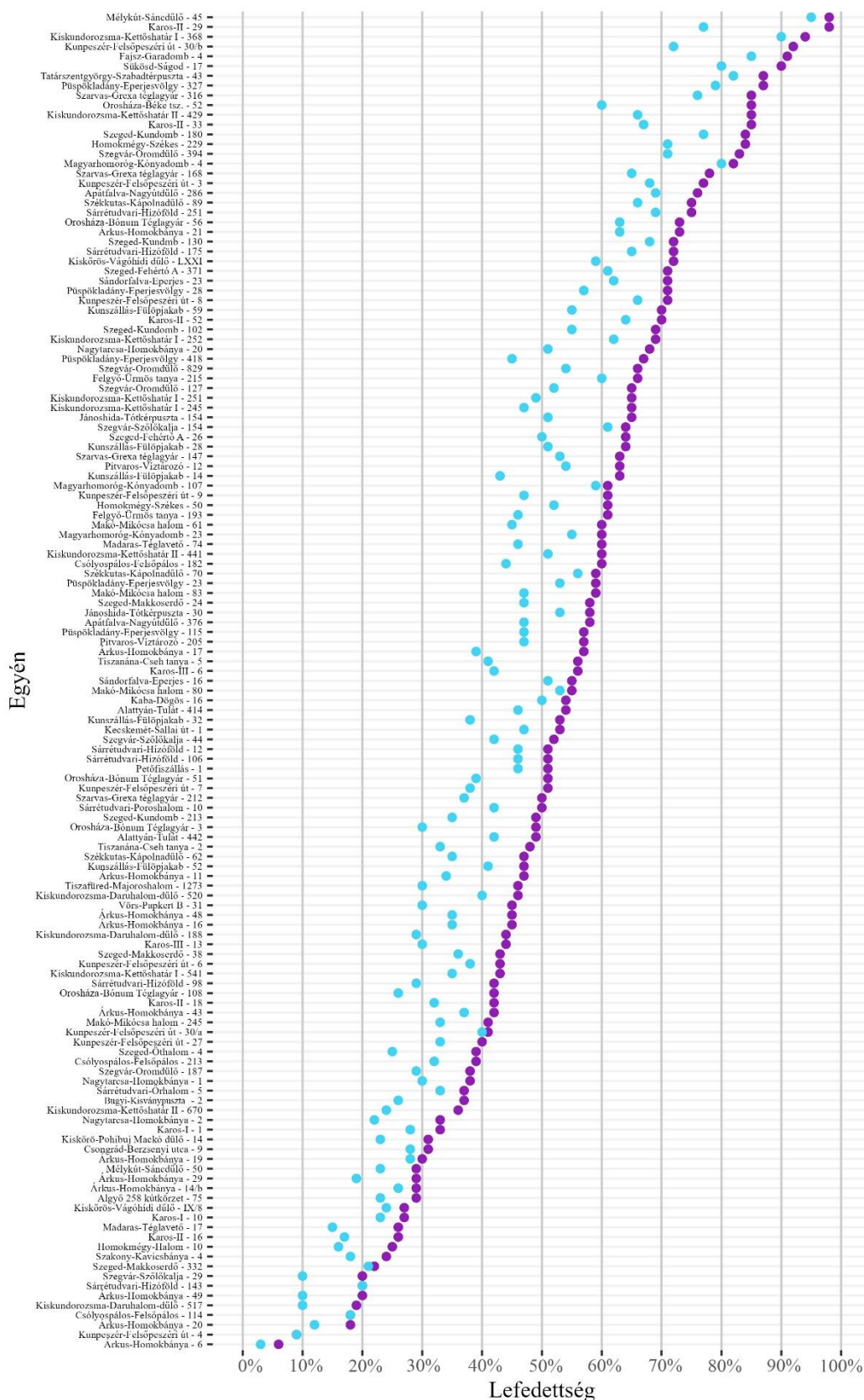
Az antimere fogakon megjelenő morfológiai jellemzők fluktuáló aszimmetriáját gyakran a fejlődési instabilitás mérőszámaként használják (Marado et al. 2017). Ennek ellenére viszonylag kevés kutatás fókuszál kifejezetten erre a témakörre (pl.: Noss et al. 1983; Mayhall–Saunders 1986; Bollini et al. 2009; Marado et al. 2017). Az Interruption groove nevű non-metrikus tulajdonság esetén eddig egy fogon sem jegyezték fel szignifikáns aszimmetriát (Bollini et al. 2009; Marado et al. 2017). Marado és munkatársainak tanulmányában az eltérés ugyan megközelítette a szignifikancia szintet, azonban az alacsony mintaszám következtében nem lehetett messzemenő következtetést levonni (Marado et al. 2017). Ugyan vizsgálati anyagunkban a jelleg nem tartozott a ritkán osztályozható (30% alatti) kategóriába, mindkét fogra vonatkozóan az eseteknek kevesebb mint 50%-ában tudtuk értékelni legalább az egyik oldalon. Mivel a vizsgálati anyag mennyisége kutatásunk esetén is meglehetősen korlátozott, így az Interruption groove jelleg aszimmetriája mindenképpen további vizsgálatokat igényel. A kutatók már régóta felfigyeltek a harmadik nagyőrlők változatos morfológiájára és a folyamatos redukciójukra vonatkozó evolúciós tendenciára (Weller 1968; Scott et al. 2018a). Ebből adódóan számos fog morfológiai elemzés esetén a bölcsességfogakat már eleve nem vonják bele a kutatásba, vagy a statisztikai vizsgálatok elején kizárásra kerülnek (pl.: Noss et al. 1983; Bollini et al. 2009). Marado és munkatársai elemzésében a harmadik nagyőrlők is szerepelnek és eredményeinkhez hasonlóan a három aszimmetriát mutató jelleg közül kettő náluk szintén a bölcsességfogakon lokalizálódott (Marado et al. 2017). Ezek az eredmények párhuzamba állíthatók a bölcsességfogak nagyobb morfológiai variabilitására vonatkozó

megfigyelésekkel. A fenti eredmények értékelése kapcsán fontos kiemelni Dahlberg, a fogak aszimmetriáján alapuló, „kulcsfogakra” vonatkozó elméletét (Dahlberg 1945, 1951). Eszerint a fogtípusok *distalis* tagjai nagyobb morfológiai variabilitást mutatnak (kivéve alsó metszők esetén), ezért a *mesialis* tagokat fejlődési szempontból stabilabb, úgynevezett „kulcsfogaknak” tekintette (Townsend et al. 2009). A későbbi tanulmányokban az elemzéseket gyakran csak ezekre a fogakra korlátozták. Később Sott és Irish a 2017-ben megjelent munkájukban már részben eltértek ettől a hipotézistől (Scott–Irish 2017) és több ASUDAS tulajdonság esetén is a *mesialis* fogtól eltérő tagot jelölték meg a jelleg „kulcsfogaként”. Munkájukban azonban részletesebb magyarázat nélkül hagyták ezeket a módosításokat.

Mivel eredményeink a legtöbb jelleg esetén szignifikáns korrelációt mutattak az antimere fogak szimmetriájára vonatkozóan, így nem tudtuk egyik korábbi, a kulcsfogakra vonatkozó módszertant sem megerősíteni. Ebből következően az aszimmetriavizsgálatok alapján a fogtípusok egyik tagját sem tartottuk célszerűnek kizárni a későbbi elemzésekből.

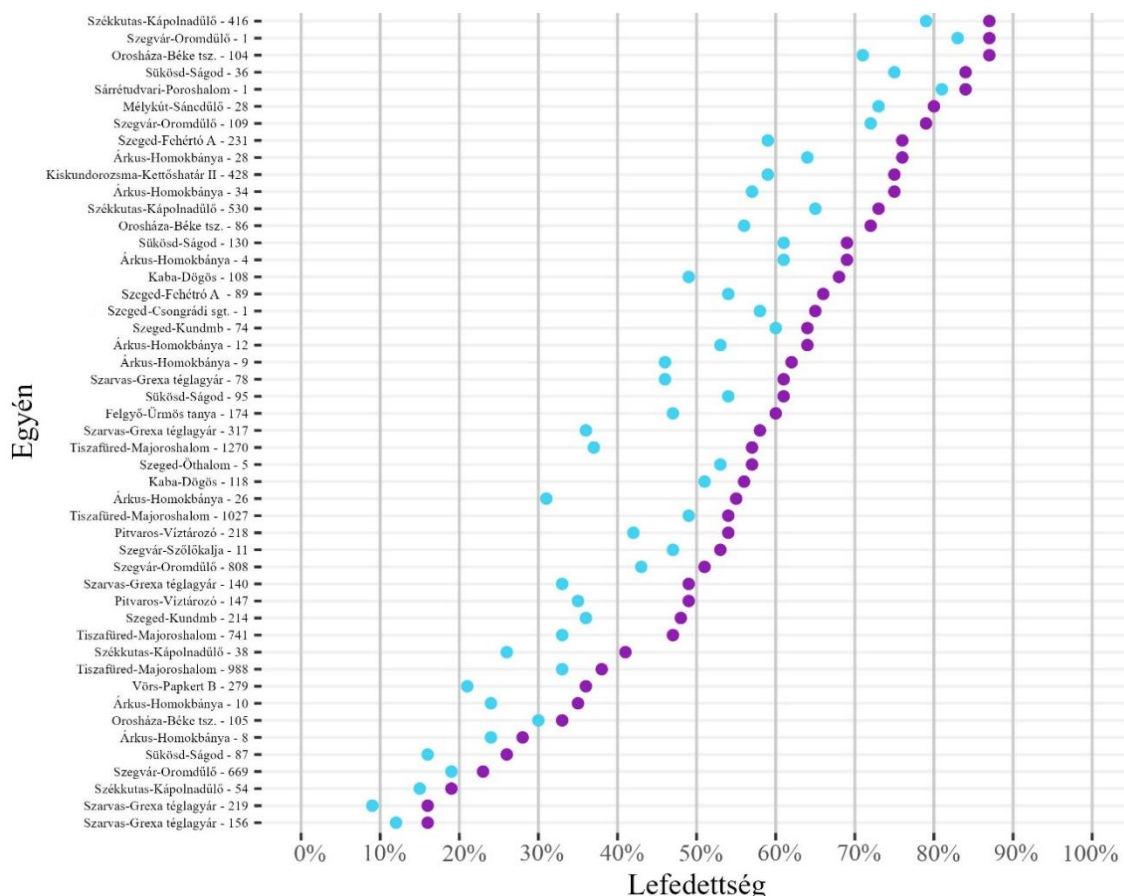
Az adatok összevonása

A bevezető fejezetben bemutatottak alapján a kifejezettebb jelleg jobban tükrözi az egyén genetikai potenciálját, ezért következő lépésként összevontuk az antimere fogak adatait a statisztikai elemzésekhez. Az összevonás előtti és utáni egyéni lefedettséget – azaz, hogy hány jelleg-fog pár bizonyult vizsgálhatónak – a B (14. ábra), illetve az A (15. ábra) csoportra vonatkoztatva az F5. táblázat tartalmazza. Az összevonásnak köszönhetően az adathiány egyénenként átlagosan 10%-kal csökkent (F5. táblázat).



14. ábra. Az A csoportba tartozó egyének összevonás előtti és utáni lefedettségére vonatkozó adatok (kék: összevonás előtti lefedettség; lila: összevonás utáni lefedettség). Készítette: Schütz

Oszkár



15. ábra. A B csoportba tartozó egyének összevonás előtti és utáni lefedettségére vonatkozó adatok (kék: összevonás előtti lefedettség; lila: összevonás utáni lefedettség). Készítette: Schütz Oszkár

Nemek közti eloszlás

Az egyes jellegek kifejezettségének nemekre vonatkoztatott gyakoriságát az F6. táblázat tartalmazza. A Wilcoxon próba alapján nem volt szignifikáns különbség a két nem között a jellegek kifejezettségének az eloszlásában (F7. táblázat).

Dern vonatkozó tanulmányában egy esetben, a felső első kisírlő gyökérszámában írt le szignifikáns nemi különbséget. Az elemzéshez azonban nem csupán 6–11. századi Kárpát-medencei adatokat használt fel, hanem más korszakokból és területekről származó adatokat is bevont a vizsgálatba (Dern 2023). Ez alapján a kutatási eredményeinktől való eltérést okozhatta a vizsgált minta elemszám- és összetételbeli különbsége is.

Összességében az eredmények alátámasztják azt a fogmorfológiai vizsgálatoknál általánosan használt munkahipotézist, miszerint az ASUDAS-ban szereplő non-metrikus jellegek nem, vagy csak nagyon kismértékű nemi dimorfizmust mutatnak. Ennek tudatában a későbbi elemzéseknél nincs szükség a nemi adatok súlyozására vagy szétválasztására.

A jellegek gyakorisági jellemzői a vizsgált korszakokban

Az antimere fogak adatainak összevonását követően megvizsgáltuk, hogy van-e szignifikáns különbség az egyes jellegek kifejeződésének mértékében az avar-, illetve a honfoglalás korban élt egyének között. A jellegek kifejeződési szintjeinek vizsgált korszakokra bontott megjelenési gyakoriságát az F8. táblázat tartalmazza. A statisztikai elemzés során használt Wilcoxon próba alapján egy jelleg, a felső második nagyőrlőkön megfigyelt Enamel extension nevű non-metrikus tulajdonság mutatott szignifikáns különbséget (F9. táblázat). Ez alapján az avar kori népességnél szignifikánsan gyakrabban fordult elő a zománcréteg meghosszabbodásának kifejezettebb formája, mint a honfoglalás korban élt egyéneknél.

Dern, a két korszak népességének összehasonlításával is foglalkozó tanulmányában kilenc fog non-metrikus tulajdonság esetén mutatott ki szignifikáns különbséget az avar, illetve honfoglalás kori népesség között, amelyek közt a felső első nagyőrlőkön osztályozott Enamel extension is szerepelt (Dern 2023). A két korszak közt kimutatott nagyobb számú szignifikáns különbség háttérében módszertani és elemszámbeli különbségek állhatnak. Dern ugyanis bináris alakított osztályzatokat használt, valamint a statisztikai vizsgálatok értékelésénél 0.05%-os szignifikancia határral számolt (Dern 2023), mi azonban ordinális skálát alkalmaztunk, továbbá a többszörös hipotézisvizsgálat miatt szükségesnek tartottuk a szignifikanciahatár korrekcióját is. Ehhez Holm-Bonferroni korrekciót végeztünk, ami 5%-nál szigorúbb, 0,04011356 %-os szignifikanciahatárt eredményezett. Mindemellett Dern a vizsgálataihhoz sokkal nagyobb számú avar, illetve honfoglalás kori mintával rendelkezett, amelyben – a mi anyagunkkal ellentétben – a honfoglalás kori minták voltak reprezentálva nagyobb számban.

A fogmorfológiai adatok alapján kimutatott, az avar és honfoglalás kori népesség közti hasonlóságoknak és különbségeknek több magyarázata lehet. Lehetséges, hogy a honfoglalás korában betelepülő heterogén csoportok a helyben talált lakossághoz hasonló fogmorfológiai bélyegeket hoztak magukkal, így nem változott jelentősen a Kárpát-medencében élő populációk fogmorfológiai képe. Azonban azt is szem előtt kell tartanunk, hogy a leginkább elfogadott történeti és régészeti hipotézisek szerint az újonnan érkező heterogén népcsoportok magukba integrálták a helyben talált lakosságot (Révész 2014; Gáll 2019). Ez alapján azok a morfológiai karaktervonások, amik egy helyi vagy újonnan érkező, kisebbségben lévő csoportot jól jellemezhetek, a nagyobb csoportokba elkeveredve statisztikai módszerekkel már nem feltétlen lesznek kimutathatók. Emellett a

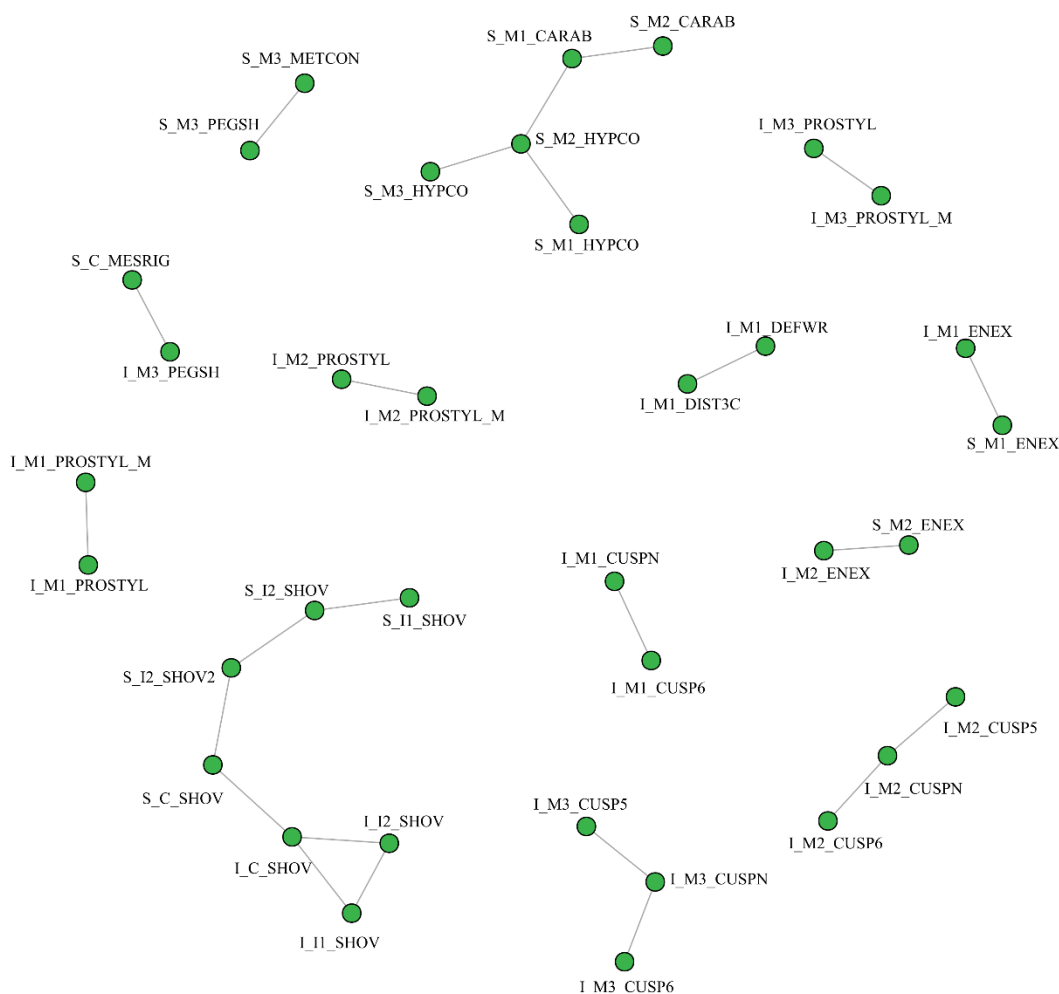
magyarázat módszertani okokban is kereshető. A minta elemszámának bővítésével nagyobb felbontású képet kaphatnánk a két korszakban élt Kárpát-medencei népesség fogmorfológiai különbségeiről. Fontos itt is megjegyezni, hogy a két korszak minta elemszámbeli különbsége megnehezíti a különbségek statisztikai értékelését. Jó példa erre az alsó első nagyőrlők háromgyökerű formájának (I_M1_ROOTNUM) megjelenési mintázata. A 71 vizsgálható avar kori egyén közül 12 esetében tudtuk ezt a non-metrikus tulajdonságot rögzíteni, a honfoglalás korból vizsgált 19 egyénnél pedig egy esetben sem volt megfigyelhető (F3. táblázat). Ennek ellenére az elemszámban jelentkező nagy különbség miatt ez az eltérés, mint lehetséges populációs különbség, statisztikai alapon nem igazolható (F9. táblázat). Mindez arra enged következtetni, hogy jelenleg a válasz módszertani okokban keresendő és további, nagyobb szériákat feldolgozó vizsgálatok után részletesebb képet kaphatunk erről a kérdésről.

A jellegek kapcsoltsága

A fog non-metrikus jellegek kapcsoltsági vizsgálatának eredményeit az E2. táblázat tartalmazza. A Kendall-féle Tau-B tesztet teszt huszonnégy jelleg-fog pár között mutatott ki szignifikáns összefüggést (2. táblázat) (16. ábra). A fogak morfológiai tulajdonságainak kapcsoltságánál a kategorizálásához elsőként Scott és munkatársai rendszerezését használtuk (Scott et al. 2018a), azonban az általuk leírt öt csoportba nem lehetett minden típust besorolni. Ezért létrehoztunk egy új besorolási rendszert a Scott és munkatársai által leírt fő kategóriák alapján. Külön vizsgáltuk az egyes kapcsoltsági párok közt, hogy azonos vagy különböző-e a jelleg, a fogtípus, valamint a lokalizáció (tehát azonos vagy különböző állcsonton helyezkedtek-e el), továbbá minden kapcsoltsági párhoz egy lehetséges okot is rendeltünk (2. táblázat).

Szigifikánsan kapcsolt jelleg-fog párok		Korreláció	P-érték	J	T	Á	O
S I1_SHOV	S I2_SHOV	0,556793604	4,05E-06	a	a	a	1
S I2_SHOV	S I2_SHOV2	0,494723814	2,93E-07	k	a	a	4
S C_SHOV	I C_SHOV	0,469321085	6,54E-06	a	a	k	1
I I1_SHOV	I I2_SHOV	0,749906158	1,56E-11	a	a	a	1
I I1_SHOV	I C_SHOV	0,599996589	5,68E-08	a	k	a	1
I I2_SHOV	I C_SHOV	0,522171611	1,89E-08	a	k	a	1
S I2_SHOV2	S C_SHOV	0,535658615	1,55E-06	k	k	a	4
S C_MESRIG	I M3_PEGSH	0,680109168	2,10E-07	k	k	k	4
S M1_CARAB	S M2_CARAB	0,445431679	1,09E-08	a	a	a	1
S M1_CARAB	S M2_HYPCO	0,344663442	4,18E-06	k	a	a	4
S M1_ENEX	I M1_ENEX	0,48397908	2,72E-08	a	a	k	1
S M2_ENEX	I M2_ENEX	0,490409925	1,07E-09	a	a	k	1
S M1_HYPCO	S M2_HYPCO	0,343390281	4,25E-06	a	a	a	1
S M2_HYPCO	S M3_HYPCO	0,444165521	1,53E-06	a	a	a	1
S M3_METCON	S M3_PEGSH	-0,4199352	4,17E-06	k	a	a	4
I M2_CUSP5	I M2_CUSPN	0,845725078	1,54E-16	k	a	a	2
I M3_CUSP5	I M3_CUSPN	0,602563642	2,03E-11	k	a	a	2
I M1_CUSP6	I M1_CUSPN	0,929658502	8,93E-14	k	a	a	2
I M2_CUSP6	I M2_CUSPN	0,51895753	1,14E-06	k	a	a	2
I M3_CUSP6	I M3_CUSPN	0,596212686	1,16E-09	k	a	a	2
I M1_DEFWR	I M1_DIST3C	-0,566376552	6,58E-06	k	a	a	3
I M1_PROSTYL	I M1_PROSTYL M	0,795071655	1,16E-16	k	a	a	2
I M2_PROSTYL	I M2_PROSTYL M	0,78630047	5,44E-21	k	a	a	2
I M3_PROSTYL	I M3_PROSTYL M	0,878493964	5,39E-20	k	a	a	2
Jegyzetek: J: jelleg, T: fogtípus, Á: állcsont, O: kapcsoltág feltételezett oka, a: azonos, k: különböző, 1: jelleg genetikai kapcsoltága az azt kifejezni képes fogakon, 2: módszertani átfedés, 3: morfológiailag egymást kizáró karakterek, 4: ismeretlen, Kendall-féle Tau-b tesztet korrigált szignifikancia határa: $6,575705E-06 \leq p$.							

2. táblázat. A szignifikánsan kapcsolt jellegek listája.



16. ábra. A szignifikánsan kapcsolt non-metrikus jelleg-fog párok kapcsolatrendszere. Készítette: Schütz Oszkár

A jelleg-fog párok összefüggéseit a továbbiakban a kapcsoltság lehetséges okai mentén tárgyaljuk. Ehhez négy csoportot hoztunk létre: 1. a jelleg genetikai kapcsoltága az azt kifejezni képes fogakon, 2. módszertani átfedés, 3. morfológiailag egymást kizáró karakterek, 4. ismeretlen.

Az 1. csoportba elsősorban azokat a kapcsoltági párokat soroltuk, amelyeken belül a kifejezett jelleg azonos volt. Az 1. kategóriába sorolt 10 jelleg-fog páron belül 4 jelleg mutatott kapcsoltást önmagával az azt kifejezni képes fogakon. Ebbe a csoportba tartozott a Shoveling, az Enamel extension, a Carabelli's trait és a Hypocone. A Shoveling öt, az Enamel extension két, a Hypocone két, a Carabelli's trait pedig egy esetben mutatott kapcsoltást önmagával a jelleget kifejezni képes fogak valamelyikén.

A Shoveling gyakoribb megjelenésének egyik oka az lehet, hogy ezt a jelleget két különböző fogtípus (metsző és szemfog) is képes kifejezni a felső és az alsó fogíven egyaránt.

A Shoveling, a Carabelli's trait és a Hypocone jellegek szignifikáns kapcsoltságát már korábban is leírták olyan non-metrikus tulajdonságok kapcsoltsága mellett, amelyek esetünkben nem mutattak szignifikáns összefüggést (Scott 1977b; Scott et al. 2018a). Feltételezhetjük, hogy a vizsgált non-metrikus tulajdonságok közül a gyakran erőteljes kapcsoltságot mutató jellegek kifejeződése erősebb genetikai befolyás alatt állhat.

Az 1. csoportba sorolt, azonos jellegeket mutató kapcsoltsági párok nagyrészt megfeleltethetők Scott és munkatársai 'azonos jelleg fogkörzeten belüli', 'azonos jelleg ellentétes (alsó–felső) fogkörzetek közötti' és 'azonos jelleg ugyanazon állkapocs különböző fogtípusai közötti' kapcsoltsági kategóriáinak. Ahogy a bevezető fejezetben is írtuk, a non-metrikus tulajdonságok fogkörzeten belüli összefüggéseinek jelenléte a fog morfológiával foglalkozó kutatók közt széles körben ismert és elfogadott (Scott et al. 2018a). Ezt figyelembe véve a fog non-metrikus adatok elemzéséhez ajánlott módszertan a fogkörzeten belüli interakciók kizárásának céljából fogkörzetenként csak egy fog adatainak felhasználását javasolja (Scott et al. 2018a). A Shoveling tulajdonságra vonatkozó eredményeink alapján érdemesnek tartanánk a szabály megfogalmazásának módosítását, így az elemzéshez a jelleg kifejezni képes valamennyi fog közül csak egy fog adatait tartjuk célszerűnek felhasználni a fogkörzetre fókuszáló szelekció helyett.

A 2. csoportba azokat a jelleg-fog párokat soroltuk, amelyeknél a szignifikáns kapcsoltság abból eredhet, hogy az összefüggő non-metrikus jellegek ugyanazon morfológiai tulajdonság más aspektusait mérik. A 2. kategóriába sorolt nyolc jelleg-fog páron belül öt jelleg között feltételezhetünk módszertani problémából következő kapcsoltságot. Ezek a Cusp number, a Cusp 5, a Cusp 6, a Protostylid és a Protostylid medial. A Cusp number az alsó őrlőfogakon megjelenő csücskök teljes számát vizsgálja (4–6), a Cusp 5 az alsó őrlőfogakon a hypoconulid hiányát, valamint jelenlét esetén a méretét, a Cusp 6 pedig az alsó őrlőfogakon a *distalis fovea* területén megjelenő járulékos csücsök hiányát, valamint jelenlét esetén a méretét osztályozza (Scott–Irish 2017; Pilloud et al. 2022). Ez alapján a Cusp number jelleg a Cusp 5 és Cusp 6 jelenlétét vagy hiányát méri, a Cusp 5 és Cusp 6 jellegek segítségével pedig jelenlét esetén a kifejezettség mértékéről is információt kapunk. Mindez magyarázza a jellegek közt kimutatott szoros pozitív kapcsolatot. A Protostylid non-metrikus tulajdonság esetén a módszerek fejezetben kifejtettük, hogy a nagyobb felbontás miatt további 3, az eredeti ASUDAS jelleghez kötődő osztályozási módot is bevezettünk (Buccal pit, Protostylid anterior és Protostylid medial). A bevezetett új osztályzatokból a Protostylid medial feleltethető meg leginkább az eredeti Protostylid jellegnek. Ebből következően várható volt az az eredmény, hogy sok esetben

szignifikáns összefüggés mutatható ki e két jellegen belül ugyanazon fogak osztályzatai között.

Dern, a Kárpát-medencei embertani anyagokat is feldolgozó tanulmányában szintén szignifikáns kapcsoltságot írt le az alsó második nagyörlők Cusp number és Cusp 5 jellegei között és a további vizsgálatokból kizárta a Cusp 5 jelleget. Arra vonatkozóan nem adott magyarázatot, hogy a kapcsolt jellegpár tagjai közül miért erre esett a választás.

A 3. csoportba csak a Distal trigonid crest (alsó első nagyörlő) és a Deflecting wrinkle (alsó első nagyörlő) jelleg-fog kapcsoltsági párt soroltuk. A Deflecting wrinkle az alsó örlőfogak *mesiolingualis* (*metaconid*) csücskének a csúcsától induló és a *metaconid*–*protoconid* közti barázda felé futó gerincének „könyök”-szerűen elhajló variációja. A Distal trigonid crest pedig az alsó örlőfogak *mesiobuccalis* (*protoconid*) és a *mesiolingualis* (*metaconid*) csúcsát összekötő gerinc (Scott–Irish 2017; Pilloud et al. 2022). A két jelleg definíciója alapján jól érzékelhető, hogy azok kifejeződése a fogak koronájának egymással átfedő területére esik, így sok esetben egymást kizáró karakterekként viselkednek.

A negatív korreláció egyik oka lehet az egyes tanulmányokban feltételezett azonos fejlődési eredet (Hanihara et al. 1964), azonban a két jelleg összefüggéseinek vizsgálatával ezen túl nem foglalkoztak behatóan.

A 4. csoportba soroltunk minden olyan jelleg-fog kapcsoltsági párt (9 pár), amelyek között a szignifikáns összefüggés okait nem lehet olyan nagy valószínűséggel megmagyarázni, mint a másik három csoport esetén. Ennek ellenére ebben a csoportban is megfigyelhetők olyan összefüggések, amik magyarázattal szolgálhatnak egyes kapcsoltságok okaira. A Double shoveling jelleg kifejeződése – amit a Shovelinggel ellentétben csak a felső metszőfogak esetén vizsgáltunk – gyakran kapcsoltságot mutat valamelyik alsó vagy felső frontfagon vizsgált Shoveling jelleg jelenlétével. Scott és munkatársai fog non-metrikus vizsgálatokról szóló összegző tanulmányukban felhívták a figyelmet arra, hogy a két jelleg kifejeződése nem független egymástól, továbbá földrajzi elterjedésük is nagyon hasonló mintázatot mutat (Scott et al. 2018a). Mindkét jelleg esetén a fogak marginális gerincének megvastagodását osztályoztuk azzal a különbséggel, hogy a Shovelinget minden frontfog *oralis* felszínén, míg a Double shovelinget a felső metszők *labialis* felszínén lehet megfigyelni. Nem kizárható tehát, hogy a két jelleg kifejeződésében azonos gének is részt vesznek. Azonban az is lehetséges, hogy a két jelleg megjelenésének hátterében különböző gének állnak, de a jellegeknek azonos lehetett a földrajzi eredete, ezért továbbra is gyakran együtt öröklődnek.

Összefüggést találtunk a felső őrlőfogak *protocone* csücskének *mesiolingualis* felszínén kifejeződő, *bazalis cingulum* eredetű Carabelli's trait és a felső őrlőfogak alap morfológiájának részét képező Hypocone méretei között. A két jelleg összefüggéseire már korábban is rámutattak, és a korreláció irányára vonatkozóan két elmélet terjedt el (Keene 1968; Scott 1979; Harris 2007; Scott et al. 2018a). Az egyik szemlélet szerint a két jelleg közt negatív kapcsolat áll fenn, így a Carabelli's trait kifejezettebben jelenik meg a Hypocone redukció ellensúlyozására (Dahlberg 1963; Keene 1968; Harris 2007). Ezt az elméletet azonban napjainkra több kutatás is cáfolta, melyek eredményei alapján a két tulajdonság redukciója között pozitív kapcsolat áll fenn (Scott 1979; Kondo–Townsend 2006; Harris 2007). Emögött a harmadik nagyőrlők eltűnéséhez hasonló evolúciós tendenciák állhatnak (Keene 1968; Scott 1979).

A 4. csoportba egy olyan jelleg-fog kapcsoltsági pár is besorolásra került (Peg-reduced-missing az alsó harmadik nagyőrlőn – Mesial ridge a felső szemfogon), amely mindkét tagja olyan fog non-metrikus tulajdonságra vonatkozik, ami a gyakorisági értékekre vonatkozó eredmények alapján ritkán fejeződött ki a vizsgálati anyagban, vagy külső faktorok miatt ritkán volt vizsgálható. Ebben az esetben feltételezhető, hogy az összefüggés nem biológiai okokban keresendő, hanem lehetséges, hogy mindkét jelleg esetén a jellegek jelenlétét csak azonos, jól vizsgálható eseteknél lehetett rögzíteni. Ebből következik, hogy a valóságnál valószínűleg gyakrabban rögzítjük a jellegek jelenlétét azonos egyéneknél.

A fog non-metrikus vizsgálatok adatait felhasználó populációs összehasonlító kutatásokban az a nullhipotézis, hogy a jellegek egymástól függetlenül öröklődnek. Ennek a hipotézisnek a vizsgálata azért is fontos, mert a genetikai okok miatt kapcsolt tulajdonságok torzíthatják a biológiai távolságszámító módszerek és a főkomponens analízis eredményeit. A vizsgált jellegek közt feltárt szignifikáns kapcsoltságok azonban az elemzést nehezítő tulajdonságuk mellett lehetőségeket is rejtenek magukban. A vizsgálati anyag bővítésével és a kapcsoltsági mintázatok beható tanulmányozásával lehetőség nyílhat a hiányzó adatok imputációjára (hiányzó adatok valószínűsítése meglévő adatból vagy adatbázisok adataiból), ezáltal komplexebb statisztikai elemzésekre is. Ez nagy előnyt jelentene a rossz megtartású embertani anyagok esetében.

Mivel a jelleg-fog kapcsoltsági párok tagjairól nem rendelkezünk elég információval arra vonatkozóan, hogy melyik tag reprezentálja jobban a vizsgálati anyagot, nem tartottuk célszerűnek véletlenszerűen kizárni jellegeket a további vizsgálatokból. Ezt szem előtt tartva, az adatok további elemzéséhez olyan módszerre volt szükség, ami nem

súlyozza a kapcsolt karaktereket, hanem képes egyénileg mérni a fog non-metrikus tulajdonságok összefüggéseit a genetikai adatokkal, továbbá képes kezelni a minta jellegéből fakadó gyakori adathiányt.

A fogmorfológiai jelek genetikai összefüggései

A vizsgált egyének földrajzi eredetéhez köthető genetikai összetételének feltérképezésére elsőként Supervised ADMIXTURE tesztet futtattunk (Alexander et al. 2009; Alexander–Lange 2011). A teszthez hét, egykor létező őspopulációk modellezésére használt standard modern populáció genetikai összetételét vettük alapul. A hét referencia populáció tisztább formában csak bizonyos földrajzi régiókban fordul elő, de különböző arányú keveredésükkel az egyes emberek genetikai összetétele globális léptékben is jellemezhető (Jørsboe et al. 2017). Ezt szem előtt tartva az analízis során azt modelleztük, hogy a korábban bemutatott hét komponens közül melyik milyen arányban járult hozzá az „A” csoportba tartozó egyének genetikai összetételéhez. A vizsgálat eredményeit az F10. táblázat tartalmazza. Az eredményeket az alábbiakban összegezzük.

- A French komponens az „A” csoportban vizsgált egyének 94,2%-ában jelen volt. Átlagosan 69,65%-os összetételi arányban fordult elő és 99,99%-os legmagasabb értéket ért el.
- A Han komponens az „A” csoport tagjainak 56,2%-ában volt kimutatható, átlagosan 18,97%-os arányban. A legmagasabb összetételi arány ebből a komponensből 67,57% volt a vizsgálati anyagban.
- A Chukchi komponens az „A” csoportba tartozó egyének 56,93%-ában volt jelen, 8,86%-os átlagos összetételi arányban. A legmagasabb érték a komponens esetében 13,4% volt.
- A Karitiana komponens az „A” csoport tagjainak 8,76%-ában volt kimutatható, átlagosan 0,05%-os arányban. A legmagasabb összetételi arány ebből a komponensből 1,44% volt.
- A Sindhi komponens az „A” csoportban vizsgált egyének 5,84%-ában volt jelen, 2,46%-os átlagos összetételi arányban, amiből a legmagasabb érték 76,84% volt.
- A Papua és a Yoruba komponensek nem voltak kimutathatók a vizsgálati anyagban.

A 6–11. századi Kárpát-medencei népességre fókuszáló archeogenetikai tanulmányok adatai alapján (Gnecchi-Ruscone et al. 2022; Maróti et al. 2022) valószínűsíthető volt ezeknek a komponenseknek hiánya. Mivel a vizsgálati anyagban nem voltak kimutathatók a Papua és a Yoruba komponensek, ezért a további tesztekben kizártuk azokat.

A tesztet követően összehasonlító vizsgálatot végeztünk annak feltérképezésére, hogy van-e összefüggés az egyes fog non-metrikus jellegek és ugyanazon egyének ADMIXTURE komponensekben mutatott arányában. Elsőként minden egyén minden fogmorfológiai adatát egy összehasonlító tesztben vizsgáltuk a genetikai komponensekkel, majd a statisztikai erő növelése érdekében a felső és az alsó fogívenként osztottuk ketté az adatokat egy második teszt elvégzéséhez.

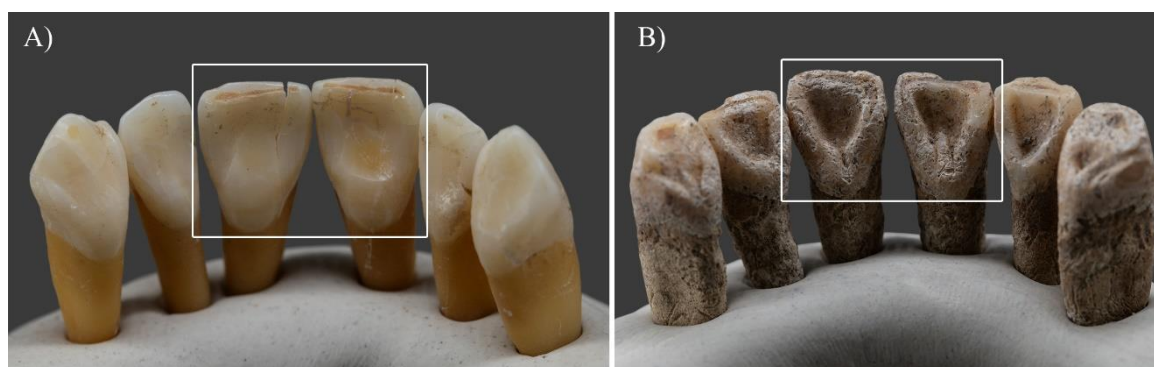
A Pearson-féle korrelációs teszt eredményeit az F11. táblázat tartalmazza. Az első elemzésben vizsgált harminckilenc fog non-metrikus tulajdonság közül öt tulajdonság esetén (Shoveling, Molar crenulations, Enamel extension, Root number, Cusp 6) tudtunk összefüggést kimutatni, annak valamelyik fogon kifejezett formája és valamelyik admixture komponens között. A vizsgált öt ADMIXTURE komponens közül mindegyik mutatott összefüggést legalább egy fogmorfológiai tulajdonsággal. Mivel kutatásunk módszertanát tekintve úttörő jellegű, ezért nem áll rendelkezésre minden szempontból megfelelő vizsgálati anyag. Az eredmények összehasonlító elemzéséhez a Scott és munkatársai fogmorfológiai vizsgálatokról közölt átfogó tanulmányának 6. fejezetében bemutatott földrajzi gyakorisági értékeket vettük alapul (Scott et al. 2018a). Az összehasonlításhoz fontos figyelembe vennünk, hogy a tanulmányhoz használt globális gyűjtés alapján, több mint 30000 recens és történeti korokból származó egyén fogmorfológiai adatait használták fel. Ennek ellenére nem minden régióknak volt azonos az adatgyűjtési lefedettsége. Például a közép-európai régióról nem, vagy nagyon kevés adat állt a rendelkezésükre, valamint akkor még a Dern munkájában közölt Kárpát-medencei adatok sem képezhették az elemzés részét. Az egyes régiók reprezentáltsági problémái mellett – a korábban bemutatott, Dern tanulmányában is használt módszertanhoz hasonlóan – az elemzésekhez küszöbértékek mentén binárisra alakított adatokat használtak és csak a kulcsfogakra vonatkozó információkat vették figyelembe (Dern 2023). Ennek tudatában a korábbi fejezetben leírtakhoz hasonlóan, a módszertani különbségek miatt kellő körültekintéssel kell kezelnünk az adatokat. A két különböző jellegű vizsgálat eredményeinek összehasonlítása során az ADMIXTURE elemzéshez használt komponensekhez rendeltük hozzá a Scott és munkatársai által közölt tanulmányban használt regionális felosztás vonatkozó alcsoportjait. A Sindhi komponenshez nem tudtunk összehasonlító anyagot rendelni, mivel Scott és munkatársai munkájukban nem közöltek Dél-Nyugat-ázsiai területről származó fogmorfológiai adatokat. Emellett nem ismerünk más, a területről származó fogmorfológiai adatokra vonatkozó gyűjtést sem. A fennmaradó

négy komponenshez Scott és munkatársainak tanulmányából az alábbi régiókat rendeltük (Scott et al. 2018a):

- French komponens – Nyugat-Európa, (Western Europe) Kelet-Európa, (Eastern Europe);
- Han komponens – Kelet-Ázsia (East Asia);
- Chukchi komponens – Északkelet-Szibéria (Northeast Siberia);
- Karitiana komponens – Dél-Amerika (South America).

Az eredményeket non-metrikus tulajdonságokként diszkutáljuk.

Shoveling (17. ábra):



17. ábra. A Shoveling jelleg kifejezettségi formái alacsony és magas fokozatokon. A) 0. fokozat a felső első metszőfogakon (Mélykút–Sáncdülő 45. sír.). B) 4. fokozat a felső első metszőfogakon (Kunpeszér–Felsőpeszéri út 30A. sír). Készítette: Kis Luca

A metszőfogak marginális gerincének megvastagodását és annak mértékét mérő fog non-metrikus tulajdonság több fogon is szignifikáns összefüggést mutatott a French, Han és Chukchi ADMIXTURE komponensekkel. A felső első metszőn, a felső szemfogon, az alsó első metszőn és az alsó szemfogon kifejeződő Shoveling jelleg minden esetben szignifikánsan negatív kapcsolatot mutatott a French, és pozitív kapcsolatot a Han és Chukchi komponensekkel. Vizsgálatunkban az összes szignifikáns különbséget mutató, a jelleget kifejezni képes fog közül az alsó centrális metszők mutatták a legerősebb összefüggéseket az egyes komponensekkel. A felső, illetve alsó második metszőfogak Shoveling tulajdonságra vonatkozó p -értékei egy komponens esetében sem érték el a szignifikanciahatárt. A Shindi komponenssel kapcsolatban a legtöbb fog esetében enyhén pozitív (kivéve felső szemfog, ahol enyhén negatív) összefüggést figyeltünk meg a Shoveling jelleggel, ez azonban meg sem közelítette a szignifikanciahatárt.

A metszőfogak „lapát alakú” – shovel shaped megjelenési formája már az 1800-as években felkeltette a fogmorfológiával foglalkozó kutatók érdeklődését (Carabelli 1844;

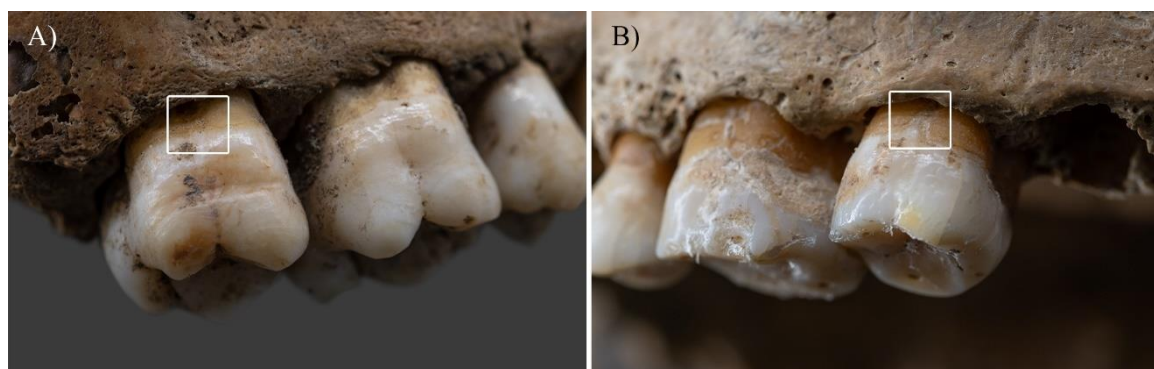
Mühlreiter 1870). A 1900-as évek elején Hrdlička foglalkozott behatóan a jelleggel (Hrdlička 1920), akinek a lapát alakú metszőkkel kapcsolatos munkássága nagy mérföldkövet jelentett a non-metrikus jellegek kutatásában (Scott et al. 2018a). 1920-ban megjelen tanulmányában amellet, hogy részletesen ismertette a jelleg addigi kutatástörténetét, elsőként rendelt fokozati skálát (3 fokozat) a lapát alakú metszők megjelenési formáihoz. Ennek segítségével összehasonlító vizsgálatokat végzett a világ különböző területeiről származó egyének (például: amerikai őslakosok, mongolok, afroamerikaiak) metszőfogain megjelenő Shoveling fogmorfológiai tulajdonság egyes kifejezettségi szintjeinek előfordulási gyakoriságát illetően (Hrdlička 1920). Később Dahlberg referenciakészletének, majd az 1991-ben megjelent első ASUDAS jelleglistának is a részét képezte, akkorra már 8 fokozatú kifejezettségi skálán jellemezve (Turner et al. 1991). Egyre nagyobb kutatottságának köszönhetően szélesebb körben ismertté vált, hogy kifejezettsége globális léptékben nagy különbséget mutat a különböző populációkban, ezért alkalmas lehet filogeográfiai elemzésekre. Vizsgálata a magyarországi fogmorfológiai kutatásban is idővel bevett gyakorlatnak számított (Marcsik–Kocsis-Savanya 2002; Marcsik–Molnár 2019), a jelleg jelenlétét általában ázsiai eredettel hozták összefüggésbe (pl.: Marcsik 2015; Marcsik–Molnár 2019; Tihanyi–Marcsik 2020).

Az eddig megjelent tanulmányokban az alsó fogak Shoveling jellegre vonatkozó osztályozási rendszere a felsőkéhez képest kevésbé kidolgozott, valamint a kutatásban elterjedt, kulcsfogakra fókuszáló elemzések miatt ezekre a fogakra vonatkozóan nincsenek összehasonlító adataink. Scott és munkatársai tanulmányukban a jelleg esetén használandó kulcsfogak a felső centrális metszőket tekintik, a fokozati skála binárisra alakításához pedig a 2. fokozatot határozták meg határértéknek. Eredményeik alapján a Nyugat- és Kelet-Európából származó mintákban a jelleg alacsony, 10–20% közötti gyakorisággal fordult elő. Ezzel szemben a Kelet-ázsiai, az Északkelet-szibériai és a Dél-amerikai minták a magas (90–100%) előfordulási gyakoriságú csoportba tartoztak (Scott et al. 2018a). Scott és munkatársainak megfigyelései nagyrészt párhuzamba állíthatók a fent bemutatott eredményeinkkel. A különbséget egyrészt az jelenti, hogy eredményeink alapján a felső centrális metszők esetén a Kelet-ázsiai területet reprezentáló Han komponens mutatott erősebb összefüggést az Északkelet-szibériai területre jellemző Chukchi komponenshez képest, míg a 2018-as tanulmány ennek a fordítottját sugallja (Scott et al. 2018a). A különbség lehetséges oka az alacsony elemszám mellett az alapvető módszertani eltérés is lehet. Ezért fontos ismét kiemelni, hogy Scott és munkatársai a jelleg binárisra alakított

kifejezettségének gyakoriságát vizsgálták (2–6. fokozat) (Scott et al. 2018a), míg kutatásunk során az egyes fokozatok eloszlási gyakoriságára fókuszáltunk.

A másik fő eltérés a két vizsgálat eredménye közt az, hogy a 2018-as tanulmányban a Dél-amerikai régió területéről vizsgált egyének fogazatán a jelleg nagy gyakorisággal fordult elő, míg vizsgálatunkban az annak a területnek megfelelő Karitiana komponens enyhén negatív összefüggést mutatott a jelleggel (azonban meg sem közelítette a szignifikáns határértéket). Az elemszámbeli és a fentebb bemutatott módszertani különbségeken túl az eredmények közti eltérésnek más oka is lehet. Az egyes ADMIXTURE komponensek közül a Karitiana komponenshez lehetett a legkevésbé azt megfelelően reprezentáló mai földrajzi régió népességét társítani, ezért lehetséges, hogy az összehasonlításhoz használt Dél-amerikai régióra vonatkozó fog morfológiai adatok nem alkalmasak erre a célra.

Enamel extension (18. ábra):



18. ábra. Az Enamel extension jelleg kifejezettségi formái alacsony és magas fokozatokon. A) 0. fokozat a jobb felső második nagyőrlőn (Sárrétudvari–Hízóföld 174. sír). B) 3. fokozat a jobb felső második nagyőrlőn (Kunszállás–Fülöpjakab 14. sír). Készítette: Kis Luca

Az őrlőfogak *buccalis* felszínének középső régiójában a gyökér irányába meghosszabbodott zománcréteg a felső második nagyőrlő esetén a Han és Chukchi komponensekkel pozitív szignifikáns összefüggést mutatott. Ugyan a Shoveling tulajdonsághoz hasonlóan a French komponenssel erős negatív korrelációt tapasztaltunk, az összefüggés mértéke ez esetben nem érte el a kijelölt szignifikancia határt. A Karitiana és Shindi komponensek enyhe pozitív összefüggést mutattak a szóban forgó non-metrikus tulajdonsággal, azonban egyik sem bizonyult szignifikánsnak.

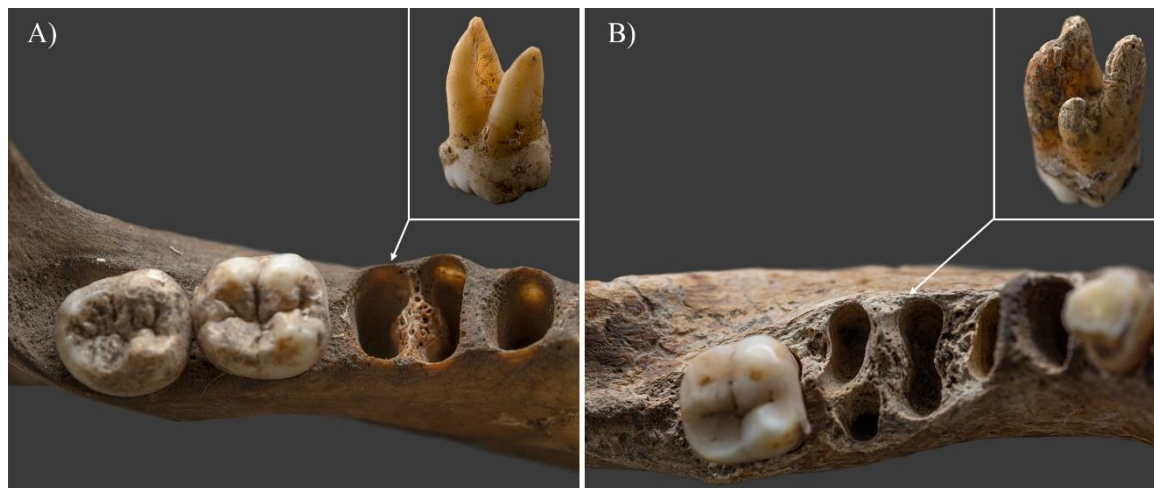
A zománc meghosszabbodásáról szóló korai publikációk nem hozzáférhetőek, a későbbi munkák pedig nem egységesek abban, hogy ki írta le először és dolgozta ki a fokozati skálát ehhez a fog non-metrikus jelleghez. Elsődleges forrásként Pedersen és Thyssen 1942, valamint Pedersen 1949 tanulmányait szokták említeni (Pedersen–Thyssen

1942; Pedersen 1949; Risnes 1974; Kocsis-Savanya–Marcsik 1983; Turner et al. 1991). A fokozati skála kidolgozását pedig Pedersen 1949-es vagy Masters és Hoskins 1964-es publikációihoz kapcsolják (Risnes 1974; Kocsis-Savanya–Marcsik 1983; Turner et al. 1991). Masters és Hoskins tanulmányukban ezt a fogmorfológiai tulajdonságot "enamel projection" néven írták le és valóban kidolgoztak egy fokozati skálát az értékeléséhez (Masters–Hoskins 1964). Feltételezték, hogy a jelleg kifejezettsége hozzájárulhat a fogágybetegségek kialakulásához, így munkájuk főként egészségügyi szempontokra, mintsem filogeográfiai összefüggésekre fókuszált (Masters–Hoskins 1964). Az Enamel extension non-metrikus jelleg nem kapott a Shovelinghez hasonló tudományos figyelmet, azonban földrajzi régióként eltérő gyakorisági és kifejezettségi mintázatára több kutatás is felfigyelt (Pedersen–Thyssen 1942; Risnes 1974; Turner 1990). Ennek köszönhetően már az első, 1991-ben megjelent ASUDAS jelleglistának is a részét képezte (Turner et al. 1991). Hazánkban Kocsis Gábor és Marcsik Antónia több tanulmányban is foglalkoztak a jelleggel (Kocsis-Savanya–Marcsik 1981, 1983; Marcsik–Kocsis-Savanya 2002).

Az Enamel extension fog non-metrikus jellegre vonatkozóan a felső első nagyőrlőt szokták kulcsfognak tekinteni (Scott–Irish 2017; Scott et al. 2018a), azonban eredményeink alapján a felső második nagyőrlőn mutatott szignifikáns összefüggést az egyes komponensekkel. A kizárólag kulcsfogak elemzésére fókuszáló nemzetközi tendenciák miatt a felső második nagyőrlőkre vonatkozóan nincsenek összehasonlító adataink, ezért összehasonlító elemzésünkhöz a felső első nagyőrlőről közölt eredményeket használtuk fel. Scott és munkatársai tanulmányukban a jelleg esetén a 2. fokozatot tekintették töréspontnak az adatok binárisra alakításához. Eredményeik alapján a jelleg a Kelet-ázsiai, az Északkelet-szibériai, és a Dél-amerikai régiókban magas (40–60%) előfordulási gyakorisággal volt megfigyelhető, míg Nyugat- és Kelet-Európából származó minták az alacsony (0–10%) gyakoriságú csoportba tartoztak. Ezek a tendenciák részben párhuzamba állíthatók a dolgozatunkban bemutatott eredményekkel. Néhány eltérés azonban elsősorban módszertani okokra vezethető vissza. Vizsgálatunk során az Enamel extension erős negatív korrelációt mutatott az európai komponenssel, de az összefüggés mégsem bizonyult szignifikánsnak. Ennek oka az lehet, hogy a nagy nemzetközi kutatásokhoz viszonyítva nagyságrendekkel kisebb mintaszám állt a rendelkezésünkre. Részben a mintaszámbeli különbségek, részben pedig a fent említett, összehasonlító anyaggal kapcsolatos megfeleltetési problémák okozhatták, hogy a Karitiana komponens reprezentálására használt Dél-amerikai régióban az Enamel extension magas gyakorisággal fordult elő, ennek ellenére vizsgálati anyagunk alapján csupán enyhe pozitív (a szignifikancia

határértéket meg sem közelítő) összefüggés mutatható ki a non-metrikus tulajdonság és a genetikai komponens között. Mindez a vizsgálati anyag bővítését és további kutatásokat tesz szükségessé.

Root number (19. ábra):



19. ábra. A Root number (alsó nagyőrlő) kifejezettségi formái különböző gyökérszám esetén. A) kétgyökerű bal alsó első nagyőrlő (Szeged–Kundomb 74. sír). B) háromgyökerű bal alsó első nagyőrlő (Csólyospálos–Felsőpálos 114. sír). Készítette: Kis Luca

Az alsó első nagyőrlők gyökérszáma, ezen belül is egy harmadik *disto-oralis* gyökérnek a megjelenése a statisztikai vizsgálatok eredményei alapján pozitív szignifikáns korrelációban áll a Han komponenssel. Ebben az esetben is észlelhető erősebb, a French komponens esetén negatív, a Chukchi komponens esetén pozitív korreláció felé mutató tendencia, azonban a jelleg kifejezettségi mintázata csak a Han komponenssel összefüggésben bizonyult szignifikánsnak.

Az első *mandibularis* nagyőrlők háromgyökerű megjelenési formájának gyakoriságával foglalkozó legkorábbi ismert tanulmánynak A. E. Taylor 1899-es, angliai fogmintákon folytatott vizsgálatát tekintik (Turner 1971). Taylor munkájával kapcsolatban azonban több módszertani probléma is felmerült, így E. K. Tratmant tekintik az első kutatónak, aki 1938-ban ezzel a fogmorfológiai tulajdonsággal kapcsolatban szisztematikus vizsgálatot végzett. Eredményei alapján a *disto-oralis* gyökér megjelenését ázsiai-népességjelzőnek tekintette (Turner 1971). A jelleg standardizált osztályozási rendszerét C.G. Turner II alakította ki 1967-es doktori disszertációjában (Turner 1967). Ennek köszönhetően már az 1991-ben megjelent ASUDAS jelleglistán is szerepelhetett ez a tulajdonság (Turner et al. 1991). Emellett Turner az 1971-es közleményében felhívta a figyelmet arra a módszertani problémára, hogy a háromgyökerű nagyőrlőket nehezebb

eltávolítani az *alveolus*ból mint a kétgyökerűeket. Ebből adódóan történeti embertani anyagok feldolgozásakor torzulhatnak a gyakorisági értékek (Turner 1971). A háromgyökerű alsó őrlőfogak gyakorisági mintázata nemcsak a filogeográfiai kutatások szempontjából volt jelentős kérdéskör, hanem esetleges jelenléte a klinikumban is fontos információnak számít, mivel befolyásolhatja a kezelés menetét (Younes–Al-Shammery–El-Angbawi 1990). Ennek köszönhetően nemcsak történeti embertani kutatások fókuszáltak erre a jellegre, hanem máig széles körben tanulmányozzák a jelleg gyakoriságát és megjelenési formáit ma élő populációkban is (pl.: Prashanth–Khandelwal 2012; Acharya et al. 2014; Scott et al. 2023).

Scott és munkatársai eredményei alapján a háromgyökerű első alsó nagyőrlők gyakorisága a Nyugat- és Kelet-Európából származó minták esetén a ritka (<1%), a Dél-amerikai minták esetén az alacsony átmeneti (5–10%), a Kelet-ázsiai és az Északkelet-szibériai minták esetén pedig a gyakori (>20%) csoportba tartozott. A Scott és munkatársai által leírt, a jelleg Kelet-ázsiai régióra jellemző előfordulási gyakorisága párhuzamba állítható eredményeinkkel, amelyek alapján a jelleg a Kelet-ázsiai régióval megfeleltetett Han komponenssel mutatott szignifikáns pozitív korrelációt. A French, a Chukchi és a Karitiana komponens esetén nagyrészt a korábban bemutatott jellegeknél is tapasztalt tendenciákat figyeltük meg. Az európai régiót reprezentáló French komponens erős (azonban a szignifikancia határt el nem érő) negatív összefüggést mutatott a háromgyökerű első alsó nagyőrlők jelenlétével. Eredményeinkhez hasonlóan Scott és munkatársai is azt figyelték meg, hogy a Nyugat- és Kelet-Európából származó mintákban a jelleg a nagyőrlők kevesebb, mint 1%-nál fordult elő. A Chukchi komponens a French komponenshez hasonlóan erős, de a szignifikanciahatárt el nem érő összefüggést mutatott a jelleggel. Az összefüggés azonban ebben az esetben pozitív volt. Ez összecseng azzal, amit Scott és munkatársai tanulmányukban a jelleg Északkelet-szibériai mintákban talált gyakorisági értékeiről írtak. Vizsgálati anyagunkban a Karitiana komponensnél tapasztalt enyhe negatív (a szignifikancia határt meg nem közelítő) összefüggéshez hasonlóan Scott és munkatársai is csak kevés esetben tudták megfigyelni a jelleg előfordulását a Dél-amerikai minták körében.

Cusp 6 (20. ábra):



20. ábra. A Cusp 6 jelleg kifejezettségi formái alacsony és magas fokozatokon. A) 0. fokozat a jobb alsó harmadik nagyőrlőn (Kiskundorozsma–Kettőshatár I. 251. sír) B) 5. fokozat a bal alsó harmadik nagyőrlőn (Árkus–Homokbánya 28. sír). Készítette: Kis Luca

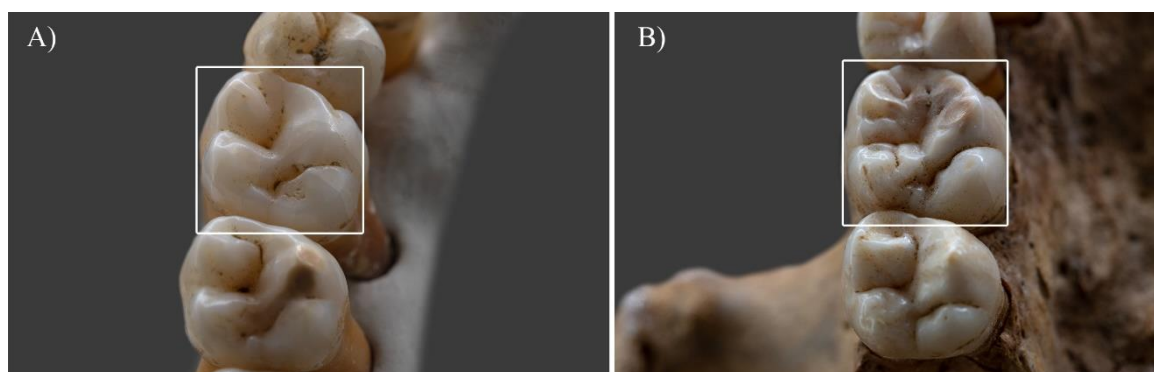
Az alsó őrlőfogak *occlusalis* felszínének *distalis* részén a *Hypoconulyd*tól *lingualis* irányban megjelenő számfeletti csücsök az alsó harmadik őrlőfogak esetén szignifikáns pozitív összefüggést mutatott a Sindhi komponenssel. Annak ellenére, hogy adatbázisunkban a French, Chukchi és Han komponens esetén a korreláció nem bizonyult szignifikánsnak, mindhárom komponens megközelítette a szignifikanciahatárt. Az elemzéseink alapján a French komponens esetén negatív, míg a Chukchi és Han komponensek esetén pozitív összefüggést tapasztaltunk az alsó harmadik nagyőrlőn megjelenő 6. csücsök kifejezettségével. Ezzel ellentétben a Karitiana komponens esetén az eredményeink enyhe negatív összefüggést mutattak (meg sem közelítve a szignifikancia határértéket).

Az alsó nagyőrlők öt, Gregory által elnevezett csücskein túl (Gregory 1916) a további, esetlegesen kifejeződő csücsköket számokkal jelölik (Turner 1967). A korai kutatásokban a számfeletti csücskök vizsgálatának módszere megfigyelőnként változott, ami összehasonlíthatatlanná tette az eredményeket (Turner 1967). A 6. csücsökre vonatkozó első standardizált osztályozási rendszert Turner hozta létre 1969-es disszertációjában (Turner 1967). Később ezt a módszert követték munkatársaival az első ASUDAS lista létrehozásánál is (Turner et al. 1991). A jellegét gyakran vizsgálták filogeográfiai tanulmányokban (pl.: Axelsson–Kirveskari 1979; Kanazawa et al. 1989; Rathmann–Reyes-Centeno 2020; Scott et al. 2021). Hanihara az alsó nagyőrlőkön megjelenő 6. csücsköt a „mongolid fogkomplex” tagjának tekintette (Axelsson–Kirveskari 1979).

A jelleg széleskörű kutatottságának ellenére a 3. nagyőrlőkön felvett adatok gyakran nem képezték az elemzés részét a fogak alacsony esetszámára való tekintettel (pl.: Axelsson–Kirveskari 1979; Kanazawa et al. 1989; Rathmann–Reyes-Centeno 2020; Scott et al. 2021). Ebből kifolyólag az erre vonatkozó valódi gyakorisági értékekről kevés

információval rendelkezünk. A Sindhi komponenssel összefüggést mutató, az alsó harmadik nagyőrlőkön kifejeződő 6. csücsök előfordulási gyakoriságának összehasonlítása több ponton is problémába ütközik. Egyrészt a nemzetközi kutatásban elterjedt kulcsfogakra összpontosító módszertan miatt, továbbá az átfogó, Délnyugat-ázsiai területektől származó mintákat tartalmazó fogmorfológiai elemzések hiánya miatt. Ezt szem előtt tartva, erre a jellegre vonatkozóan a kutatás jelenlegi fázisában nem tudtunk összehasonlító elemzést végezni.

Molar crenulations (21. ábra):



21. ábra. A Molar crenulations jelleg kifejezettségi formái alacsony és magas fokozatokon. A) 0. fokozat a jobb felső első nagyőrlőn (Mélykút–Sáncdűlő 45. sír) B) 1. fokozat a jobb felső első nagyőrlőn (Szegevár–Oromdűlő 1. sír). Készítette: Kis Luca

Az őrlőfogak *occlusalis* felszínén megjelenő erőteljes barázdálódás mértékét és kiterjedtségét vizsgáló non-metrikus tulajdonság a felső első nagyőrlő esetén szignifikáns pozitív összefüggést mutatott a Karitiana komponenssel. Annak ellenére, hogy a korreláció más komponenssel nem bizonyult szignifikánsnak, a French komponenssel negatív, az ázsiai eredetű komponensekkel (Han, Chukchi és Sindhi) pedig pozitív összefüggést tapasztaltunk.

A nagyőrlőfogak felszínének kifejezett barázdáltságát („ráncosságát”) már főemlősök és emberszármazástani leletek fogmaradványain is megfigyelték (pl.: (Carbonell 1965; Pickford 1985; Chaimanee et al. 2003; Simpson et al. 2015). A kutatók álláspontja nem egységes azzal kapcsolatban, hogy az eltérő földrajzi régiókban élő recens, illetve egykor élt populációk közül melyeknél jelenik meg ez a fogmorfológiai tulajdonság a leggyakoribb és a legkifejezettebb formában (Jacob 1967; Rhine 1993; Pilloud et al. 2018). A legújabb eredmények alapján a jelleg frekventáltabb megjelenését afrikai származású népekhöz kötik (Pilloud et al. 2018). A jelleg nem képezte az első ASUDAS listák részét, mivel nehezen tudtak objektív osztályozási rendszert kialakítani,

valamint lokalizációja miatt már a korai életszakaszoktól kezdődően kitett a fogkopásnak (Grine 1981), (Turner et al. 1991; Scott–Irish 2017). A korai kutatások módszertani problémáira, ezen belül a jelleg definiálásának, valamint az osztályozás egységesítésének szükségességére Pilloud és munkatársai hívták fel a figyelmet (Pilloud et al. 2018). A Molar crenulations standardizált osztályozási rendszerének kidolgozását és tesztelését követően (Pilloud et al. 2018) a jelleget felvették a legfrissebb ASUDAS listába (Pilloud et al. 2022).

Mivel a Molar crenulations a legtöbb, a dolgozat keretei közt is vizsgált tulajdonsághoz viszonyítva később került be az ASUDAS-ba, így a jellegre vonatkozóan nagyon kevés adatot közöltek európai vagy ázsiai területről származó egyénekről. Ebből adódóan az összehasonlító elemzéshez ebben az esetben sem rendelkezünk megfelelő adatmennyiséggel.

A teszt második fázisában, a statisztikai erő növelése érdekében a szignifikancia szint meghatározásához kettéosztottuk az adatbázist a két fogívnek megfelelően. Az új (a korábbinál kicsit megengedőbb) határérték alapján is az előző vizsgálattal azonos eredményeket kaptunk (F11. táblázat), azzal a különbséggel, hogy a Cusp 6 jelleg esetén a French komponenssel mutatott negatív összefüggés már szignifikánsnak bizonyult.

Fentiek alapján összességében kijelenthetjük, hogy a French, Han és Chukchi komponensek az összehasonlító elemzésre alkalmas jellegekre vonatkozóan a Scott és munkatársai tanulmányában leírt Nyugat- és Kelet-európai, Kelet-ázsiai és az Északkelet-sibériai régiókból vizsgált egyének fogmorfológiai gyakorisági tendenciáit mutatták. A Karitiana komponenssel összefüggő fog non-metrikus jellegek gyakorisági mintázata azonban jelentősen eltért az összehasonlításra használt, Scott és munkatársainak tanulmányában közölt Dél-amerikai minták értékeitől. Az eltérés oka a módszertani különbségek mellett az is lehet, hogy a Dél-amerikai területen élő népesség nem reprezentálja megfelelően az elemzésünkben használt Karitiana komponenst. Ennek tisztázásához további vizsgálatok szükségesek

A vizsgálat során több esetben nem az általánosan elfogadott, az adott jellegekre vonatkozó kulcsfogak mutatták a leginkább szignifikáns összefüggést a genetikai adatokkal. A kulcsfog választásos elemzési módszer használata elengedhetetlen az összetettebb, kapcsoltságokra érzékeny statisztikai elemzéseknél, ezért az adott jellegre legrepresentatívabb fog kiválasztása nagy körültekintést igényel. Megfigyeléseink alapján felmerül a kulcsfogak revíziójának szükségessége. Mivel vizsgálatunk a nemzetközi összehasonlító kutatásokhoz viszonyítva alacsonyabb elemszámmal dolgozott, ezért korai lenne az első eredmények alapján az eddigi trendek felülbírálata és új kulcsfogak

bevezetésének javaslata. Ennek ellenére eredményeink felhívják a figyelmet annak fontosságára, hogy a témával foglalkozó kutatók ne csupán az eddig elfogadott kulcsfogak adatainak az értékelését végezzék el, mivel a többi fog kizárása az elemzés korai szakaszán jelentős információ veszteséhez vezethet.

Ugyan részletesen csak azokat a jellegeket elemeztük, amelyek legalább egy genetikai komponenssel szignifikáns összefüggést mutattak, több egyéb fog non-metrikus tulajdonság esetén is tapasztaltunk erőteljesebb pozitív vagy negatív összefüggést különböző komponensekkel. Így például a felső második nagyörlőn kifejezett Anterior fovea non-metrikus tulajdonság negatív korrelációt mutatott a Han és Chukchi, ugyanakkor pozitív összefüggést a French komponenssel. A felső szemfogon megjelenő Distal accessory ridge jelleg negatív összefüggést mutatott a French, ellenben pozitív összefüggést a Han és Chukchi komponenssel. Ennek tudatában nem javasoljuk a fogmorfológiai jellegkészlet csökkentését az öt szignifikáns összefüggést mutató jelleg vizsgálatára a későbbi kutatásokhoz. Továbbra is szükségesnek tartjuk a teljes jellegkészlet vizsgálatát, valamint a vizsgálatba bevont korszakok és a mintaszám bővítését az archeogenetikai vizsgálatok előrehaladásával párhuzamosan.

Az eredmények tesztelése

Csoportosítás

Összetett vizsgálatssorozatot terveztünk annak feltérképezésére, hogy fog-morfológiai jellegekből lehetséges-e a földrajzi származásra következtetni. Ehhez elsőként az ADMIXTURE komponensek átlagos egyéni arányai alapján távolságmátrixot számoltunk, amiből hierarchikus klasztereket hoztunk létre (F1. ábra, E3. táblázat). A klaszterek struktúráját figyelembe véve először öt csoportot alakítottunk ki.

1. Az első csoport tagjaiban a French komponens magasabb, mint 95%, a Han komponens nem haladja meg a 3%-ot, a Chukchi komponens pedig az 5%-ot. A Karitiana és a Sindhi komponens 0%. Az első csoportba 60 egyént tudtunk besorolni.
2. A második csoport tagjainál a French komponens 82–93%, a Han komponens 1–14%, a Chukchi komponens pedig 1–10% között mozog. A Karitiana és a Sindhi komponens 0%. A második csoportba 14 egyént soroltunk.
3. A harmadik csoport tagjai esetében a French komponens 58–80%, a Han komponens 13–27%, a Chukchi komponens pedig 4–23% között mozog. A

Karitiana komponens nem haladja meg az 1,5%-ot, a Sindhi komponens pedig 0%. A harmadik csoportba 20 egyént soroltunk.

4. A negyedik csoport tagjaiban a French komponens 18–59%, a Han komponens 0–68%, a Chukchi komponens pedig 0–68% között mozog. A Karitiana komponens nem haladja meg a 0,5%-ot és a Sindhi komponens 0%. A harmadik csoportba 21 egyént soroltunk.
5. Az ötödik csoport tagjainál a French komponens 0–11%, a Han komponens 28–56%, a Chukchi komponens pedig 10–59%. A Sindhi komponens 0–77% között mozog és a Karitiana komponens nem haladja meg a 0,12%-ot. Az ötödik csoportba 22 egyént soroltunk.

Az öt csoportban jól megfigyelhető az európai területekre jellemző French komponens fokozatos csökkenése az 5. csoport felé haladva. Az ázsiai területekre jellemző komponensek közül egy sem fordul elő olyan magas százalékos összetételben, mint a French az 1. csoportban. A French komponens csökkenésével párhuzamosan általában a Han és a Chukchi komponens jelenik meg egyre nagyobb arányban a vizsgált egyéneknél, ezen belül is a Han komponens dominanciájával. Ettől a tendenciától eltérő jellemzőket három, az 5. csoportba tartozó egyén mutatott. Esetükben a Han komponens nem, vagy csak nagyon kis százalékban volt kimutatható, azonban a Sindhi komponens meghaladta a 70%-ot. Az 5. csoportba olyan egyéneket soroltunk, akik legnagyobb arányban ázsiai területekre jellemző genetikai komponenseket tartalmaztak. Az a jelenség, hogy egyik ázsiai területre jellemző komponens sem volt kimutatható teljesen tiszta formában, párhuzamba állítható az embertani, valamint a genetikai vizsgálatok korábbi eredményeivel, miszerint az ázsiai területekről több hullámban is jellemzően heterogén összetételű csoportok érkeztek a Kárpát-Medencébe (pl.: Lipták 1983; Gneccchi-Ruscone et al. 2022; Maróti et al. 2022).

A következő lépésként azt ellenőriztük, hogy a genetikai adatok alapján létrehozott csoportok a fogmorfológiai tulajdonságok alapján is elkülönülnek-e egymástól. Ehhez Cambera módszerrel távolságmátrixot számítottunk, majd ez alapján Wilcoxon-féle t-tesztel vizsgáltuk, hogy a csoporton belüli különbségek kisebbek-e, mint a csoportok közötti eltérések. A vizsgálathoz az „A” csoportból felhasználtuk minden releváns jellegnek (29) az azt kifejezni képes fogakon rögzített adatait.

Az elemzés eredményeit a 3. táblázat tartalmazza.

A:

	1.cs		2.cs		3.cs		4.cs		5.cs	
	c	C. távolság	c	C. távolság	c	C. távolság	c	C. távolság	c	C. távolság
1.cs	1	47,30244	6	45,39321	11	46,81594	16	45,66541	21	47,61114
2.cs	2	45,39321	7	39,36198	12	44,74317	17	43,93064	22	45,53510
3.cs	3	46,81594	8	44,74317	13	43,33984	18	43,02312	23	45,39555
4.cs	4	45,66541	9	43,93064	14	43,02312	19	38,73497	24	42,15693
5.cs	5	47,61114	10	45,53510	15	45,39555	20	42,15693	25	39,51756

B:

c. párok	p-érték
1-2	0.999992831146268
1-3	0.976746568126617
1-4	0.999923591383546
1-5	0.50734008708678
7-6	4.95995346614745e-07
7-8	0.000125151986402503
7-9	0.000353407085894836
7-10	1.19318455114082e-05
13-11	0.000148681501356962
13-12	0.33050957831474
13-14	0.789171457743082
13-15	0.281140919537665
19-16	4.41757852938808e-14
19-17	3.63277865914102e-05
19-18	0.00033635666984527
19-20	0.0230724278879126
25-21	2.24446940647211e-30
25-22	1.17360403577308e-10
25-23	1.64876192398462e-11
25-24	0.000838333994326525

Jegyzetek: cs: csoport; c: Camberra módszerrel mért távolságok sorszáma; C. távolság: átlagos Camberra távolság. A Wilcoxon t-teszt korrigált szignifikancia határa: $0.000838334 \geq p$.

3. táblázat. Genetikai alapú klaszteranalízis alapján kijelölt csoportok első fogmorfológiai elkülönítési tesztje (öt csoport, minden jelleg-fog pár). A: Camberra távolságmérő módszerrel számított csoporton belüli és csoportok közötti távolságok. B: Wilcoxon t-teszt eredményei arról, hogy mely csoporton belüli távolságok szignifikánsan kisebbek a csoportok közöttinél.

A távolságmátrixokból számított Wilcoxon-féle t-teszt alapján az 1. csoport tagjainak csoporton belüli távolsága szignifikánsan kisebbnek bizonyult, mint a 4. csoporttól mért távolsága. A 2. csoport tagjainak csoporton belüli távolsága szignifikánsan kisebb volt, mint az összes többi csoporthoz mért távolsága. A 3. csoport tagjainak csoporton belüli távolsága szignifikánsan kisebb volt, mint az 1. csoporttól mért távolsága. A 4. csoport tagjainak csoporton belüli távolsága szignifikánsan kisebb volt, mint az 1., 2., és 3. csoporttól mért

távolsága. Az 5. csoport tagjainak csoporton belüli távolsága pedig szignifikánsan kisebb volt, mint az összes többi csoporthoz mért távolsága.

Mivel a fog non-metrikus jellegek alapján csak a 2 és az 5. csoportot tudtuk hibátlanul elkülöníteni a többi csoporttól, ezért a teszt tapasztalati alapján a fogmorfológiai adatok nem voltak alkalmasak a vizsgálati anyag ilyen nagy felbontású szétválasztására. Ez alapján a következő teszthez a csoportok számának csökkentésére törekedtünk. Az elemzést három csoportra redukáltuk, amelyeket a hierarchikus klaszterezéssel létrehozott fa 2. elágazásánál elvágva hoztunk létre.

1. Az 1. csoportot a korábbi 1. és 2. csoport összevonásával alakítottuk ki. Ez alapján, 74 olyan egyént tudtunk besorolni ebbe a csoportba, akik túlnyomó részben európai típusú genetikai komponenssel rendelkeztek.
2. A korábbi 3. és 4. csoport összevonásával alakítottuk ki a 2. csoportot. Ennek a csoportnak a tagjaiban egyik komponens sem haladja meg a 95%-ot. Ebben a csoportba sorolt egyének genetikai összetétele az európai és az ázsiai komponensek közti átmenetnek tekinthető. 41 egyént soroltunk ebbe a csoportba.
3. A 3. csoport kialakításához megőriztük az előző kísérletben használt 5. csoportot, amelybe azok az egyének tartoztak, akiknek a genetikai összetételében az ázsiai területekre jellemző komponensek domináltak. Emellett bennük a French komponens vagy nem volt jelen, vagy nem haladta meg a 11%-ot. Ebben a csoportba 22 egyént soroltunk.

A csoporton belüli és a csoportok közötti, Cambera módszerrel számolt távolságmátrix alapján ismét Wilcoxon-féle t-tesztet végeztünk. A vizsgálat eredményeit a 4. táblázat tartalmazza.

A:

		1.cs		2.cs		3.cs
	c	C. távolság	c	C. távolság	c	C. távolság
1.cs	1	46.4283176420523	4	45.8653214641615	7	47.2169259263281
2.cs	2	45.8653214641615	5	41.9813854190739	8	43.7382449375603
3.cs	3	47.2169259263281	6	43.7382449375603	9	39.5175617301835

B:

c. párok	p-érték
1-2	0.989864548299945
1-3	0.0952276347342815
5-4	1.34782486275469e-16
5-6	0.155293502559684
9-7	2.85813306396647e-29
9-8	8.19027216300229e-09

Jegyzetek: cs: csoport; c: Camberra távolságmérő módszerrel mért távolságok sorszáma; C. távolság: átlagos Camberra távolság. A Wilcoxon t-teszt korrigált szignifikancia határa: $8.19027216300229e-09 \geq p$.

4. táblázat. Genetikai alapú klaszteranalízis alapján kijelölt csoportok második fogmorfológiai elkülönítési tesztje (három csoport, minden jelleg-fog pár) A: Camberra távolságmérő módszerrel számított csoporton belüli és csoportok közötti távolságok. B: Wilcoxon t-teszt eredményei arról, hogy mely csoporton belüli távolságok szignifikánsan kisebbek a csoportok közöttinél.

Az eredmények alapján az 1. csoport tagjainak csoporton belüli távolsága nem bizonyult szignifikánsan kisebbnek bármely másik csoporttól mért távolságnál. A 2. csoport tagjainak csoporton belüli távolsága szignifikánsan kisebbnek bizonyult, mint az 1. csoporttól mért távolsága. A 3. csoport tagjainak csoporton belüli távolsága pedig szignifikánsan kisebb volt, mint az összes többi csoporthoz mért távolsága.

Az eredmények alapján azt feltételeztük, hogy az egymással kapcsolt jellegek, valamint azok a jellegek, amelyek nem járulnak hozzá az európai és ázsiai eredetű népeiségek elkülönítéséhez, egyfajta „zajt” okoznak az adatbázisban és negatívan befolyásolhatják a teszt kimenetelét. Ezt szem előtt tartva a következő lépésként ellenőriztük, hogy javul-e a csoportok elkülöníthetősége, ha csak a korábbi vizsgálat során – a Supervised ADMIXTURE elemzéshez használt komponensekkel szignifikáns összefüggést mutató – szelektált jellegek adatait használjuk fel (Shoveling, Molar crenulations, Cusp 6, Enamel extension, Root number).

Ennél a tesztnél, mivel törekedtünk a kapcsolt jellegek kizárására is, minden kapcsolt jelleg esetén csak egy – a jelleg kifejezni képes – fog adatait vettük figyelembe. Ez a szabályozás egyedül a Shoveling non-metrikus tulajdonságot érintette, mivel a többi jelleg esetén csak egy fog mutatott szignifikáns kapcsoltságot valamelyik genetikai komponenssel. A Shoveling jelleg esetén a korábbiakban bemutatott kutatástörténeti és

módszertani okokból a felső *centralis* metszők adatait használtuk fel az elemzéshez. Ez alapján a Cambera módszerrel számolt távolságmátrixhoz az alábbi jelleg-fog párokat használtuk: Shoveling (felső első metsző), Enamel extension (felső második nagyőrlő), Molar crenulations (felső első nagyőrlő), Root number (alsó első nagyőrlő), Cusp 6 (alsó harmadik nagyőrlő).

Az öt szelektált jelleg alapján a három csoport elkülöníthetőségét mérő tesztek eredményeit az 5. táblázat tartalmazza.

A:

		1.cs		2.cs		3.cs
	c	C. távolság	c	C. távolság	c	C. távolság
1.cs	1	3.51798447513313	4	3.28169185763042	7	3.30654239766082
2.cs	2	3.28169185763042	5	2.48104931244466	8	2.38594007136576
3.cs	3	3.30654239766082	6	2.38594007136576	9	2.04030862151512

B:

c párok	p-érték
1-2	0.999999123106808
1-3	0.999998946893377
5-4	6.04112481338745e-25
5-6	0.804534956934009
9-7	8.30000248797914e-30
9-8	0.000625186576985355

Jegyzetek: cs: csoport; c: Cambera távolságmérő módszerrel mért távolságok sorszáma; C. távolság: átlagos Cambera távolság. A Wilcoxon t-teszt korrigált szignifikancia határa: $0.000625186576985355 \geq p$.

5. táblázat. Genetikai alapú klaszteranalízis alapján kijelölt csoportok harmadik fogmorfológiai elkülönítési tesztje (három csoport, öt jelleg-fog pár) A: Cambera távolságmérő módszerrel számított csoporton belüli és csoportok közötti távolságok. B: Wilcoxon t-teszt eredményei arról, hogy mely csoporton belüli távolságok szignifikánsan kisebbek a csoportok közöttinél.

A vizsgálat az összes jelleg adatait felhasználó háromcsoportos elemzéssel azonos eredményt hozott, miszerint az 1. csoport tagjainak csoporton belüli távolsága nem bizonyult szignifikánsan kisebbnek bármely másik csoporttól mért távolságnál. A 2. csoport tagjainak csoporton belüli távolsága szignifikánsan kisebbnek bizonyult, mint az 1. csoporttól mért távolsága. A 3. csoport tagjainak csoporton belüli távolsága pedig szignifikánsan kisebb volt, mint az összes többi csoporthoz mért távolsága.

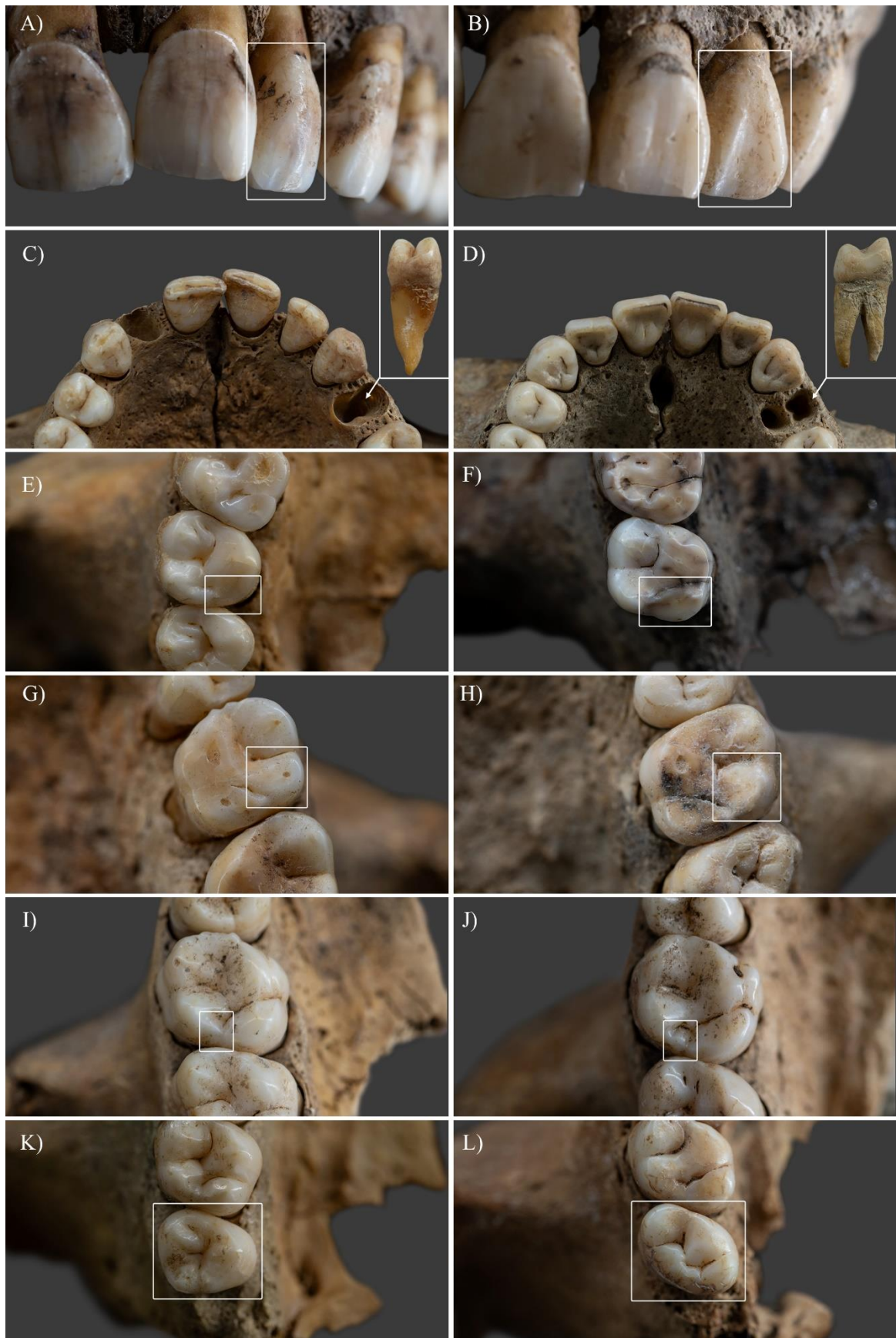
Végül azt ellenőriztük, hogy az utolsó tesztnél tapasztalt rossz elkülöníthetőséget okozhatta-e a felhasznált non-metrikus tulajdonságok kis száma. Azaz lehet-e a probléma forrása az, hogy az öt jelleg varianciája nem elegendő a csoportok elkülönítéshez. Mivel a fog non-metrikus tulajdonságok és a Supervised ADMIXTURE komponensek közti kapcsolatok feltérképezéséhez szigorú szignifikancia szintet vezettünk be, ezért egy

nagyobb adatbázison végzett későbbi vizsgálat esetén még előfordulhatnak olyan potenciális jellegek, amik további kapcsolatot mutathatnak egyes genetikai komponensekkel.

Ezt szem előtt tartva a következő teszthez egy új kritériumrendszert vezettünk be a jellegek kiválogatásához, ami képes kiszelektálni a „statisztikai zajt” okozó non-metrikus tulajdonságok többségét. Ugyanakkor a korábbinál megengedőbb szignifikancia határt használ, így több potenciálisan hasznos jelleg is bekerülhet a szelektált jellegek közé. A jellegek újrászelektálásához az alábbi szempontrendszert vettük figyelembe:

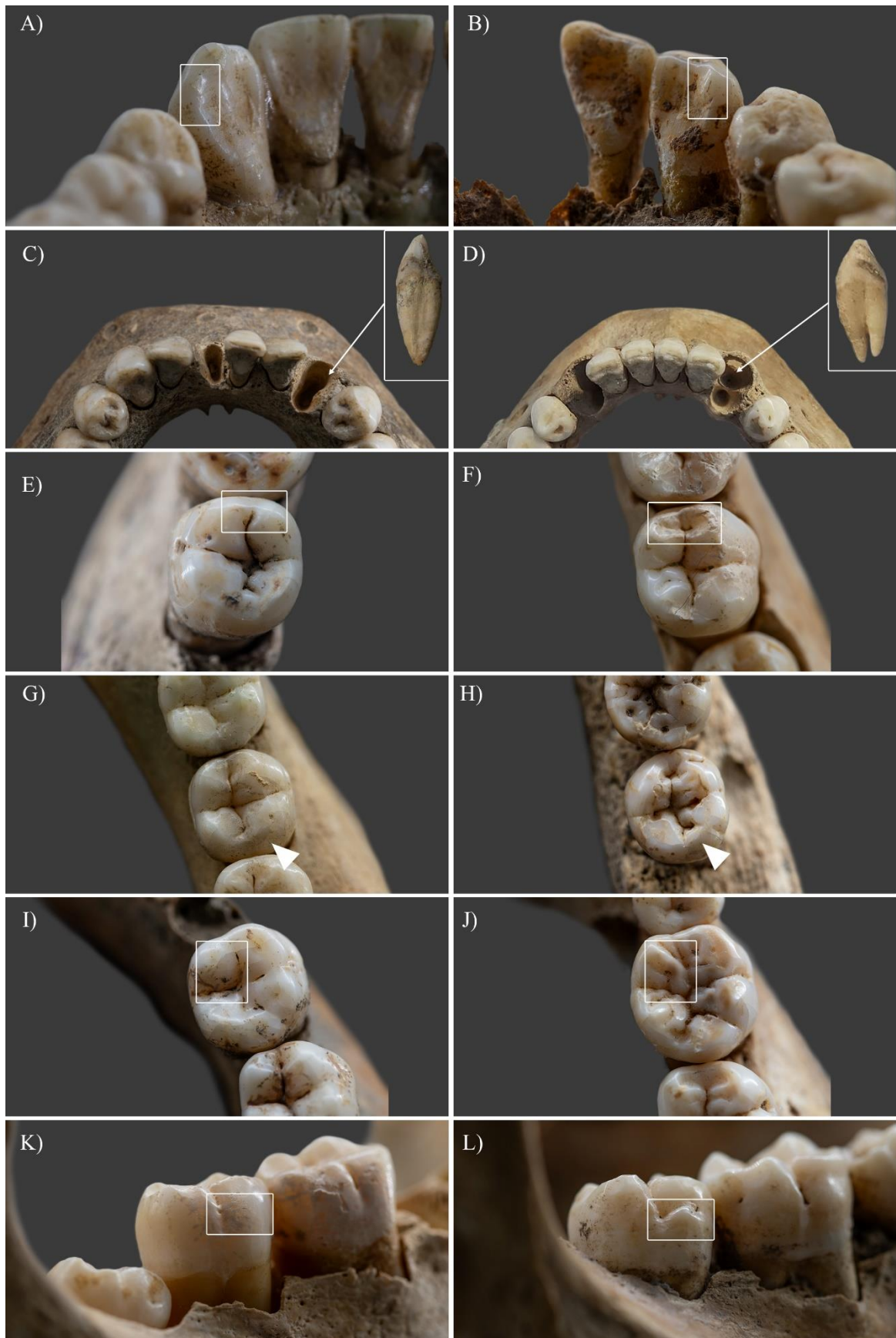
Elsőként kiválogattuk azokat a jelleg-fog párokat, amik 0,05-nél kisebb p -értékkel szignifikáns összefüggést mutattak legalább egy Supervised ADMIXTURE komponenssel (F12 táblázat). Ezt követően kizártuk a korábbi elemzés során szignifikáns kapcsoltságot mutató jelleg-fog párok egyik tagját. A pár azon tagja került kizárásra, amelyik kisebb összefüggést mutatott a genetikai komponenssel. Ha a kapcsolt komponensek száma azonos volt, akkor azt a tagot zártuk ki, amelyik gyengébb összefüggéseket mutatott a genetikai komponensekkel. Amennyiben az előző szempontok alapján sem volt eldönthető, akkor azt a jelleg-fog párt zártuk ki, amelyik kevesebb esetben volt vizsgálható. A jellegkapcsoltságok revízióját követően annak az alapelvnek igyekeztünk eleget tenni, hogy minden jelleg esetén az azt kifejezni képes fogak adatai közül csak egyet vegyünk figyelembe az elemzésekhez. Ennek eldöntésére a jellegkapcsoltságok esetén is használt elveket alkalmaztuk. A gyökérszám változásait vizsgáló fog non-metrikus tulajdonságot (Root number) – ahogy a módszerek fejezetben is kiemeltük – fogkörzetenként külön jellegnek tekintettük.

A fenti szempontrendszert figyelembe véve (az öt, korábbi vizsgálat alapján kiválogatott jellegeken felül) további tizenkét jelleg-fog párt választottuk ki a következő elemzéshez, melyek a felső fogívről a Double shoveling (felső második metsző), Root number (felső első kisőrlő), Hypocone (felső második nagyőrlő), Metacone (felső első nagyőrlő), Metaconule (felső első nagyőrlő), Potato tooth (felső harmadik nagyőrlő) (22. ábra), az alsó fogívről pedig a Distal accessory ridge (alsó szemfog), Root number (alsó szemfog), Anterior fovea (alsó második nagyőrlő), Cusp 5 (alsó második nagyőrlő), Deflecting wrinkle (alsó első nagyőrlő), Protostylid (alsó második nagyőrlő), jellegek (23. ábra).



22. ábra. A felső fogíven megfigyelhető szelektált fog non-metrikus jellegek kifejezettségi formái alacsony és magas fokozatokon. A) A Double shoveling jelleg 0. fokozata, a bal felső második metszőfogon (Kiskundorozsma–Kettőshatár I. 251. sír). B) A Double shoveling jelleg 3. fokozata,

a bal felső második metszőfogon (Fajsz–Garadomb 4. sír). C) A Root number jelleg kifejezettségi formája egygyökerű bal felső első kisőrlőn (Sükösd–Ságod 17. sír). D) Root number jelleg kifejezettségi formája kétgyökerű bal felső első kisőrlőn (Fajsz–Garadomb 4. sír). E) A Hypocone jelleg 0. fokozata a jobb felső második nagyőrlőn (Szegevár–Szőlőkalja 154. sír). F) A Hypocone jelleg 5. fokozata a jobb felső második nagyőrlőn (Fajsz–Garadomb 4. sír). G) A Metacone jelleg 3,5. fokozata a bal felső első nagyőrlőn (Püspökladány–Eperjesvölgy 28. sír). H) A Metacone jelleg 5. fokozata a bal felső első nagyőrlőn (Fajsz–Garadomb 4. sír). I) A Metaconule jelleg 0. fokozata a jobb felső első nagyőrlőn (Sárrétudvari–Hízó föld 175. sír). J) A Metaconule jelleg 3. fokozata a jobb felső első nagyőrlőn (Sárrétudvari–Hízó föld 98. sír). K) A Potato tooth jelleg 0. fokozata a jobb felső harmadik nagyőrlőn (Magyarhomoróg–Könyadomb 4. sír). L) A Potato tooth jelleg 2. fokozata a jobb felső harmadik nagyőrlőn (Sükösd–Ságod 130. sír). Készítette: Kis Luca



23. ábra. Az alsó fogíven megfigyelhető szelektált fog non-metrikus jelek kifejezettségi formái alacsony és magas fokozatokon. A) A Distal accessory ridge jelleg 0. fokozata a bal alsó

szemfogon (Magyarhomoróg–Kónyadomb 4. sír). B) A Distal accessory ridge jelleg 3. fokozata a jobb alsó szemfogon (Kunpeszér–Felsőpeszéri út 7. sír). C) A Root number jelleg kifejezettségi formája egygyökerű jobb alsó szemfogon (Fajsz–Garadomb 4. sír). D) A Root number jelleg kifejezettségi formája kétgyökerű jobb alsó szemfogon (Makó–Mikócsa halom 245. sír) E) Az Anterior fovea jelleg 0. fokozata a bal alsó második nagyőrlőn (Szarvas–Grexa téglagyár 317. sír). F) Az Anterior fovea jelleg 3. fokozata a jobb alsó második nagyőrlőn (Mélykút–Sáncdülő 45. sír). G) A Cusp 5 jelleg 0. fokozata a jobb alsó második nagyőrlőn (Magyarhomoróg–Kónyadomb 4. sír). H) A Cusp 5 jelleg 3. fokozata a jobb alsó második nagyőrlőn (Árkus–Homokbánya 4. sír). I) A Deflecting wrinkle jelleg 0. fokozata a jobb alsó első nagyőrlőn (Kaba–Dögös 118. sír) J) A Deflecting wrinkle jelleg 3. fokozata a jobb alsó első nagyőrlőn (Szegevár–Oromdülő 1. sír). K) A Protostylid jelleg 0. fokozata az alsó második nagyőrlőn (Mélykút–Sáncdülő 45. sír). L) A Protostylid jelleg 5. fokozata az alsó második nagyőrlőn (Sárrétudvari–Hízó föld 175. sír). Készítette: Kis Luca

A tizenhét szelektált jelleg alapján a három csoport elkülöníthetőségét mérő tesztek eredményeit a 6. táblázat tartalmazza.

A:

		1.cs		2.cs		3.cs
	c	C. távolság	c	C. távolság	c	C. távolság
1.cs	1	5.98956917124335	4	5.95388778551354	7	6.34704018017877
2.cs	2	5.95388778551354	5	5.07938876414896	8	5.41921083873966
3.cs	3	6.34704018017877	6	5.41921083873966	9	4.92196262381058

B:

c távolság párok	p-érték
1-2	0,482166588
1-3	0,000117304
5-4	3,82E-16
5-6	0,016053805
9-7	7,01E-16
9-8	0,003437856

Jegyzetek: cs: csoport; c: Camberra távolságmérő módszerrel mért távolságok sorszáma; C. távolság: átlagos Camberra távolság. A Wilcoxon t-teszt korrigált szignifikancia határa: $0,016053805 \geq p$.

6. táblázat. Genetikai alapú klaszteranalízis alapján kijelölt csoportok negyedik fogmorfológiai elkülönítési tesztje (három csoport, tizenhét jelleg-fog pár) A: Camberra távolságmérő módszerrel számított csoporton belüli és csoportok közötti távolságok. B: Wilcoxon t-teszt eredményei arról, hogy mely csoporton belüli távolságok szignifikánsan kisebbek a csoportok közöttinél.

A 1. csoport tagjainak csoporton belüli távolsága szignifikánsan kisebbnek bizonyult, mint a 3. csoporttól mért távolsága. A 2. és a 3. csoport tagjainak csoporton belüli távolsága szignifikánsan kisebb volt, mint az összes többi csoporthoz mért távolsága.

Mint látható, a tizenhét jelleget felhasználó teszt már csak egyetlen esetben nem tudta jól elkülöníteni a genetikai kritériumok alapján felállított csoportokat (az 1. csoport tagjainak csoporton belüli távolsága nem bizonyult szignifikánsan kisebbnek a 2. csoporttól mért távolságától). A teszt eredményei alapján azt feltételezhetjük, hogy ezek a szelektált non-metrikus jelek alkalmasak lehetnek egyéni biogeográfiai besorolási módszer fejlesztésére. Továbbá arra is engednek következtetni, hogy a szigorúbb szignifikanciahatárokkal értékelt teszt során kimutatott 5 jellegen kívül valóban lehetnek további olyan jelek is, amik segíthetik az európai, valamint az ázsiai származású egyének fogmorfológiai alapú elkülönítését.

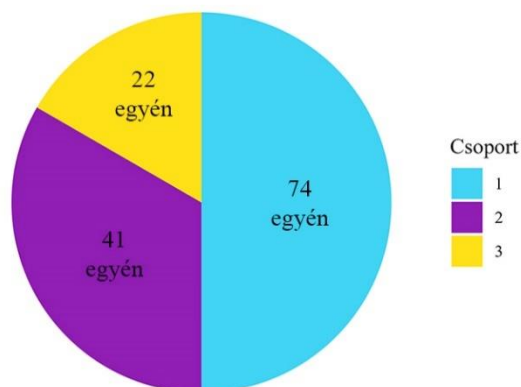
Egyéni biogeográfiai predikciós tesztek

A következő lépésként azt teszteltük, hogy az „A” csoportba tartozó egyéneket a fogmorfológiai adatok alapján milyen hatékonysággal lehet visszasorolni az ugyanazon egyénekből Supervised ADMIXTURE klaszterek alapján létrehozott csoportokba. A teszthez a három csoportos (1. főként európai, 2. átmeneti, 3. főként ázsiai genetikai háttérrel rendelkező egyének) felosztást alkalmaztuk, mivel az öt csoportos felosztás esetén túl kevés egyén tartozna az egyes csoportokba a statisztikai vizsgálatokhoz. A fogmorfológiai jelek közül a korábbi tesztek alapján a leghatékonyabb szétválogatást lehetővé tevő tizenhét, belső kapcsoltságoktól mentes jelleg-fog párt használtuk fel. A visszasoroláshoz a fogmorfológiai kutatásokban korábban már hasonló célra használt naive Bayes klasszifikációs algoritmust használtuk (Fielding 2006; Scott et al. 2018). A módszer azon a nullhipotézisen alapszik, hogy a vizsgált tulajdonságok függetlenek egymástól. Tehát egy tulajdonság jelenléte, hiánya vagy kifejezettsége nincs összefüggésben egy másik tulajdonság jelenlétével, hiányával vagy kifejezettségével (Scott et al. 2018). A naive Bayes módszer használatához az „A” csoportba tartozó egyéneket egy tanuló „TA” csoportra, és egy teszt „TE” csoportra osztottuk.

A tanuló csoport célja, hogy az algoritmus az 1., 2. és 3. csoportba sorolt egyének fogmorfológiai adatainak a csoporton belüli mintázata alapján megpróbálja visszasorolni a teszt csoport tagjait a három csoport valamelyikébe. Mivel a TE csoport tagjainak a genetikai alapú besorolását ismerjük, képesek vagyunk mérni, hogy az algoritmus milyen pontossággal végzi el a visszasorolást a fogmorfológiai tulajdonságok alapján.

Elsőként teszteltük a TA és TE csoport optimális arányát, amely mellett a leghatékonyabb a visszasorolás. Erre azért van szükség, mivel a TA csoport mérete befolyásolja a visszasorolás pontosságát, azonban a visszasorolás hatékonyságának a

pontos mérése a TE csoport méretétől függ. A TA:TE arányokat úgy hasonlítottuk össze, hogy az A csoportba tartozó egyéneket egy randomizáló algoritmus segítségével a különböző arányszámoknak (10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10) megfelelő valószínűséggel választottuk szét. Ezt követően ezt a műveletet ezer random „seed”-del (a randomitást reprodukálhatóvá tévő számsor) megismételtük, hogy minél nagyobb random mintát kapjunk. A hibaráta méréséhez a hibás visszasorolások számát elosztottuk az összes visszasorolás számával. Az 1., 2. és 3. csoportba tartozó egyének eloszlása azonban nem volt egyenletes (24. ábra), ami azt eredményezte, hogy a számítás azt a tesztet tekintte a leghatékonyabbnak, ami a legnagyobb elemszámú csoportot tudta jól besorolni. Ennek kiküszöbölésére a klasszifikációs hatékonyságot (hibarátát) csoportonként számítottuk ki, majd ennek az átlagát használtuk fel az adott teszt hatékonyságának méréséhez. Végül azonosítottuk, hogy a 1000 „seed”-ből hányadik esetén volt az összes TA:TE arányt átlagolva a legoptimálisabb a randomizáció, majd abból a tesztsorból választottuk ki a legjobb TA:TE arányt.



24. ábra. Az A csoportba tartozó egyének eloszlása a genetikai adatok alapján. Készítette: Schütz Oszkár

A TA és TE csoport kiválasztásához használt teszt eredményeit a E4. táblázat tartalmazza. A randomizált szétválogatást tekintve a 325. „seed” felhasználásával létrehozott TA és TE csoport összetétele bizonyult a legoptimálisabbnak. A 325. teszt sorozaton belül pedig az a visszasorolási arány bizonyult a leghatékonyabbnak, ami a teszthez használt mintákat 80%-os valószínűséggel sorolta TA, és 20%-os valószínűséggel a TE csoportba.

A 325. teszt 80% TA, 20% TE csoportosítású besorolásának csoportonkénti eredményeit a 7. táblázat, egyéni eredményeit a 8. táblázat tartalmazza. A 325. teszt során 75,2% volt a helyes és 24,8 % volt a hibás visszasorolások száma.

	1. csoportba tartozó egyének (db)	2. csoportba tartozó egyének (db)	3. csoportba tartozó egyének (db)
1. csoportba sorolt egyének (db)	12	4	0
2. csoportba sorolt egyének (db)	0	2	0
3. csoportba sorolt egyének (db)	1	0	1

7. táblázat. A teszt csoport besorolásának eredményei csoportonként naive Bayes klasszifikációs módszerrel.

Lelőhely	Sírszám	Csoport	Prediktált csoport	Vizsgálható jellegek (db)
Apátfalva–Nagyútdűlő	376	3	3	5
Árkus–Homokbánya	17	2	1	4
Árkus–Homokbánya	43	1	1	11
Felgyő–Ürmös tanya	193	1	1	7
Karos–II	29	2	1	1
Karos–III	13	1	1	9
Kiskundorozsma–Kettőshatár I	252	1	1	7
Kiskőrő–Pohibuj Mackó dűlő	14	1	1	11
Kiskőrös–Vágóhídi dűlő	LXXI	2	2	2
Magyarhomoróg–Könyadomb	107	1	1	7
Madaras–Téglavető	17	1	1	12
Nagytarcsa–Homokbánya	1	1	1	11
Nagytarcsa–Homokbánya	20	1	3	8
Püspökladány–Eperjesvölgy	23	1	1	5
Sárrétudvari–Hízóföld	175	1	1	3
Szakony–Kavicsbánya	4	2	2	13
Szeged–Kundomb	180	1	1	4
Szeged–Kundomb	213	2	1	10
Szarvas–Grexa téglagyár	168	2	1	4
Tiszanána–Cseh tanya	5	1	1	8

8. táblázat. A teszt csoport besorolásának eredményei csoportonként naive Bayes klasszifikációs módszerrel.

Ezt követően teszteltük, hogy van-e összefüggés a naive Bayes besoroláshoz használt tizenhét jelleg egyéni lefedettsége (a tizenhét jelleg közül egyenként mennyi volt vizsgálható) és a visszاسorolás helyessége között. Az elemzéshez használt Pearson-féle korrelációs teszt gyenge negatív összefüggést mutatott ki (korreláció: -0.1349889) a lefedettség és a visszاسorolás pontossága között, ami alapján azt feltételezhetjük, hogy a jellegek alacsony lefedettsége rontotta a besorolás pontosságát, azonban a kapcsolat nem bizonyult szignifikánsnak (p -érték: 0.49)

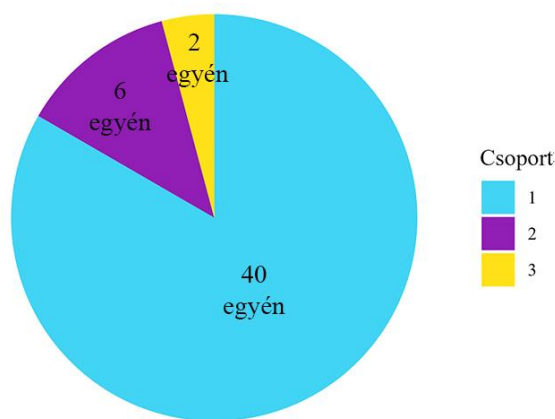
Végül a 325. teszt TA csoportösszetételét figyelembe véve a naive Bayes klasszifikációs algoritmus segítségével prediktáltuk a B csoportba tartozó ismeretlen genetikai háttérrel rendelkező egyének esetén, hogy az 1. főként európai, 2. átmeneti vagy 3. főként ázsiai genetikai háttérrel rendelkező egyének csoportjába tartozhatnak. A besorolás eredményeit a 9. táblázat tartalmazza. A helyes besorolások valószínűsége a korábbi tesztek alapján 75,2%.

Lelőhely	Leltáriszám	Sírszám	Prediktált csoport
Árkus–Homokbánya	4647	4	2
Árkus–Homokbánya	4651	26	1
Árkus–Homokbánya	4652	28	2
Árkus–Homokbánya	4658	34	1
Árkus–Homokbánya	12571	8	1
Árkus–Homokbánya	12573	9	1
Árkus–Homokbánya	12574	10	1
Árkus–Homokbánya	12576	12	1
Felgyő–Ürmös tanya	11044	174	1
Kaba–Dögös	8513	108	1
Kaba–Dögös	8523	118	1
Kiskundorozsma–Kettőshatár II.	AP621	428	1
Mélykút–Sáncdülő	6856	28	1
Orosháza–Béke tsz.	7191	86	1
Orosháza–Béke tsz.	7207	104	1
Orosháza–Béke tsz.	7208	105	1
Pitvaros–Víztorozó	14125	147	1
Pitvaros–Víztorozó	14193	218	3
Sárrétudvari–Poroshalom	leltározatlan	1	1
Sükkösd–Ságod	6720	130	1
Sükkösd Ságod	6605	36	1
Sükkösd Ságod	6656	87	1
Sükkösd Ságod	6664	95	1
Szarvas–Grexa téglagyár	11180	78	1
Szarvas–Grexa téglagyár	11245	140	2
Szarvas–Grexa téglagyár	11261	156	1
Szarvas–Grexa téglagyár	11322	219	2
Szarvas–Grexa téglagyár	11425	317	3
Szeged–Újfehértó	1732	89	1
Szeged–Újfehértó	1813	231	1
Szeged–Csongrádi sgt.	15950	1	1
Szeged–Kundomb	807	74	1
Szeged–Kundomb	849	214	1
Szeged–Öthalom	6018	5	1
Szegvár–Oromdülő	8923	1	2
Szegvár–Oromdülő	9774	109	1
Szegvár–Oromdülő	13639	669	1

Szegvár–Oromdűlő	13972	808	2
Szegvár–Szőlőkalja	13113	11	1
Székkutas–Kápolnadűlő	5761	38	1
Székkutas–Kápolnadűlő	5777	54	1
Székkutas–Kápolnadűlő	8956	416	1
Székkutas–Kápolnadűlő	9908	530	1
Tiszafüred–Majoroshalom	7456	741	1
Tiszafüred–Majoroshalom	7770	988	1
Tiszafüred–Majoroshalom	7805	1027	1
Tiszafüred–Majoroshalom	8214	1270	1
Vörs–Papkert–B	2006.6.67	279	1

9. táblázat. Az ismeretlen genetikai háttérrel rendelkező egyének filogeográfiai predikciója naive Bayes klasszifikációs módszerrel

A klasszifikáció a B csoportba tartozó egyének 83,3%-át az 1., 12,5%-át a 2., és 4,2%-át a 3. csoportba sorolta (25. ábra). Az A csoport (ismert genetikai háttérű minta) esetén a legtöbb egyén szintén az 1. (54%), kevesebb a 2. (29%), legkevesebb pedig a 3. (16%) csoportba tartozott. Ugyan a százalékos arányok jelentősen különböztek, mindkét csoport esetén (A és B) megfigyelhető az a tendencia, hogy az 1. (főként európai) csoportba tartoztak a legtöbben, a 2. (átmeneti) és a 3. (főként ázsiai) csoportba pedig egyre kevesebb egyén volt sorolható.



25. ábra. A B csoportba tartozó egyének eloszlása a fog–morfológiai adatok alapján. Készítette: Schütz Oszkár

Az eredmények értékelésekor fontos figyelembe vennünk, hogy az A csoportba tartozó vizsgálati anyag mennyisége korlátozott volt, amit két fő tényező befolyásolt: előfeltétel volt az archeogenetikai adatok megléte, valamint a történeti embertani anyag megfelelő megtartási állapota. Ezen felül a naive Bayes módszer alkalmazásához a csoport további feldarabolására volt szükség. Ebből következik, hogy a TE csoportba végül csak 20 egyén tartozott. Ilyen alacsony elemszám mellett a visszasorolás pontos hatékonyságát statisztikai módszerekkel nehéz megbecsülni. Ennek tudatában a visszasorolás

hatékonyságára vonatkozó százalékos értéket megfelelő körültekintéssel kell kezelünk. A genetikai alapú klaszterek morfológiai alapokon nyugvó reprodukciójával kapcsolatban fontos azt is megjegyeznünk, hogy egyetlen fogmorfológiai tulajdonság alapján nem következtethetünk az egyén származására. Ugyanis annak ellenére, hogy egy vizsgált egyén fogazatán főként ázsiai populációkra jellemző morfológiai tulajdonságokat tudunk megfigyelni, lehetséges, hogy genetikai profiljának nagyrésze inkább más földrajzi csoportra jellemző. Ahhoz, hogy pontosabb egyéni következtetéseket tudjunk levonni, minél több releváns morfológiai tulajdonság együttes vizsgálata szükséges, valamint részletesebb tudás a fogak morfológiáját meghatározó génekről és a fogak fejlődésével kapcsolatos szabályozó mechanizmusokról, befolyásoló faktorokról.

A fent bemutatott limitáló tényezők ellenére eredményeink alapján lehetségesnek tartjuk az egyéni szintű biogeográfiai eredet becslését a fog non-metrikus jellegek vizsgálatával. Újabb 6–11. századi Kárpát-medencei archeogenetikai adatok megjelenésével pedig növelhetjük a későbbiekben az összehasonlító fogmorfológiai vizsgálatokba bevont esetek számát, fejlesztve ezzel a módszer egyéni predikciós pontosságát.

Scott és munkatársai 2018-ban publikálták az rASUDAS nevű módszert, amelynek a célja a mi kutatásunkhoz hasonlóan, hogy fogmorfológiai jellegek alapján egyéni szinten becsüljék meg a földrajzi származást mind recens, mind történeti embertani anyagok esetében (Scott et al. 2018b). A vizsgálathoz egy számos korszakot és földrajzi régiót lefedő nagyméretű fogmorfológiai adatbázis állt a rendelkezésükre. A vizsgálathoz huszonegy non-metrikus tulajdonságot használtak. Minden fog esetén a korábbi tanulmányokban megjelölt kulcsfogak adatait vették figyelembe, továbbá négy tulajdonság kivételével binárisra alakított adatokat használtak. A visszasoroláshoz igyekeztek fogmorfológiai szempontból elkülönülő biogeográfiai csoportokat meghatározni. Mivel a csoportok létrehozásához és a teszteléshez nem rendelkeztek genetikai adatokkal, a klaszterezést a non-metrikus jellegek előfordulási gyakoriságai adatai alapján végezték el. Az így létrehozott fa alapján hét csoportot jelöltek ki. A hét földrajzi csoportból összesen 166 egyént választottak ki a jellegek előfordulási gyakoriságának tanulmányozására. Az egyéni visszasoroláshoz a mi analízisünk során is alkalmazott naive Bayes klasszifikációs algoritmust használták. A visszasoroláshoz a 166 fős tanulócsoportból kizárták azokat az egyéneket, akiknél a huszonegy jellegből tizenkettőnél kevesebb volt lefedve, majd az így kapott 150 fős mintát használták tesztcsoportként is. A módszer 51,8%-os hatékonysággal tudta visszasorolni az egyéneket a hét földrajzi csoportba. Ezt követően a csoportok számát

négyre, majd pedig háromra csökkentették, így először 66,7%-os majd 72,7%-os hatékonyságot tudtak elérni. Végül a módszert két recens minta visszasorolásával tesztelték, ami esetén 70%-os, illetve 39,6%-os hatékonyságot értek el (Scott et al. 2018).

A szerzők munkájukban kiemelték, hogy az rASUDAS fejlesztéséhez további kutatások, valamint az adatbázis és a jelegek bővítése szükséges. Ennek ellenére az rASUDAS-sal kapcsolatos kutatás már ezen a szinten felhívta a figyelmet a fogmorfológiai tulajdonságokon alapuló egyéni biogeográfiai predikcióban és annak az igazságügyi felhasználásában rejlő potenciálra.

Kutatásunk során ugyan földrajzi léptékben jóval kisebb területet vizsgáltunk, mint a Scott és munkatársai tanulmányában bemutatott globális elemzés, azonban nagy előrelépést jelent, hogy egy olyan vizsgálati anyaggal dolgoztunk, amelynél ugyanazon egyénekből archeogenetikai adatok is rendelkezésünkre álltak. Ebből adódóan a naive Bayes klasszifikációs algoritmus használata során, a csoportok létrehozásakor genetikai információkra támaszkodtunk az azonos földrajzi régióból származó egyének fogmorfológiai alapú kategorizálása helyett. Ez azért célravezetőbb, mivel azonos területen nagyon eltérő genetikai háttérrel rendelkező egyének is élhetnek, így a fogmorfológiai karakterek ilyen szempontú csoportosítása félrevezető lehet. Jó példa erre a 6–11. századi Kárpát-medencei népesség, ahol az azonos területről és korszakokból származó egyének meglehetősen változatos genetikai háttérrel rendelkeztek. A másik nagyobb módszertani különbség az rASUDAS elemzéshez képest, hogy a visszasorolási hatékonyság megállapításához a TE csoportba nem használtunk fel olyan egyéni adatokat, amiket az algoritmus „tanítására” (TA csoport) már alkalmaztunk. Ennek köszönhetően pontosabb képet kaphattunk a későbbi tesztek (például B csoport) besorolási hatékonyságára vonatkozóan.

A fogmorfológiai alapú egyéni biogeográfiai besorolás mind az archeogenetika, mind az antropológia szempontjából fontos kutatási mérföldkő. Ugyan az archeogenetikai kutatás egyre inkább a teljes temetőelemzések felé nyit (pl.: Rivollat et al. 2023; Vyas et al. 2023), a magas vizsgálati költségek miatt a különböző történeti korok népességének átfogó tanulmányozásához még mindig a mintaválasztásos stratégia bizonyul célszerűnek (pl.: Gneccchi-Ruscone et al. 2022; Lazaridis et al. 2022; Maróti et al. 2022). Ehhez úgy igyekeznek mintákat szelektálni, hogy térben, időben és biodiverzitásban minél részletesebb képet kaphassunk a vizsgálandó korszakokból. Annak feltérképezésére, hogy egy temető népessége mennyire lehet homogén vagy heterogén – tehát mennyi mintát érdemes kivenni az archeogenetikai vizsgálatokhoz – a történeti embertan módszereire

tudnak támaszkodni a genetikusok. A fogmorfológiai kutatásoknak köszönhetően már genetikai adatokkal alátámasztott becslést adhatunk egy temető népességének összetételére vonatkozóan. Emellett egyéni szinten is megbecsülhetjük (75,2%-os pontossággal) a biogeográfiai eredetet, nagyban segítve ezzel a mintaválasztás hatékonyságát.

A fogmorfológiai alapú biogeográfiai predikciónak nemcsak az archeogenetikai kutatásokban van jelentős szerepe. A történeti embertani kutatás egyik célja egykor élt populációk biológiai kapcsolatainak feltárása, valamint vándorlási események rekonstrukciója, amivel kapcsolatban főként taxonómiai (Lipták 1965) illetve kraniometriai (Szeniczey 2019) kutatások terjedtek el hazánkban. A Kárpát-medencei embertani anyagon végzett fog non-metrikus jellegekre vonatkozó vizsgálatok (Scott et al. 2022; Dern 2023) új módszertani lehetőséget nyitottak a fenti történeti kérdések tanulmányozására. Ezen felül, a dolgozatunkban tárgyalt eredményeknek köszönhetően, a többi, történeti embertani kutatás eszköztárába tartozó módszerhez képest, a fogmorfológiai vizsgálatok hatékonyságát archeogenetikai adatokkal is validáltuk.

Távlati célok és lehetőségek

Vizsgálatunk legnagyobb lehetőségének és egyben korlátozó tényezőjének a fogmorfológiai adatokkal azonos egyénekre vonatkozó genetikai adatok megléte bizonyult. Felhasználásukkal a korábbi, ez irányú kutatásokhoz képest részletesebb képet kaptunk a fogmorfológiai tulajdonságok biogeográfiai összefüggéseiről, azonban a Kárpát-medencei történeti embertani agyagokról publikált genetikai adatok száma és a történeti embertani maradványok megtartási állapota jelentősen limitálta az összehasonlító vizsgálati anyag mennyiségét. Ennek tudatában célunk a publikált archaeogenetikai eredmények bővülésével párhuzamosan kiterjeszteni a vizsgálatot további avar, illetve honfoglalás kori egyénekre, továbbá más történeti korszakokból származó embertani anyagok bevonása az elemzésekbe. Az adatbázis bővítésével nemcsak részletesebb képet kaphatnánk az egyes történeti korokban élt népségek fogazatának biogeográfiai összefüggéseiről, hanem újabb statisztikai módszereket is felhasználhatnánk az adatok kiértékeléséhez. Egy nagyméretű fogmorfológiai adatbázisra alapozva a jellegek közti kapcsoltságok tanulmányozásával lehetőség nyílna a hiányzó adatok imputációjára, azaz a meglévő adatok mintázata alapján a hiányzó adatok pótlására is. Az adatok pótlása megoldást nyújthat a történeti embertani anyagok fogmorfológiai vizsgálatának egyik legnagyobb nehézségére, vagyis a *post mortem* fogvesztés miatti jelentős adathiányra. Ennek köszönhetően olyan statisztikai módszereket is használhatnánk az adatok elemzéséhez,

amik nem, vagy csak nehezen tudnak kezelni hiányos adatbázisokat (például főkomponensanalízis, Random Forest klasszifikáció). Mindemellett a non-metrikus adatok bővítésével tovább monitorozhatnánk az egyes jellegek és a különböző földrajzi területen elterjedt genetikai komponensek közti összefüggéseket is. Így például a kulcsfogak kérdéskörét vagy az egyéni predikcióhoz használt jellegek listáját. Az egyéni besorolásnál alkalmazott naive Bayes klasszifikációs algoritmus teszteredményei alapján a tanuló csoport elemszámának növelésével javítható a besorolás pontossága. Ennek tudatában, a vizsgálati anyag bővítésével elsődleges célunk egy pontosabb egyéni predikciós módszer létrehozása.

Magyar összefoglaló

A bioarcheológiai vizsgálatok egyik fő célja az egykor élt népségek eredetének és biológiai kapcsolatainak feltérképezése.

Kétségtelen, hogy jelenleg az archeogenetikai vizsgálatok szolgáltatják a legrészletesebb adatokat a kérdéskörben, azonban ennek a tudományterületnek is megvannak a maga korlátai. A vizsgálatok kivitelezhetőségét jelentősen befolyásolja például a csontokban megőrződött DNS minősége. Mindemellett, a különböző történeti korokat felölelő genetikai elemzések alapját máig a mintaválasztásos stratégia képezi, ami nagyban hagyatkozik az antropológiai vizsgálatok eredményeire is.

Az embertani kutatás eszköztárába tartozó módszerek közül napjainkban a koponya morfo-metria jellemzőit vizsgáló kraniometriai és a fogak morfológiai tulajdonságait felhasználó fog non-metrikus kutatások a legelterjedtebbek a populációk közötti biológiai kapcsolatok feltérképezésére.

A fogak, struktúrájuknak köszönhetően, kiváló vizsgálati anyagot biztosítanak a történeti népségek kutatásához. A fogkorona már a humán ontogenezis korai szakaszában kialakul, ezt követően pedig alakja nem képes fiziológiás hatásokra megváltozni. Magas szervetlen anyag tartalmának köszönhetően a fogak koronáját borító zománcréteg az emberi szervezet legkeményebb része, éppen ezért a fogak rendkívül jól őrződnek meg történeti- és történelem előtti idők távlatából is. Ennek köszönhetően a fogak morfológiai jellemzőit vizsgáló non-metrikus elemzések világszerte egyre elterjedtebbek a kutatásban.

A fog non-metrikus jelleg kifejezés arra utal, hogy a szóban forgó fog morfológiai tulajdonságok nem vizsgálhatók standard mérési módszerekkel, éppen ezért elemzésükhöz általában kvalitatív osztályozási rendszert szoktak kidolgozni. Számos ilyen, a fogak koronáján és gyökerén megfigyelhető jelleg esetén leírták, hogy az egyes jellegek hiánya vagy jelenléte, és jelenlét esetén a kifejezettsége, populációnként eltérő gyakoriságot mutat. Ez alapján ezeket a jellegeket nagyobb földrajzi csoportok elkülönítésére is használják.

Viszonylag korán, már a 19. században felfigyeltek a kutatók a fogakon megjelenő non-metrikus jellegekre. A kutatás egyik legnagyobb szakmai fordulópontját az jelentette, hogy az Arizona State University fogmorfológiával foglalkozó antropológusai 1991-ben létrehoztak egy harminchat fogászati és négy nem fogászati orális jellemző pontozására alkalmas, standardizált vizsgálati rendszert, ami az „*Arizona State University Dental Anthropology System*” (ASUDAS) nevet kapta. A rendszer létrehozásakor igyekeztek olyan jellegeket szelektálni, amik minél jobban megfeleltek az alábbi

munkahipotéziseknek: 1) evolúciósan konzerváltak; 2) szelekciósan semlegesek; 3) erős genetikai befolyás alatt állnak és a környezeti faktorok csak kis mértékben befolyásolják a megjelenésüket; 4) egymástól függetlenül öröklődnek; 5) nincs, vagy csak nagyon kismértékű köztük a nemi dimorfizmus.

Az ASUDAS az utóbbi évtizedekben egyre szélesebb körben vált ismertté, és számos módosításon, illetve finomításon esett át. Így például az újabb tanulmányokban jellegenként csak egy, morfológiailag stabilabbnak tartott, úgynevezett kulcsfog adatait használták fel a statisztikai vizsgálatokhoz. Emellett a gyakorlati tesztek a fenti munkahipotézisek maradéktalan teljesülését több esetben megkérdőjelezték.

Az archeogenetikai vizsgálatok elterjedésével a tudományos érdeklődés egyre inkább a non-metrikus jellegek genetikai összefüggéseinek tesztelése felé fordult. A kutatók felismerték, hogy jelentős mértékben befolyásolhatja a vizsgálat eredményeit, ha a genetikai és a fog-morfológiai adatok nem azonos egyénből származnak. Ennek ellenére nemzetközi szinten is egyedülállónak számít az olyan vizsgálat, amelyben ugyanazon egyének genetikai és fog non-metrikus vizsgálatának eredményeit hasonlítják össze. Ilyen elemzésre eddig csupán egy esetben, recens népesség esetén került sor.

A magyar történeti embertani kutatásban Kocsis S. Gábor munkásságának köszönhetően lendültek fel nagymértékben a fogmorfológiai vizsgálatok. Az utóbbi években pedig a nemzetközi szinten is felfigyeltek a Kárpát-medence népvándorlás kori népességeinek fogmorfológiai kutatásában rejlő potenciálra. Ezzel párhuzamosan azonban egyre kevesebb hazai, a témával foglalkozó tanulmány született.

A fentiek ismeretében kezdtük meg kutatásainkat a témakörben. Munkánk során elsőként vizsgáltuk ismert archeogenetikai adatokkal rendelkező történeti embertani szériákból származó egyének fogazatát. Ezt az egyedülálló lehetőséget kihasználva a doktori disszertáció célja a szakirodalmon alapuló módszertan tesztelése, fejlesztése és a módszer genetikai adatokkal való validálása. A vizsgálatokat ebből adódóan két fázisra bontottuk.

Az első fázisban általános felmérést végeztünk az anyagra vonatkozóan. Ezt követően a kutatás szempontjából releváns hipotézisek és módszerek érvényességét ellenőriztük a vizsgálati anyagunkon. A második fázisban teszteltük az egyes jellegek tényleges populációgenetikai összefüggéseit. Végül pedig azt vizsgáltuk, hogy a fog non-metrikus adatok alapján prediktálható-e a biogeográfiai eredet egyéni szinten.

A vizsgálatok tárgyát olyan, a Kárpát-medencéből származó avar és honfoglalás kori egyének fogazata képezte, akiről rendelkezésünkre álltak közölt teljes genom adatok.

A vizsgált korszakokban több hullámban érkeztek a Kárpát-medencébe ázsiai gyökerekkel rendelkező, heterogén összetételű népcsoportok, akik keveredtek a szintén változatos eredetű, európai elemeket nagyobb arányban tartalmazó helyben talált lakossággal. Ezáltal a vizsgált népségek genetikai sokszínűsége megfelelő alapot szolgáltathat biológiai eredet becslésére vonatkozó módszer fejlesztésére.

A vizsgálatba bevont 404 egyén közül összességében 185 volt alkalmas a fogmorfológiai adatok felvételére. Ebből 137 egyént az „A”, közölt genomadatokkal rendelkező fókuszcsoporthoz, és 48 egyént a „B”, genetikai adatokkal nem rendelkező, kísérleti csoportba soroltunk. Fontos szem előtt tartanunk a következtetések levonásánál, hogy az avar kori és a honfoglalás kori, valamint férfi és női minták száma nem arányos, valamint jelentősen korlátozott, mivel a vizsgálati anyag mennyiségét az archeogenetikai szempontból eddig közölt esetek száma határozta meg.

A fog non-metrikus jellegek rögzítésére, a széles körben ismert ASUDAS-on alapuló módszer legfrissebb változatát alkalmaztuk kisebb módosításokkal. Az adatok statisztikai értékeléséhez az R (v.4.1.0.) statisztikai programot használtuk. A genetikai elemzéshez csak közölt genom adatokat használtunk fel. A vizsgált egyének genetikai összetételének feltérképezéséhez supervised ADMIXTURE analízist futtattunk, amihez egykor létező őspopulációk helyettesítésére használt standard modern populációssettel dolgoztunk.

Az elemzés első fázisában a jellegek vizsgálhatósága szempontjából azt tapasztaltuk, hogy négy jellemnél az eseteknek csak maximum 30%-a volt osztályozható. Tizenkét jellemnél azonban az esetek több mint 70%-a bizonyult értékelhetőnek. Ennek oka, hogy a különböző jellegeket a fogazat különböző területein lehet megfigyelni, amik eltérő mértékben vannak kitéve a fogakat roncsoló környezeti hatásoknak. Emiatt a ritkán vizsgálható jellegek statisztikai elemzésénél megfelelő körültekintéssel kell eljárunk.

A jellegek gyakorisági értékeire vonatkozó eredmények azt mutatták, hogy tizenkét jelleg 10% vagy annál alacsonyabb, három jelleg pedig 80%-ot meghaladó gyakorisággal fordult elő. Négy jelleg esetében egyszer sem regisztráltunk az alap morfológiától eltérő tulajdonságot. A statisztikai erő növelése érdekében ez utóbbi négy jelleget kihagytuk a további elemzésekből. A vizsgálati anyag kellő reprezentativitását támasztja alá, hogy a gyakorisági értékekre vonatkozó eredményeink több esetben párhuzamot mutattak korábbi, magyarországi avar és honfoglalás kori szériák fog non-metrikus vizsgálata során megfigyelt tendenciákkal.

Az antimere, azaz ugyanazon típusba tartozó fog jobb és bal oldali párjának aszimmetriájára vonatkozóan az elemzés során nyolc jelleg-fog pár esetén nem tudtunk szignifikáns korrelációt (szimmetriát) kimutatni, amin belül a harmadik nagyörlők öt esetben is érintettek voltak. Ennek ellenére, mivel eredményeink a legtöbb jelleg esetén szignifikáns korrelációt mutattak az antimere fogak szimmetriájára vonatkozóan, nem tudtuk egyik korábbi, a kulcsfogakra vonatkozó módszertant sem megerősíteni, ezért a nemzetközi gyakorlattal ellentétben a fogtípusok egyik tagját sem zártuk ki a későbbi elemzésekből.

A jellegek kifejezettségének gyakoriságát illetően nem találtunk szignifikáns különbséget a nemek között. Eredményeink tehát alátámasztják azt a fogmorfológiai vizsgálatoknál általánosan használt munkahipotézist, miszerint az ASUDAS-ban szereplő non-metrikus jellegek közt nincs, vagy csak nagyon kismértékű a nemi dimorfizmus. Ezért a későbbi elemzéseknél nincs szükség a nemi adatok súlyozására vagy szétválasztására.

Az avar-, illetve a honfoglalás korban élt egyéneket összehasonlítva csak egy jelleg (a felső második nagyörlőkön megfigyelt Enamel extension) mutatott szignifikáns különbséget a kifejezettség mértékében. Ennek a háttérben módszertani és populációs okok is lehetnek. A két korszak népességére vonatkozó régészeti és bioarcheológiai adatok alapján lehetséges, hogy a 10. században betelepülő csoportok a helyben talált lakosságéhoz hasonló fogmorfológiai bélyegeket hoztak magukkal. Emellett az is lehetséges, hogy azok a morfológiai karaktervonások, amik egy helyi vagy újonnan érkező, kisebbségben lévő csoportot jól jellemezhetek, a nagyobb csoportokba elkeveredve statisztikai módszerekkel már nem feltétlen kimutathatók. Továbbá a kutatás jellegéből adódó, korlátozott mintaszám is hatással lehetett az eredményekre. A két korszak közti különbségekre vonatkozó eredményeink részben párhuzamot mutattak korábbi, magyarországi avar és honfoglalás kori szériák fog non-metrikus vizsgálatának eredményeivel, azonban vizsgálati anyagunk esetében sokkal kevesebb szignifikáns különbséget regisztráltunk. Az eredmények közötti különbséget többek közt okozhatta a vizsgálataink során alkalmazott szigorúbb szignifikancia határérték és az eltérő mintaszám is.

A jellegek kapcsoltságának vizsgálatánál a statisztikai elemzés huszonnégy jelleg-fog pár között mutatott ki szignifikáns összefüggést. Az eredmények elemzése során négy csoportot hoztunk létre a kapcsoltság lehetséges okainak magyarázatára: 1) a jelleg genetikai kapcsoltsága az azt kifejezni képes fogakon, 2) módszertani átfedés, 3) morfológiailag egymást kizáró karakterek, 4) ismeretlen. A kapcsoltságok lehetséges

okainak felderítése azért is fontos, mert a genetikai okok miatt kapcsolt tulajdonságok torzíthatják az erre érzékeny statisztikai vizsgálatok eredményeit. Mivel a jelleg-fog kapcsoltsági párok tagjairól nem rendelkezünk elég információval arra vonatkozóan, hogy melyik tag reprezentálja jobban a vizsgálati anyagot, nem tartottuk célszerűnek véletlenszerűen kizárni a pár egyik tagját sem a további vizsgálatokból. A kapcsoltsági vizsgálatok eredményei arra hívják fel a figyelmet, hogy az adatok további statisztikai elemzésére csak olyan módszer alkalmas, ami nem súlyozza a kapcsolt karaktereket, hanem képes külön-külön mérni a fog non-metrikus tulajdonságok összefüggéseit a genetikai adatokkal.

Az elemzés második fázisában, az eddigi eredményekre alapozva, összefüggést kerestünk a földrajzi eredetre utaló ADMIXTURE komponensek és a non-metrikus jellegek kifejezettsége között. Az elemzés során öt fog non-metrikus tulajdonság esetén (Shoveling, Molar crenulations, Enamel extension, Root number, Cusp 6) tudtunk szignifikáns összefüggést kimutatni ezek valamelyik fogon kifejezett formája és valamelyik ADMIXTURE komponens között. Az elemzések során több esetben nem az általánosan elfogadott, az adott jellegekre vonatkozó kulcsfogak mutatták a leginkább szignifikáns összefüggést a genetikai adatokkal. Eredményeink felhívják a figyelmet a kulcsfogak revíziójának szükségességére.

Az öt, szignifikáns összefüggést mutató jelleg mellett számos jelleg esetében erős pozitív vagy negatív korrelációt regisztráltunk adott genetikai komponensekkel. Ezek azonban nem érték el a szignifikancia határt, amit többek között a vizsgálatokba bevonható alacsony mintaszám is okozhatott. Ennek ellenére ezek a jellegek is potenciálisan alkalmasak lehetnek egy-egy populáció földrajzi eredettel összefüggésben álló heterogenitásának vagy homogenitásának leírására.

A vizsgálatok utolsó lépéseként egy összetett teszt sorozatot végeztünk el arra vonatkozóan, hogy egyéni szinten prediktálható-e a földrajzi eredet a fog-morfológiai jellegek alapján. Az ismert genetikai háttérrel rendelkező egyének csoportját (A) további három alcsoportra osztottuk: 1. főként európai; 2. átmeneti; 3. főként ázsiai genetikai háttérrel rendelkező egyének. A teszt során tizenhét fog non-metrikus jelleg felhasználásával 75,2%-os hatékonysággal tudtuk visszasorolni a vizsgált egyéneket a három csoport valamelyikébe. Ugyanezzel a módszerrel az ismeretlen genetikai háttérű csoportba tartozó egyéneket (B) is besoroltuk, ami alapján a legtöbb egyént az első, főként európai, a legkevesebbet pedig a harmadik főként ázsiai genetikai háttérrel rendelkező egyének csoportjába soroltuk.

Össességében elmondható, hogy kutatásunk eredményeként genetikai adatokkal validáltuk a fog non-metrikus vizsgálatok használhatóságát az egykor élt népek eredetének megismerésében. Továbbá a dolgozatban olyan, genetikai adatokkal alátámasztott módszert dolgoztunk ki, amellyel akár egyéni szinten is becslést adhatunk az eredetre vonatkozóan. Vizsgálatunk rámutatott a fog non-metrikus kutatásokban rejlő számos potenciálra, mindemelett a módszerek és hipotézisek tesztelése során olyan módszertani problémákat és korlátokat tárt fel, amelyek feloldására csak a vizsgálati anyag bővítésével nyílhat lehetőség.

English summary

One of the main aims of bioarchaeological studies is to examine the origins and biological relationships of past populations.

There is no doubt that archaeogenetic analyses currently provide the most detailed data on the subject, but this scientific field also has its own limitations. The feasibility of these studies is significantly affected for instance by the quality of the DNA preserved in bones. Furthermore, genetic analyses spanning different historical periods are still based on the sampling strategy, which relies heavily on the results of anthropological studies.

Among the methods belonging to the toolkit of anthropological research, craniometric studies evaluating the morphometric features of the skull and dental non-metric studies investigating the morphological traits of teeth are currently the most common for examining the biological relationships between populations.

Teeth, due to their structure, provide excellent material for the study of historical populations. The dental crown is formed early in human ontogenesis and thereafter, its shape cannot change in response to physiological factors. Due to its high inorganic content, the enamel layer covering the dental crown is the hardest part of the human body, which is why teeth from historic and prehistoric times are extremely well-preserved. As a result, non-metric analyses of dental morphology are becoming increasingly widespread in research worldwide.

The term “dental non-metric trait” means that the dental morphological features in question cannot be evaluated by standard measurement methods; and therefore, a qualitative classification system is usually developed for their analysis. For many of these traits observed on the dental crown and root, it has been described that their absence or presence, and in case of presence, their degree of expression, varies in frequency from population to population. Based on this, these traits are also used to distinguish larger geographical groups.

Dental non-metric traits were noticed by the international research relatively early, already in the 19th century. One of the major professional turning points in this research was when anthropologists working on dental morphology at Arizona State University created a standardised system called the “Arizona State University Dental Anthropology System” (ASUDAS) in 1991, which is based on scoring 36 dental and 4 non-dental oral features. When creating the system, they aimed to select traits that best met the following working hypotheses: 1) they are evolutionary conserved, 2) they are selection-neutral, 3)

they are under strong genetic influence and are only slightly influenced by environmental factors, 4) they are independently inherited, and 5) they have little or no sexual dimorphism.

In recent decades, ASUDAS has become more widely known and has undergone several modifications and refinements. For instance, in more recent studies, for each trait, only data from one so-called key tooth, considered to be morphologically more stable, have been used for statistical analyses. In addition, practical tests have questioned the complete fulfilment of the aforementioned working hypotheses in several cases.

With the spread of archaeogenetic analyses, scientific interest has increasingly turned towards testing the genetic correlations of non-metric traits. Researchers have recognised that the results of a study can be significantly affected if genetic and dental morphological data do not come from the same individual. Nonetheless, a study comparing the results of genetic and dental non-metric analyses of the same individuals is unique internationally. Such an analysis has only been performed in one case so far, in a recent population.

In Hungarian historical anthropological research, dental morphological studies have gained great momentum thanks to the work of Gábor S. Kocsis. In recent years, international research has also noticed the potential in the dental morphological study of Migration-period populations of the Carpathian Basin. At the same time, however, fewer and fewer studies have been published on this topic in Hungary.

We started our research on this subject with this in mind. In our work, we were the first to study the dentition of individuals from historical anthropological series with known archaeogenetic data. Taking advantage of this unique opportunity, the aim of this PhD thesis was to test and develop a literature-based method, and to validate this method with genetic data. Consequently, we divided the analyses into two phases.

In the first phase, we conducted a general survey of the material. Then we checked the validity of the hypotheses and methods relevant to the research on our study material. In the second phase, we tested the actual population genetic correlations of each trait. Finally, we tested whether the dental non-metric data could predict biogeographic origin at the individual level.

The subject of the study was the dentition of individuals from the Avar and Hungarian Conquest periods of the Carpathian Basin, for whom published whole-genome data were available. Heterogeneous ethnic groups with Asian roots arrived in the Carpathian Basin in several waves, mixing with the local population of diverse origins, with a higher proportion of European elements. This means that the genetic diversity of the

studied populations can provide an appropriate basis for developing a method for estimating biological origins.

Out of the 404 individuals included in the study, a total of 185 were eligible for dental morphological evaluation. Of these, 137 individuals were assigned to a focus group (“A”), with published genome data, and 48 individuals to an experimental group (“B”), with no genetic data. It is important to keep in mind when drawing conclusions that the number of samples from the Avar and Hungarian Conquest periods, as well as the number of male and female samples, are not proportional and significantly limited, as the amount of study material was determined by the number of cases with published archaeogenetic data so far.

For recording the dental non-metric traits, the latest version of the widely known ASUDAS-based method was used with minor modifications. For statistical evaluation of the data, the statistical software R (v.4.10) was used. For genetic analysis, only published genome data were used. To examine the genetic composition of the studied individuals, we performed a supervised ADMIXTURE analysis, using a standard modern population set as proxys for once-existing ancient populations.

In the first phase of the analysis, regarding the assessability of the features, we found that for a total of 4 traits, a maximum of only 30% of the cases could be scored. However, for 12 traits, more than 70% of the cases were found to be assessable. This is because the different traits can be observed in different areas of the dentition, which are exposed to varying degrees to tooth-damaging environmental factors. Therefore, statistical analysis of rarely assessable traits should be performed with due care.

The results for the frequency values of the features showed that 12 traits occurred with a frequency of 10% or less, and 2 traits with a frequency of more than 80%. For 4 features, we never registered any deviation from the basic morphology. To increase statistical power, these latter 4 traits were excluded from further analyses. The representativeness of the study material is supported by the fact that in several cases, our results on frequency values showed parallels with trends observed in previous dental non-metric studies of Avar-period and Hungarian-Conquest-period series from Hungary.

Statistical analysis of antimere asymmetry, i.e., asymmetry in the same tooth present on the opposite quadrant, revealed non-significant correlation in only 8 trait-tooth pairs, with third molars being involved in 5 cases. Nevertheless, since our results on most features did not show asymmetry on different teeth, contrary to international practice, we did not exclude either member of the tooth types from subsequent analyses.

We did not find a significant difference between sexes in the frequency of trait expression. Our results support the working hypothesis, commonly used in dental morphological studies, that there is no or very little sexual dimorphism among the non-metric traits included in ASUDAS. Therefore, there is no need to weight or separate data regarding sexes in subsequent analyses.

When comparing individuals from the Avar and Hungarian Conquest periods, only one trait (enamel extension observed on the upper second molars) showed a significant difference in the degree of expression. This may be due to methodological and population-based reasons. Based on archaeological and bioarchaeological data on the two populations of the two periods, it is possible that the groups settling in the 10th century CE brought dental morphological traits similar to those of the local population they encountered. It is also possible that those morphological features that could well characterise a local or newly arrived minority group may no longer be statistically detectable after mixing with larger groups. Moreover, the limited sample size due to the nature of the research may also affected the results. Although our findings on the differences between the two periods partly showed parallels with the results of previous dental non-metric studies of Avar- and Hungarian-Conquest-period series from Hungary, we registered much fewer significant differences in our study material. The difference in the findings could also be due to the stricter threshold used in our analyses and the disparity in the number of samples included in the research.

When examining feature associations, the statistical analysis revealed significant correlations between 24 trait-tooth pairs. During the analysis of the results, we created 4 groups to explain the possible causes of these associations: 1) genetic linkage of the trait on the teeth capable of expressing it, 2) methodological overlap, 3) morphologically mutually exclusive traits, and 4) unknown. Identifying the possible causes of the associations is also important because genetically linked features can bias the results of statistical analyses sensitive to this. Since we did not have enough information about which member of the trait-tooth association pairs better represented the study material, we did not consider it appropriate to randomly exclude either member of the pairs from further analyses. The results of the association analyses draw attention to the fact that only a method that does not weight the genetically linked features but is capable of separately measuring the associations of dental non-metric traits with genetic data is suitable for further statistical analysis of the data.

In the second phase of the analysis, based on the previous results, we searched for correlations between the ADMIXTURE components indicating geographical origin and the expression of dental non-metric traits. During the analysis, for 5 dental non-metric features (shovelling, molar crenulations, enamel extension, root number, and cusp 6), we were able to detect a significant association between their expression on a tooth and an ADMIXTURE component. In several cases, it was not the generally accepted key teeth for the respective traits that showed the most significant association with the genetic data. Our findings highlight the need for a revision of the key teeth.

In addition to the aforementioned 5 traits showing significant associations, for numerous features, we recorded strong positive or negative correlations with given genetic components. However, these did not reach the level of significance, which could be partly due to the small sample size available for the analyses. Nevertheless, these traits may also be suitable for describing the heterogeneity or homogeneity of a population in relation to its geographical origin.

As the final step of the analyses, we performed a complex series of tests to determine whether geographical origin can be predicted at the individual level based on dental morphological features. The group of individuals with known genetic background (“A”) was divided into 3 subgroups: 1) mainly European, 2) transitional, and 3) mainly Asian genetic background. Using 17 dental non-metric traits, we were able to reclassify the studied individuals into one of the 3 groups with an efficiency of 75.2%. Using the same method, we also classified the individuals belonging to the group with unknown genetic background (“B”). We classified most individuals into the “mainly European genetic background” group and the least into the “mainly Asian genetic background” group.

In summary, our research has validated the usefulness of dental non-metric analyses for understanding the origins of past populations using genetic data. Furthermore, in this thesis, we have developed a method, supported by genetic data, that can be used to provide estimates of ancestry even at the individual level. Our study has highlighted the potential of dental non-metric studies, ut has also revealed methodological problems and limitations in testing methods and hypotheses that can only be overcome by extending the study material.

Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt köszönettel tartozom témavezetőimnek. Köszönöm Dr. Molnár Erika egyetemi docensnek (SZTE Embertani Tanszék), akihez mindig fordulhattam szakmai tanácsért vagy lelki támogatásért. Emellett köszönöm azt a végtelen türelmet, amivel szakdolgozó koromtól kezdve végigvezetett eddigi tudományos utamon. Köszönöm Dr. Pálfi György tanszékvezető egyetemi docensnek (SZTE Embertani Tanszék), aki lehetővé tette, hogy elindítsam és véghez vigyem kutatásaimat az Embertani Tanszéken. Támogatásával kutatásaim elvégzésén túl többek között elnyerhettem a Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíját.

Szeretnék köszönetet mondani az SZTE Embertani Tanszék egykori és jelenlegi munkatársainak, különösen Dr. Bereczki Zsoltnak, Dr. Tihanyi Balásznak, Dr. Spekker Olgának, Dr. William Berthonnak, Dr. Király Kittynek, Dr. Váradi Orsolya Annának, Dr. Hegyi Andreának, Madai Ágotának, Rovó Jánosnak szakmai és baráti önzetlen segítségükért.

Nem juthattam volna el idáig párom, Dr. Tihanyi Balázs támogatása nélkül, akinek a szakmai odaadására és precizítására kezdetektől példaképként tekintek. Mindig számíthattam a szakmai tanácsaira és segítségére, amiből szeretném kiemelni dolgozat régészeti kérdésekkel foglalkozó egységeiben nyújtott nélkülözhetetlen segítségét. Szakmai támogatása mellett pedig a nehéz időszakokban is stabil, gondoskodó családi háttérrel biztosított nekem.

Szeretnék köszönetet mondani Dr. Spekker Olgának, aki Humánbiológia gyakorlatvezetőmként amellelt, hogy megszerettette velem ezt a tudományterületet, olyan stabil anatómia alapot biztosított, amihez mindig visszanyúlhattam. Mindemellett hálával tartozom azért a rengeteg szakmai és baráti segítségért, amit a PhD-s éveim során kaptam tőle. Hálás vagyok, hogy bizalmat szavazott nekem és számtalan kutatási projektben dolgozhattam vele és tanulhattam tőle.

Szeretném hálámat kifejezni Dr. Bereczki Zsoltnak, akinek a türelme és szakmai tanácsai nélkül nem tudtam volna elkészíteni a doktori eljárás alapjául szolgáló elsőszervező tanulmányomat. Emellett köszönöm azt a számtalan szakmai és baráti beszélgetést, amik mindig új lendületet adtak a folytatáshoz.

Szeretném megköszönni Dr. Király Kittynek a doktori eljárás alapjául szolgáló elsőszervező tanulmányomban nyújtott szakmai segítségét és a sok közös nevetésben eltöltött PhD-s éveket.

Köszönettel tartozom Rovó Jánosnak, hogy mindig számíthattam a baráti támogatására, valamint a sok segítségért a vizsgálati anyag összegyűjtésében.

Köszönöm Dr. William Berthonnak hogy PhD-s éveim során mindig fordulhattam hozzá baráti vagy szakmai tanácsért, ha elakadtam és külön köszönöm a segítségét az angol összefoglaló elkészítésében.

Szeretnék köszönetet mondani az SZTE Genetikai Tanszék Archeogenetikai Kutatócsoportjának egykori és jelenlegi munkatársainak, Dr. Török Tibornak, Dr. Neparáczki Endrének, Dr. Maróti Zoltánnak, Dr. Raskó Istvánnak, Schütz Oszkárnak, Nyerki Emilnek, Dr. Varga Gergely Istvánnak, Maár Kitti Anitának, Kovács Bence Gábornak, Alexandra Gînguţának szakmai és baráti támogatásukért.

Elsőként szeretném megköszönni Schütz Oszkárnak azt a rengeteg szaktudást, türelmet és időt, amit az adatok kiértékelése során kaptam tőle. Nem tudtam volna elkészíteni a dolgozatot a segítsége nélkül. Hálás vagyok, hogy optimizmusával és nyugalmaival a nehezebb időszakokon is átlendített.

Köszönettel tartozom Dr. Török Tibornak, hogy mindig fordulhattam hozzá szakmai kérdésekkel az elemzés genetikai témájú egységeivel kapcsolatban.

Hálás vagyok Dr. Neparáczki Endre folyamatos szakmai és emberi támogatásának, amelynek köszönhetően többek között elnyerhettem a Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíját.

Szeretném megköszönni Dr. Maróti Zoltán statisztikai elemzésben nyújtott nélkülözhetetlen segítségét.

Hálával tartozom Dr. G. Richard Scottnak, hogy fordulhattam és fordulhatok hozzá kérdéseimmel és segített elsajátítani az ASUDAS rendszer alkalmazásához szükséges alapokat.

Köszönöm Dr. Szeniczey Tamásnak a statisztikai elmezéssel kapcsolatos hasznos észrevételeit és tanácsait.

Szeretném megköszönni a Magyar Természettudományi Múzeum Embertani Tár munkatársainak és a Móra Ferenc Múzeum munkatársainak, hogy a vizsgálati anyag múzeumokban őrzött részét a rendelkezésemre bocsájtották. Külön köszönöm Évinger Sándornak (MTM ET) és Varga Sándornak (MFM), hogy a kutatásba bevont embertani anyagot előkeresték és előkészítették a vizsgálatokhoz.

Szeretném hálámat kifejezni Ármay Annának és Búsné Makovics Ágnesnek gyerekkorunk óta tartó barátságukért és támogatásukért, valamint Csikota Viviennek és

Szabó Krisztina Ágnesnek, hogy az egyetemi évektől kezdődően minden boldog és nehéz pillanatban számíthattam a barátságukra.

Köszönöm párom családjának, hogy befogadtak és minden szeretetükkel támogattak és ösztönöztek az állmaim megvalósítására.

Végül szeretném megköszönni családomnak, hogy gyerekkorom óta támogattak abban, amire csak elszántam magam. Hálás vagyok, hogy hittek bennem és akkor is bátorítottak, amikor én nem bíztam magamban.

Irodalomjegyzék

- Aas, I. H. M. – Risnes, S. (1979): The depth of the lingual fossa in permanent incisors of Norwegian. I. Method of measurement, statistical distribution and sex dimorphism. *American Journal of Physical Anthropology* 50(3): 335–340.
- Acharya, N. – Samant, P. S. – Gautam, V. – Singh, O. – Shrestha, A. (2014): Endodontic Management of Three Rooted Mandibular First Molar: Report of Three Cases. *Journal of Universal College of Medical Sciences* 2(2): 40–45. <https://doi.org/10.3126/jucms.v2i2.11173>
- Adams, D. M. – Pilloud, M. A. (2021): Perceptions of Race and Ancestry in Teaching, Research, and Public Engagement in Biological Anthropology. *Human Biology* 93(1): 9–32. <https://doi.org/10.13110/humanbiology.93.1.01>
- Adams, M. S. – Niswander, J. D. (1967): Developmental ‘Noise’ and a congenital malformation. *Genetical Research* 10(3): 313–317. <https://doi.org/10.1017/S0016672300011071>
- Adler, C. J. – Haak, W. – Donlon, D. – Cooper, A. (2011): Survival and recovery of DNA from ancient teeth and bones. *Journal of Archaeological Science* 38(5): 956–964. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.11.010>
- Alexander, D. H. – Lange, K. (2011): Enhancements to the ADMIXTURE algorithm for individual ancestry estimation. *BMC Bioinformatics* 12 246. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-12-246>
- Alexander, D. H. – Novembre, J. – Lange, K. (2009): Fast model-based estimation of ancestry in unrelated individuals. *Genome Research* 19(9): 1655–1664. <https://doi.org/10.1101/gr.094052.109>
- Alexandersen, V. (1963): Double-rooted human lower canine teeth. *Dental Anthropology* 235–244. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-009823-4.50017-3>
- Alvesalo, L. (2009): Human sex chromosomes in oral and craniofacial growth. *Archives of Oral Biology* 54(S): S18–S24. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2008.06.004>
- Amundson, R. (2000): Against normal function. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 31(1): 33–53. [https://doi.org/10.1016/S1369-8486\(99\)00033-3](https://doi.org/10.1016/S1369-8486(99)00033-3)
- Árkövy, J. (1904): Néhány eddig ismeretlen reductiók jelenségről a fogakon, statistikailag megvizsgálva. *Mathematikai és Természettudományi Értesítő* 22 21–28.
- Ashoori, N. – Ghorbanyjavadpour, F. – Rakhshan, V. (2022): Associations between 44 nonmetric permanent dental traits or anomalies with skeletal sagittal malocclusions and sex, besides correlations across the variations or abnormalities. *BMC Oral Health* 22(1): 1–13.
- Axelsson, G. – Kirveskari, P. (1979): Sixth and seventh cusp on lower molar teeth of Icelanders. *American Journal of Physical Anthropology* 51(1): 79–82. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330510110>

- B. Nagy, K. (2003): *A székkutas-kápolnadűlői avar temető*. Szeged: Móra Ferenc Múzeum.
- Bajkai, R. – Kolozsi, B. (2017): Az abszolút kormeghatározás lehetőségei, avagy a 9. századi keltezés nehézségei egy debreceni lelőhely tükrében. In Takács, M. – Révész, L. (szerk.): *Az Alföld a 9. században II*. Szeged: SZTE BTK Régészeti Tanszék, 103–137.
- Bálint, Cs. (1968): Honfoglalás kori sírok Szeged-Öthalmon. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve* 47–89.
- Balogh, Cs. (2010) A Felgyő, Ürmös-tanyai avar kori temető – The Avar cemetery at Felgyő, Ürmös-tanya. In Balogh, Cs. – P. Fischl, K. (szerk.): *Felgyő, Ürmös-tanya. Bronzkori és avar kori leletek László Gyula felgyői ásatásának anyagában*. Szeged: Móra Ferenc Múzeum, 185–381.
- Balogh, Cs. (2011): Kora avar kori ún. propeller alakú övveret a kunpeszéri 3. sírból. — Frühawarischer sog. propellerförmiger Gürtelbeschlag aus Grab 3 in Kunpeszér. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve – Studia Archaeologica* 12: 257–276.
- Balogh, Cs. (2013): *A Duna–Tisza köze avar kori betelepülésének problémái – Problems of colonization in the territory between Danube and Tisza Rivers in the Avar Age* (Doktori értekezés). Eötvös Loránd Tudományegyetem.
- Balogh, Cs. (2018a): A Byzantine Gold Cross in an Avar Period Grave from Southeastern Hungary. In Drauschke, J. – Kislinger, E. – Kühtreiber, K. – Kühtreiber, T. – Scharrer-Liška, G. – Vida, T. (szerk.): *Lebenswelten zwischen Archäologie und Geschichte. Festschrift für Falko Daim zu seinem 65. Geburtstag*. Mainz: Römisch-Germanisches Zentralmuseum, 25–42.
- Balogh, Cs. (2018b): Hajós-Cifrahegy – Avar cemetery at Hajós-Cifrahegy. In *Avar kori temetők Bács-Kiskun megyében I – Avar-age cemeteries in Bács-Kiskun County I*. Kecskemét: Kecskeméti Katona József Múzeum, 37–124.
- Balogh, Cs. (2018c): Mélykút–Sánc-dűlő – Avar-age cemetery at Mélykút–Sánc-dűlő. In *Avar kori temetők Bács-Kiskun megyében I – Avar-age cemeteries in Bács-Kiskun County I*. Kecskemét: Kecskeméti Katona József Múzeum, 135–166.
- Balogh, Cs. (2020): Egy Maros-völgyi kora avar kori közösség életmódjáról a régészeti adatok alapján – Makó–Mikócsa-halom. In Törőcsik, T. – Gulyás, S. – Molnár, D. – Náfrádi, K. (szerk.): *Környezettörténet. Tanulmányok Sümei Pál professzor 60 éves születésnapjára*. Szeged: Szegedi Tudományegyetem Földrajzi és Földtudományi Intézet, 129–142.
- Balogh, Cs. – Gulyás, A. – Lőrinczy, G. (2023): 7. századi temetkezések Békés vármegyéből – Adatok a Tiszántúl avar kori lószerszámos temetkezéseihez. *Archaeologiai Értesítő* 148(1): 223–267.
- Balogh, Cs. – Köhegyi, M. (2001): Fajsz környéki avar kori temetők II. Kora avar kori sírok Fajsz-Garadombon. — Awarenzeitliche Gräberfelder in der Umgebung von Fajsz. Frühawarenzeitliche Gräber von Fajsz-Garadomb. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve – Studia Archaeologica* 10: 333–363.

- Balogh, Cs. – Wicker, E. (2012): Avar nemzetségfő sírja Petőfiszállás határából. In Vida, T. (szerk.): *Thesaurus Avarorum. Régészeti tanulmányok Garam Éva tiszteletére*. Budapest: ELTE BTK Régészettudományi Intézet - Magyar Nemzeti Múzeum - MTA BTK Régészeti Intézet, 551–579.
- Barden, H. S. (1980): Fluctuating dental asymmetry: A measure of developmental instability in Down syndrome. *American Journal of Physical Anthropology* 52(2): 169–173. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330520203>
- Bartucz, L. (1966): *Palaeopathologia III. A praehistorikus trepanáció és orvostörténeti vonatkozású sírleletek*. Budapest: Medicina.
- Bei, M. (2009): Molecular genetics of tooth development. *Current Opinion in Genetics & Development* 19(5): 504–510. <https://doi.org/10.1016/j.gde.2009.09.002>
- Bende, L. (2017): *Temetkezési szokások a Körös–Tisza–Maros közén az avar kor második felében*. Budapest: Pázmány Péter Katolikus Egyetem Bölcsészeti és Társadalomtudományi Kar Régészeti Intézet.
- Bende, L. – Lőrinczy, G. (1997): A Szegvár-Oromdülői 10-11. századi temető. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve–Studia Archaeologica* 3: 201–285.
- Benedek, A. – Marcsik, A. (2017): Kora avar kori temetőrészlet Kövegyről: Új temetkezési szokások a Tisza–Körös–Maros mentén a kora avar korból. In T. Gábor, Sz. – Czukor, P. (szerk.): *Út(on) a kultúrák földjén. Az M43-as autópálya Szeged-országhatár közötti szakasz régészeti feltárásai és a hozzá kapcsolódó vizsgálatok*. Szeged: Móra Ferenc Múzeum, 369–442.
- Benn Torres, J. (2020): Anthropological perspectives on genomic data, genetic ancestry, and race. *American Journal of Physical Anthropology* 171(S70): 74–86. <https://doi.org/10.1002/ajpa.23979>
- Berta, N. – Major, P. (2021) Derecske-Hosszú-Lapos (61768). In Kolozsi, B. – Nagy, E. G. – Priskin, A. (szerk.): *Sztrádaörökség. Válogatás az M35-ös és M4-es autópálya régészeti feltárásaiból*. Debrecen: Déri Múzeum Régészeti Tár, 72–75.
- Berthon, W. – Tihanyi, B. – Váradi, O. A. – Coqueugnot, H. – Dutour, O. – Pálfi, Gy. (2021): Riding for a fall: Bone fractures among mounted archers from the Hungarian Conquest period (10th century CE). *International Journal of Osteoarchaeology* 31(5): 926–940. <https://doi.org/10.1002/oa.3010>
- Bíró, A. – Fóthi, E. (2005): A Kenézlő-Fazekaszug I-II. honfoglalás kori temetők embertani vizsgálata. In Korsós, Z. (szerk.): *IV. Kárpát-medencei Biológia Szimpózium*. Budapest: Magyar Biológiai Társaság, 51–56.
- Bollini, G. A. – Rodríguez-Flórez, C. D. – Colantonio, S. E. (2009): Bilateral asymmetry in permanent dentition of 13 pre-conquest samples from Argentina (South America). *HOMO* 60(2): 127–137. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2008.05.005>
- Boughner, J. C. – Dean, M. C. (2004): Does space in the jaw influence the timing of molar crown initiation? A model using baboons (*Papio anubis*) and great apes (Pan

- troglodytes, *Pan paniscus*). *Journal of Human Evolution* 46(3): 253–275. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2003.11.007>
- Boughner, J. C. – Hallgrímsson, B. (2008): Biological Spacetime and the Temporal Integration of Functional Modules: A Case Study of Dento–Gnathic Developmental Timing. *Developmental Dynamics* 237(1): 1–17. <https://doi.org/10.1002/dvdy.21383>
- Brabant, H. – Nemeskéri, J. (1963): Mözs községben felfedezett hunkori koponyák antropológiai és stomatológiai tanulmányozása. *Bulletin du Groupement International pour la Recherche Scientifique en Stomatologie & Odontologie* 6 317–338.
- Bradshaw, D. J. – Lynch, R. J. M. (2013): Diet and the microbial aetiology of dental caries: new paradigms. *International Dental Journal* 63(S2): 64–72.
- Brook, A. H. – Brook O'Donnell, M. – Hone, A. – Hart, E. – Hughes, T. E. – Smith, R. N. – Townsend, G. C. (2014): General and craniofacial development are complex adaptive processes influenced by diversity. *Australian Dental Journal* 59(S1): 13–22. <https://doi.org/10.1111/adj.12158>
- Budai, M. (2007): *Összehasonlító fogmorfológiai vizsgálat a történeti és a mai népesség körében.* (Doktori értekezés). Szegedi Tudományegyetem, Szeged.
- Butler, P. M. (1939): Studies of the Mammalian Dentition.–Differentiation of the Post-canine Dentition. *Proceedings of the Zoological Society of London* 109(1): 1–36.
- Butler, P. M. (1982): Some problems of the ontogeny of tooth patterns. In Kurten, B. (szerk.): *Teeth: Form, function, and evolution*. New York: Columbia University Press, 44–51.
- Carabelli, G. von L. (1831): *Systematisches Handbuch der Zahnheilkunde*. Köt. 1. Wien: Braumüller und Seidel.
- Carabelli, G. von L. (1842): *Anatomie des Mundes*. Wien: Braumüller und Seidel.
- Carabelli, G. von L. (1844): *Systematisches Handbuch der Zahnheilkunde*. Köt. 2. Wien: Braumüller und Seidel.
- Carbonell, V. M. (1965): The teeth of the Neanderthal child from Gibraltar: A re-evaluation. *American Journal of Physical Anthropology* 23(1): 41–49. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330230119>
- Carson, E. A. (2006): Maximum likelihood estimation of human craniometric heritabilities. *American Journal of Physical Anthropology* 131(2): 169–180. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20424>
- Chaimanee, Y. – Jolly, D. – Benammi, M. – Tafforeau, P. – Duzer, D. – Moussa, I. – Jaeger, J.-J. (2003): A Middle Miocene hominoid from Thailand and orangutan origins. *Nature* 422 61–65. <https://doi.org/10.1038/nature01449>
- Chowdhry, A. – Popli, D. B. – Sircar, K. – Kapoor, P. (2023): Study of twenty non-metric dental crown traits using ASUDAS system in NCR (India) population. *Egyptian Journal of Forensic Sciences* 13(8): 1–12. <https://doi.org/10.1186/s41935-023-00329-2>

- Cobourne, M. T. – Mitsiadis, T. (2006): Neural Crest Cells and Patterning of the Mammalian Dentition. *The Journal of Experimental Zoology (Molecular and Developmental Evolution)* 306B (3): 251–260. <https://doi.org/10.1002/jez.b.21084>.
- Cope, E. D. (1874): On the homologies and origin of the types of molar teeth of Mammalia educabilia. *Journal of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 8 71–89.
- Corruccini, R. S. (1974): An examination of the meaning of cranial discrete traits for human skeletal biological studies. *American Journal of Physical Anthropology* 40(3): 425–445. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330400315>
- Czifra, Sz. (2006): Hajdúböszörmény, IV. homokbánya. *Régészeti Kutatások Magyarországon 2005*: 250.
- Csáky, V. – Gerber, D. – Koncz, I. – Csiky, G. – Mende, B. G. – Szeifert, B. – Egyed, B. – Pamjav, H. – Marcsik, A. – Molnár, E. – Pálfi, G. – Gulyás, A. – Kovacsóczy, B. – Lezsák, G. M. – Lőrinczy, G. – Szécsényi-Nagy, A. – Vida, T. (2020): Genetic insights into the social organisation of the Avar period elite in the 7th century AD Carpathian Basin. *Scientific Reports* 10(1): 948. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57378-8>
- Csallány, D. (1939): Kora-avarkori sírleletek. *Folia Archaeologica* 1–2: 121–180.
- Cseh, G. – Varga, S. (2017): Avar kori temetkezések Apátfalva-Nagyút-dűlőn (M43 43. Lh.) – Burials from the Avar Age at the site Apátfalva-Nagyút-dűlő (Site M43 43.). In T. Gábor, Sz. – Czukor, P. (szerk.): *Út(on) a kultúrák földjén. Az M43-as autópálya Szeged–országhatár közötti szakasz régészeti feltárásai és a hozzá kapcsolódó vizsgálatok*. Szeged: Móra Ferenc Múzeum, 443–477.
- Dahlberg, A. A. (1945): The changing dentition of man. *Journal of the American Dental Association* 32(11): 676–690. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1945.0112>
- Dahlberg, A. A. (1950): The evolutionary significance of the protostylid. *American Journal of Physical Anthropology* 8(1): 15–26. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330080110>
- Dahlberg, A. A. (1951): The dentition of the American Indian. In Laughlin, W. S. (szerk.): *The Physical Anthropology of the American Indian*. New York: Viking Fund Inc., 138–176.
- Dahlberg, A. A. (1963): Analysis of the American Indian dentition. *Dental Anthropology* 149–177. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-009823-4.50013-6>
- Daim, F. (2003): Avars and Avar Archaeology. An Introduction. In Hans-Werner, G. – Jorg, J. – Walter, P. (szerk.): *Regna and Gentes. The Relationship between Late Antique and Early Medieval Peoples and Kingdoms in the Transformation of the Roman World*. Leiden, Boston: Brill, 463–570.
- Dani, J. – Szilágyi, K. A. – Szelekovszky, M. – Czifra, Sz. – Kisjuhász, V. (2006): Előzetes jelentés a Berettyóújfalu, Nagy-Bócs-dűlő lelőhelyen 2004-2005 során végzett megelőző feltárásról - Preliminary report of the excavations preceding investment at the Berettyóújfalu, Nagy Bócs-dűlő site in 2004-2005. *Régészeti Kutatások Magyarországon 2005* 5–32.

- Dern, L. L. (2023): *The Impact of Medieval and Early Modern Migrations on Dental Nonmetric Variation in Hungary* (Doktori értekezés). University of Nevada, Reno.
- Dienes, I. (1960): Honfoglaló magyarok sírjai Nagykőrösön. *Archaeologiai Értesítő* 87: 177–180.
- Dienes, I. (1972): *A honfoglaló magyarok*. Budapest: Hereditas Corvina Kiadó.
- Dietz, V. H. (1944): A Common Dental Morphotropic Factor the Carabelli Cusp. *The Journal of the American Dental Association* 31(11): 784–789.
<https://doi.org/10.14219/jada.archive.1944.0169>
- d’Incau, E. – Couture, C. – Maureille, B. (2012): Human tooth wear in the past and the present: Tribological mechanisms, scoring systems, dental and skeletal compensations. *Archives of Oral Biology* 57(3): 214–229.
<https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2011.08.021>
- Erdélyi, I. (1958): A jánoshidai avarkori temető. *Régészeti Füzetek* 2(1): 1–140.
- Éry, K. (1978): Honfoglaló magyar csontvázleletek Szakonyról. *Arrabona* 19–20: 177–182.
- Éry, K. (1982): Újabb összehasonlító statisztikai vizsgálatok a Kárpát-medence 6–12. századi népességeinek embertanához (Comparative statistical studies on the physical anthropology of the Carpathian Basin population between the 6–12th centuries A.D.). *Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei* 16: 35–86.
- Éry, K. (1994): A Kárpát-medence embertani képe a honfoglalás korában. In Kovács, L. (szerk.): *Honfoglalás és régészet*. Budapest: Balassi Kiadó, 217–224.
- F. Kovács, P. – Tárnoki, J. (2018): Régészeti kutatások Jász-Nagykun-Szolnok megyében 2011–2015 között. *Tisicum - A Jász-Nagykun-Szolnok Megyei Múzeumok Évkönyve* 26: 265–280.
- Falconer, D. S. (1965): The inheritance of liability to certain diseases, estimated from the incidence among relatives. *Annals of Human Genetics* 29(1): 51–76.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.1965.tb00500.x>
- Farkas, Gy. – Marcsik, A. (1975): Anatomical variations and palaeopathological observations in prehistoric series. *Acta Biologica Szegediensis* 21(1–4): 147–163.
- Farkas, Gy. – Marcsik, A. – Oláh, S. (1993): Történeti idők embere Szegváron. *Anthropologiai Közlemények* 35: 7–37.
- Fielding, A. H. (2006): *Cluster and Classification Techniques for the Biosciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1017/CBO9780511607493>
- Fodor, I. (1985): Honfoglaláskori temető Sándorfalván (Előzetes közlemény). *Acta Antiqua et Archaeologica* 5: 17–33.

- Fölföldi, B. – Major, P. (2021) Derecske, Karakas-dűlő (61290). In Kolozsi, B. – Nagy, E. G. – Priskin, A. (szerk.): *Sztrádaörökség. Válogatás az M35-ös és M4-es autópálya régészeti feltárásaiból*. Debrecen: Déri Múzeum Régészeti Tár, 100–104.
- Fuentes, A. (2021): Biological anthropology's critical engagement with genomics, evolution, race/racism, and ourselves: Opportunities and challenges to making a difference in the academy and the world. *American Journal of Physical Anthropology* 175(2): 326–338. <https://doi.org/10.1002/ajpa.24162>
- Füredi, Á. (2012): Honfoglalás kori tarsolylemez Pest megyében. A Bugyi-felsőványi 2. sír. *Archaeologiai Értesítő* 137: 207–234.
- Gáll, E. (2019): *A hatalom forrása és a magyar honfoglalás – hódítás és integráció. A korai magyar történelem egy régész szemzőgéből*. Budapest: Magyarságkutató Intézet.
- Gáll, E. – Szenthe, G. (2020): The problem of “structural integration”. A case study of the 9th–10th century burials (Graves 49 and 50) at Hortobágy – Árkus. *Materiale și cercetări arheologice* 16: 181–197.
- Gallina, Zs. – Varga, S. (2016): *A Duna-Tisza közének honfoglalás és kora Árpád-kori temetői, sír- és kincsleletei I. A Kalocsai Sárköz a 10–11. században*. Szeged-Budapest: Szegedi Tudományegyetem Régészeti Tanszéke–Magyar Tudományos Akadémia Régészeti Intézete–Magyar Nemzeti Múzeum–Viski Károly Múzeum.
- Garam, É. (1993): *Katalog der awarenzeitlichen Goldgegenstände und der Fundstücke aus den Fürstengräbern im Ungarischen Nationalmuseum*. Budapest: Magyar Nemzeti Múzeum.
- Garam, É. (1995): *Das awarenzeitliche Gräberfeld von Tiszafüred. Cemeteries of the Avar period (567-829) in Hungary volume 3*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Garn, S. M. – Lewis, A. B. – Kerewsky, R. S. (1966): Bilateral Asymmetry and Concordance in Cusp Number and Crown Morphology of the Mandibular First Molar. *Journal of Dental Research* 45(6): 1820. <https://doi.org/10.1177/00220345660450064401>
- Gnecchi-Ruscone, G. A. – Szécsényi-Nagy, A. – Koncz, I. – Csiky, G. – Rácz, Zs. – Rohrlach, A. B. – Brandt, G. – Rohland, N. – Csáky, V. – Cheronet, O. – Szeifert, B. – Rácz, T. Á. – Benedek, A. – Bernert, Zs. – Berta, N. – Czifra, S. – Dani, J. – Farkas, Z. – Hága, T. – Hajdu, T. – Jászberényi, M. – Kisjuhász, V. – Kolozsi, B. – Major, P. – Marcsik, A. – Ny. Kovacsóczy, B. – Balogh, Cs. – Lezsák, G. M. – Ódor, J. G. – Szelekovszky, M. – Szeniczey, T. – Tárnoki, J. – Tóth, Z. – Tutkovics, E. K. – Mende, B. G. – Geary, P. – Pohl, W. – Vida, T. – Pinhasi, R. – Reich, D. – Hofmanová, Z. – Jeong, C. – Krause, J. (2022): Ancient genomes reveal origin and rapid trans-Eurasian migration of 7th century Avar elites. *Cell* 185(8): 1402-1413.e21. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.03.007>
- Gregory, W. K. (1916): Studies on the Evolution of the Primates. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 35(19): 239–257.

- Grine, F. E. (1981): Occlusal morphology of the mandibular permanent molars of the South African Negro and the Kalahari San (Bushman). *Annals of the South African Museum* 86(5): 157–215.
- Grüneberg, H. (1963): *The Pathology of Development: A Study of Inherited Skeletal Disorders in Animals*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- H. Tóth, E. (1981): A Kecskemét-Sallai úti avar sírlelet. *Szolnok Megyei Múzeumi Évkönyv* 11–33.
- H. Tóth, E. (1984): Korai avar vezetőréteg családi temetője a kunbábonyi kagán szállásterületén. *Múzeumi Kutatások Bács-Kiskun Megyében* 10–20.
- H. Tóth, E. – Horváth, A. (1992): *Kunbábony. Das Grab eines Awarenhagans*. Kecskemét: Bács-Kiskun Megyei Önkormányzat Múzeumigazgatósága.
- Hallgrímsson, B. – Ó Donnabháin, B. – Walters, G. B. – Cooper, D. M. L. – Guðbjartsson, D. – Stefánsson, K. (2004): Composition of the founding population of Iceland: Biological distance and morphological variation in early historic Atlantic Europe. *American Journal of Physical Anthropology* 124(3): 257–274. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10365>
- Hampel, J. (1900): A honfoglalás kor hazai emlékei. In Pauler, Gy. – Szilágyi, S. (szerk.): *A magyar honfoglalás kútfoi. A honfoglalás ezredéves emlékére*. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia, 507–826.
- Hampel, J. (1905): *Alterthümer des frühen Mittelalters in Ungarn I–III*. Braunschweig: F. Vieweg und Sohn.
- Hanihara, K. (1961): Criteria for Classification of Crown Characters of the Human Deciduous Dentition. *Journal of the Anthropological Society of Nippon* 69(1): 27–45. <https://doi.org/10.1537/ase1911.69.27>
- Hanihara, K. – Kuwashima, T. – Sakao, N. (1964): The Deflecting Wrinkle on the Lower Molars in Recent Man. *Journal of the Anthropological Society of Nippon* 72(1): 1–8. <https://doi.org/10.1537/ase1911.72.1>
- Harris, E. F. (2007): Carabelli's trait and tooth size of human maxillary first molars. *American Journal of Physical Anthropology* 132(2): 238–246. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20503>
- Harris, E. F. – Bailit, H. L. (1980): The metaconule: A morphologic and familial analysis of a molar cusp in humans. *American Journal of Physical Anthropology* 53(3): 349–358. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330530306>
- Hershkovitz, P. (1971): Basic crown patterns and cusp homologies of mammalian teeth. In Dahlberg, A. A. (szerk.): *Dental morphology and evolution*. Chicago: University of Chicago Press, 95–150.
- Hillebrand, J. (1908): *Újabb adatok az ember fogainak alaktanához*. Budapest: Stephaneum Ny.
- Hillson, S. (1996): *Dental Anthropology*. Cambridge: Cambridge University Press.

- HKÍF (1995): *A honfoglalás korának írott forrásai*. Kristó, Gy. – Olajos, T. – H. Tóth, I. – Zimonyi, I. (szerk.): . Szeged: Szegedi Középkortörténeti Könyvtár.
- Horváth, C. (2021): Szakony-Kavicsbánya cemetery from the age of the Hungarian conquest. *Ephemeris Hungarologica* 1(2): 289–314. <https://doi.org/10.53644/EH.2021.2.289>
- Hrdlička, A. (1920): Shovel-shaped teeth. *American Journal of Physical Anthropology* 3(4): 429–465. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330030403>
- Hrdlička, A. (1921): Further studies of tooth morphology. *American Journal of Physical Anthropology* 4(2): 141–176. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330040204>
- Hubbard, A. R. (2012): *An examination of population history, population structure, and biological distance among regional populations of the kenyan coast using genetic and dental data*. (Doktori értekezés). Ohio State University.
- Hubbard, A. R. – Guatelli-Steinberg, D. – Irish, J. D. (2015): Do nuclear DNA and dental nonmetric data produce similar reconstructions of regional population history? An example from modern coastal Kenya. *American Journal of Physical Anthropology* 157(2): 295–304. <https://doi.org/10.1002/ajpa.22714>
- Irish, J. D. – Morez, A. – Girdland Flink, L. – Phillips, E. L. W. – Scott, G. R. (2020): Do dental nonmetric traits actually work as proxies for neutral genomic data? Some answers from continental- and global-level analyses. *American Journal of Physical Anthropology* 172(3): 347–375. <https://doi.org/10.1002/ajpa.24052>
- Istvánovits, E. (2003): *A Rétköz honfoglalás és Árpád-kori emlékhelye*. Nyíregyháza: Jósza András Múzeum–Magyar Nemzeti Múzeum–Magyar Tudományos Akadémia Régészeti Intézete.
- Jacob, T. (1967): Racial Identification of the Bronze Age Human Dentitions from Bali, Indonesia. *Journal of Dental Research* 46(5): 903–910. <https://doi.org/10.1177/00220345670460054801>
- Jernvall, J. – Kettunen, P. – Karavanova, I. – Martinz, L. B. – Thesleff, I. (1994): Evidence for the role of the enamel knot as a control center in mammalian tooth cusp formation: non-dividing cells express growth stimulating Fgf-4 gene. *International Journal of Developmental Biology* 38: 463–469.
- Jørgensen, K. D. (1955): The Dryopithecus Pattern in Recent Danes and Dutchmen. *Journal of Dental Research* 34(2): 195–208. <https://doi.org/10.1177/00220345550340020601>
- Jørsboe, E. – Hanghøj, K. – Albrechtsen, A. (2017): fastNGSadmix: admixture proportions and principal component analysis of a single NGS sample. *Bioinformatics* 33(19): 3148–3150. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btx474>
- Jósza, A. (1914): Honfoglalás kori emlékek Szabolcsban. *Archaeologiai Értesítő* 34: 69–184; 303–340.

- Juhász, I. (2004): *Das awarenzeitliche Gräberfeld in Szarvas-Grexa-Téglagyár, FO 68*. Budapest: Magyar Nemzeti Múzeum–MTA Régészeti Intézet.
- Kachlík, D. – Varga, I. – Báča, V. – Musil, V. (2020): Variant Anatomy and Its Terminology. *Medicina* 56(713): 1–16. <https://doi.org/10.3390/medicina56120713>
- Kanazawa, E. – Sekikawa, M. – Kamiakito, Y. – Ozaki, T. (1989): Quantitative investigation on irregular cusps in lower permanent molars. *Nichidai koku kagaku. Nihon University Journal of Oral Science* 15(4): 450–456.
- Keene, H. J. (1968): The relationship between Carabelli's trait and the size, number and morphology of the maxillary molars. *Archives of Oral Biology* 13(8): 1023–1025. [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(68\)90018-6](https://doi.org/10.1016/0003-9969(68)90018-6)
- Kieser, J. A. (1990): *Human Adult Odontometrics*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511983610>
- Kimura, R. – Watanabe, C. – Kawaguchi, A. – Kim, Y.-I. – Park, S.-B. – Maki, K. – Ishida, H. – Yamaguchi, T. (2015): Common polymorphisms in WNT10A affect tooth morphology as well as hair shape. *Human Molecular Genetics* 24(9): 2673–2680. <https://doi.org/10.1093/hmg/ddv014>
- Kimura, R. – Yamaguchi, T. – Takeda, M. – Kondo, O. – Toma, T. – Haneji, K. – Hanihara, T. – Matsukusa, H. – Kawamura, S. – Maki, K. – Osawa, M. – Ishida, H. – Oota, H. (2009): A Common Variation in EDAR Is a Genetic Determinant of Shovel-Shaped Incisors. *The American Journal of Human Genetics* 85(4): 528–535. <https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2009.09.006>
- Kis, L. (2018): *Bioarchaeológiai adatok Sárrétudvari-Őrhalom és Sárrétudvari-Poroshalom 10. századi lelőhelyek társadalomrégészeti megítéléséhez* (Szakdolgozat). University of Szeged, Szeged.
- Kis, L. – Tihanyi, B. – Király, K. – Berthon, W. – Spekker, O. – Váradi, O. A. – Nagy, R. – Neparáczki, E. – Révész, L. – Szabó, Á. – Pálfi, Gy. – Bereczki, Zs. (2022): A previously undescribed cranial surgery technique in the Carpathian Basin 10th century CE. *International Journal of Osteoarchaeology* 32(2): 479–492. <https://doi.org/10.1002/oa.3082>
- Kiss, A. (1996): *Das awarenzeitlich gepidische Gräberfeld von Kölked-Feketekapu A*. Innsbruck: Universitätsverlag Wagner.
- Kiss, A. (2001): *Das awarenzeitliche Gräberfeld in Kölked-Feketekapu B I-II*. Budapest: Magyar Nemzeti Múzeum–MTA Régészeti Intézet.
- Kiss P., A. (2015): “...ut strenui viri...” *A gepidák Kárpát-medencei története. The History of the Gepids in the Carpathian Basin*. Szeged: Szegedi Középkorász Műhely-Szegedi Tudományegyetem Történelemtudományi Doktori Iskola.
- Kocsis-Savanya, G. (1993): *Ásatási leletekből származó maradandó frontfogak makromorfológiai fejlődési rendellenességeinek jellemzői és azok előfordulási gyakorisága* (Kandidátusi értekezés). Szeged.

- Kocsis-Savanya, G. (1994): Ásatási leletekből származó maradandó frontfogak makromorfológiai fejlődési rendellenességeinek jellemzői és azok előfordulási gyakorisága. *Antropológiai Közlemények* 36: 85–95.
- Kocsis-Savanya, G. (2000): Results of the paleostomatological researches. *Acta Biologica Szegediensis* 44(1–4): 109–122.
- Kocsis-Savanya, G. (2004): Az arc és a fogazat fejlődése és fejlődési rendellenességei. In Fazekas, A. (szerk.): *Fogászat*. Budapest: Medicina, 21–46.
- Kocsis-Savanya, G. (2011): *Odontológia*. Szeged: JATE Press.
- Kocsis-Savanya, G. – Marcsik, A. (1981): Zománcképződmények a VII-VIII. századból származó koponyák fogain. *Fogorvosi Szemle* 74: 89–93.
- Kocsis-Savanya, G. – Marcsik, A. (1983): Forms and Aetiology of the enamel formations in the cervical zone of teeth (Literary saummary). *Paleobios* 1(1–2): 53–58.
- Kocsis-Savanya, G. – Marcsik, A. – Kókai, E. L. – Kocsis, S. K. (2002): Supernumerary occlusal cusps on permanent human teeth. *Acta Biologica Szegediensis* 46(1–2): 71–82.
- Kolozsi, B. – Szabó, L. (2005): An avar settlement on the periphery of Hortobágy. In Hum, L. – Gulyás, S. – Sümegi, P. (szerk.): *Environmental historical studies from the Late Tertiary and Quaternary of Hungary*. Szeged: Department of Geology and Paleontology, University of Szeged , 175–189.
- Kolozsi, B. – Szabó, L. (2012) Avar falu a Hortobágy határán. In Liska, A. – Szatmári, I. (szerk.): *Sötét idők rejtélyei. 6-11. századi régészeti emlékek a Kárpát-medencében és környékén*. Békéscsaba: Békés Megyei Múzeumok Igazgatósága, 93–117.
- Koncz, I. (2015): 568–A historical date and its archaeological consequences. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 66(2): 315–340. <https://doi.org/10.1556/072.2015.66.2.4>
- Kondo, S. – Townsend, G. C. (2006): Associations between Carabelli trait and cusp areas in human permanent maxillary first molars. *American Journal of Physical Anthropology* 129(2): 196–203. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20271>
- Kovács, L. (1986): Honfoglalás kori sírok Nagytarcsán II: A homokbányai temetőrészlet. Adatok a nyéltámaszos balták, valamint a trapéz alakú kengyelek értékeléséhez. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* 93–121.
- Kovács, L. (2013): A Kárpát-medence honfoglalás és kora Árpád-kori szállási és falusi temetői. Kitekintéssel az előzményekre. Vázlat. In Révész, L. – Wolf, M. (szerk.): *A honfoglalás kor kutatásának legújabb eredményei. Tanulmányok Kovács László 70. születésnapjára*. Szeged: Szegedi Tudományegyetem Régészeti Tanszéke–Magyar Tudományos Akadémia–Magyar Őstörténeti Témacsoport–Martin Opitz Kiadó, 511–604.

- Kovács, L. (2019): *Magyarhomorog–Kónya-domb 10. századi szállási és 11–12. századi falusi temetője*. Szeged-Budapest: Szegedi Tudományegyetem Régészeti Tanszéke–Magyar Nemzeti Múzeum–Magyar Tudományos Akadémia Régészeti Intézete.
- Kovacsóczy, B. (2017): Alsónyék-Elkerülő út 2. lelőhely avar kori temetője I. *Wosinsky Mór Múzeum Évkönyve* 39: 95–233.
- Kovacsóczy, B. (2018): Alsónyék-Elkerülő út 2. lelőhely avar kori temetője II. *A Wosinsky Mór Múzeum Évkönyve* 40: 59–146.
- Kovacsóczy, B. (2019): Előkelő avar férfi sírja Szalkszentmárton határából. In Balogh, Cs. – Szentpéteri, J. – Wicker, E. (szerk.): *Hatalmi központok az Avar Kaganátusban*. Kecskemét: Katona József Múzeum, 69–96.
- Kovrig, I. (1963): *Das awarenzeitliche Gräberfeld von Alattyán*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Kőhegyi, M. (2002): Sükösd-Ságod. In Szentpéteri, J. (szerk.): *Archäologische Denkmäler der Awarenzeit in Mitteleuropa*. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia Régészeti Intézete, 332–333.
- Kőhegyi, M. – Marcsik, A. (1971): The Avar Age Cemetery at Sükösd. *Acta Antiqua et Archaeologica* 14: 87–94.
- Költő, L. – Szentpéteri, J. (1996) A Vörs-Papkert “B” lelőhely VIII–XI. századi temetője. In Költő, L. – Vándor, L. (szerk.): *Évezredek üzenete a láp világából. Régészeti kutatások a Kis-Balaton területén 1979–1992*. Kaposvár-Zalaegerszeg: Somogy Megyei Múzeumok Igazgatósága–Zala Megyei Múzeumok Igazgatósága, 115–121.
- Költő, L. – Szentpéteri, J. – Bernert, Zs. – Papp, I. (2014): Families, finds and generations: An interdisciplinary experiment at the early medieval cemetery of Vörs–Papkert B. In Heinrich-Tamáska, O. – Straub, P. (szerk.): *Mensch, Siedlung und Landschaft im Wechsel der Jahrtausende am Balaton. People, Settlement and Landscape on Lake Balaton over the millennia. Castellum Pannonicum Pelsonense (CPP4)*. Rahden: Verlag Marie Leidorf GmbH, 361–390.
- Kővári, I. – Szathmáry, L. (2003): A továbbélés megítélése az Ároktő, Csík-gát lelőhelyen feltárt 5–9. századi csontvázleletek alapján. *A Herman Ottó Múzeum Évkönyve* 42: 135–164.
- Kustár, Á. (1993): A tiszánánai honfoglaláskori temető embertani vizsgálata. *Anthropologiai Közlemények* 35: 119–140.
- Kustár, Á. (1996): A Karos I-II-III. honfoglalás kori temetők embertani vizsgálata. In Fodor, I. – Veres, L. – Viga, G. (szerk.): *A karosi honfoglalás kori temetők. Régészeti adatok a Felső-Tisza-vidék X. századi történetéhez*. Miskolc: Herman Ottó Múzeum–Magyar Nemzeti Múzeum, 395–456.
- Kuttler, Y. (1959): Classification of dentine into primary, secondary, and tertiary. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 12(8): 996–1001.

- Kürti, B. (1996): Honfoglaló magyar sírok Szeged-Csongrádi úton. In Pálfi, Gy. – Farkas, Gy. – Molnár, E. (szerk.): *Honfoglaló magyarság Árpád-kori magyarság. Antropológia-Régészet-Történelem*. Szeged: JATE Press, 59–64.
- Kürti, B. (1998): Az algyői temetőről röviden. Leletek és jelenségek előfordulási megoszlása a temető területén. *Múzeumi Kutatások Csongrád Megyében* 15–36.
- Kwon, H.-J. E. – Jiang, R. (2018): Development of Teeth. In *Reference Module in Biomedical Sciences*. Elsevier, 1–8.
- Langó, P. (2007): *Amit elrejt a föld... A 10. századi magyarság anyagi kultúrájának régészeti kutatása a Kárpát-medencében*. Budapest: L'Harmattan.
- Lantos, A. (2019): Kora avar sírok Dunavecseről – Early Avar burials from Dunavecse. In Balogh, Cs. – Szentpéteri, J. – Wicker, E. (szerk.): *Hatalmi központok az Avar Kaganátusban – Power centres of the Avar Khaganate*. Kecskemét: Kecskeméti Katona József Múzeum, 97–114.
- László, Gy. (1955): *Études archéologiques sur l'histoire de la société des Avars*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- László, Gy. (1956): Jegyzetek a Homokmégy-halomi késő avar temetőhöz (Függelék). *Anthropologiai Közlemények* 4(2): 43–46.
- Lazaridis, I. – Alpaslan-Roodenberg, S. – Acar, A. – Açıkkol, A. – Agelarakis, A. – Aghikyan, L. – Akyüz, U. – Andreeva, D. – Andrijašević, G. – Antonović, D. – Armit, I. – Atmaca, A. – Avetisyan, P. – Aytekin, A. İ. – Bacvarov, K. – Badalyan, R. – Bakardzhiev, S. – Balen, J. – Bejko, L. – Bernardos, R. – Bertsatos, A. – Biber, H. – Bilir, A. – Bodružić, M. – Bonogofsky, M. – Bonsall, C. – Borić, D. – Borovinić, N. – Bravo Morante, G. – Buttinger, K. – Callan, K. – Candilio, F. – Carić, M. – Cheronet, O. – Chohadzhiev, S. – Chovalopoulou, M.-E. – Chrysosoulaki, S. – Ciobanu, I. – Čondić, N. – Constantinescu, M. – Cristiani, E. – Culleton, B. J. – Curtis, E. – Davis, J. – Davtyan, R. – Demcenco, T. I. – Dergachev, V. – Derin, Z. – Deskaj, S. – Devezjan, S. – Djordjević, V. – Duffett Carlson, K. S. – Eccles, L. R. – Elenski, N. – Engin, A. – Erdoğan, N. – Erir-Pazarcı, S. – Fernandes, D. M. – Ferry, M. – Freilich, S. – Frînculeasa, A. – Galaty, M. L. – Gamarra, B. – Gasparyan, B. – Gaydarska, B. – Genç, E. – Gültekin, T. – Gündüz, S. – Hajdu, T. – Heyd, V. – Hobosyan, S. – Hovhannisyan, N. – Iliev, I. – Iliev, L. – Iliev, S. – İvgin, İ. – Janković, I. – Jovanova, L. – Karkanias, P. – Kavaz-Kındıgılı, B. – Kaya, E. H. – Keating, D. – Kennett, D. J. – Deniz Kesici, S. – Khudaverdyan, A. – Kiss, K. – Kılıç, S. – Klostermann, P. – Kostak Boca Negra Valdes, S. – Kovačević, S. – Krenz-Niedbala, M. – Krznarić Škrivanko, M. – Kurti, R. – Kuzman, P. – Lawson, A. M. – Lazar, C. – Leshtakov, K. – ... Reich, D. (2022): The genetic history of the Southern Arc: A bridge between West Asia and Europe. *Science* 377(6609). <https://doi.org/10.1126/science.abm4247>
- Lazaridis, I. – Patterson, N. – Mittnik, A. – Renaud, G. – Mallick, S. – Kirsanow, K. – Sudmant, P. H. – Schraiber, J. G. – Castellano, S. – Lipson, M. – Berger, B. – Economou, C. – Bollongino, R. – Fu, Q. – Bos, K. I. – Nordenfelt, S. – Li, H. – de Filippo, C. – Prüfer, K. – Sawyer, S. – Posth, C. – Haak, W. – Hallgren, F. – Fornander, E. – Rohland, N. – Delsate, D. – Francken, M. – Guinet, J.-M. – Wahl, J. – Ayodo, G.

- Babiker, H. A. – Bailliet, G. – Balanovska, E. – Balanovsky, O. – Barrantes, R. – Bedoya, G. – Ben-Ami, H. – Bene, J. – Berrada, F. – Bravi, C. M. – Brisighelli, F. – Busby, G. B. J. – Cali, F. – Churnosov, M. – Cole, D. E. C. – Corach, D. – Damba, L. – van Driem, G. – Dryomov, S. – Dugoujon, J.-M. – Fedorova, S. A. – Gallego Romero, I. – Gubina, M. – Hammer, M. – Henn, B. M. – Hervig, T. – Hodoglugil, U. – Jha, A. R. – Karachanak-Yankova, S. – Khusainova, R. – Khusnutdinova, E. – Kittles, R. – Kivisild, T. – Klitz, W. – Kučinskas, V. – Kushniarevich, A. – Laredj, L. – Litvinov, S. – Loukidis, T. – Mahley, R. W. – Melegh, B. – Metspalu, E. – Molina, J. – Mountain, J. – Näkkäläjärvi, K. – Nesheva, D. – Nyambo, T. – Osipova, L. – Parik, J. – Platonov, F. – Posukh, O. – Romano, V. – Rothhammer, F. – Rudan, I. – Ruizbakiev, R. – Sahakyan, H. – Sajantila, A. – Salas, A. – Starikovskaya, E. B. – Tarekegn, A. – Toncheva, D. – Turdikulova, S. – Uktveryte, I. – Utevska, O. – Vasquez, R. – Villena, M. – Voevoda, M. – ... Krause, J. (2014): Ancient human genomes suggest three ancestral populations for present-day Europeans. *Nature* 513(7518): 409–413. <https://doi.org/10.1038/nature13673>
- Leamy, L. (1986): Directional selection and developmental stability: evidence from fluctuating asymmetry of dental characters in mice. *Heredity* 57(3): 381–388. <https://doi.org/10.1038/hdy.1986.137>
- Lenkey, Zs. – Szathmáry, L. – Csóri, Z. – János, I. – Csoma, E. – Medveczky, Z. – Holló, G. (2008): Tizenöt 8-13. századi népesség kraniológiai elemzése. In Szathmáry, L. (szerk.): *Árpád előtt- Árpád után. Antropológiai vizsgálatok az Alföld I-XIII. századi csontvázletein*. Szeged: JATE Press, 27–40.
- Lezsák, G. (2009): A kunszállási avarok temetkezési szokásai. In Somogyvári, Á. – V. Székely, G. (szerk.): *In terra quondam Avarorum...* "Ünnepi tanulmányok H. Tóth Elvira 80. születésnapjára. Kecskemét: Katona József Múzeum, 145–164.
- Lipták, P. (1952): New Hungarian Skeletal Remains of the 10th Century from the Danube-Tisza Plain. *Annales Historico-Naturales Musei Naturalis Hungarici* 3: 177–287.
- Lipták, P. (1956a): Contributions à l'anthropologie des temps avars de la région de Kiskőrös. *Crania Hungarica* 1(2): 47–52.
- Lipták, P. (1956b): Homokmégy-Halom avarkori népessége. *Anthropológiai Közlemények* 4(2): 25–42.
- Lipták, P. (1957): Awaren und Magyaren im Donau-Theiss Zwischenst romgebiet. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 8: 199–268.
- Lipták, P. (1959): Embertan és történeti embertan. *Anthropológiai Közlemények* 3: 111–120.
- Lipták, P. (1963): Historisch-antropologische Auswertung der im Awarenzeitlichen Gräberfeld von Alattyán erschlossenen Skelettreste. In *Das awarenzeitliche Gräberfeld von Alattyán*. Kovrig, Ilona. Budapest: Akadémiai Kiadó, 245–258.
- Lipták, P. (1965): On the taxonomic method in Paleoanthropology (historical anthropology). *Acta biologica* 11(1–4): 169–183.
- Lipták, P. (1983): *Avars and Ancient Hungarians*. Budapest: Akadémiai Kiadó.

- Lipták, P. – Marcsik, A. (1966): Szeged-Kundomb avar kori népességének embertani vizsgálata. *Anthropologiai Közlemények* 10: 13–56.
- Lipták, P. – Marcsik, A. (1976): A Madaras-Téglavető avar temető csontvázmaradványainak embertani jellemzése. *Cumania* 4: 115–140.
- Lipták, P. – Vámos, K. (1969): A „Fehértó-A” megnevezésű avar kori temető csontvázanyagának embertani vizsgálata. *Anthropologiai Közlemények* 13(1–2): 3–30.
- Lipták, P. – Varga, I. (1974): Characterisierung des Anthropologischen Materials des Awarischen Gräberfeldes von Kunszállás. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve 1971/2* 71–83.
- Lotterhof, E. (1973): The Anthropological Investigation of the Tenth Century Population Excavated at Nagytarcsa. *Anthropologica Hungarica* 12: 41–62.
- Lovejoy, C. O. (1985): Dental wear in the Libben population: Its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age at death. *American Journal of Physical Anthropology* 68(1): 47–56. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330680105>
- Lőrinczy, G. (1985): Szegvár–Szőlőkalja X. századi temetője. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* 141–162.
- Lőrinczy, G. (1992): Vorläufiger Bericht über die Freilegung des Gräberfeldes aus dem 6–7. Jh. in Szegvár-Oromdülő. Weitere Daten zur Interpretierung und Bewertung der partiellen Tierbestattungen in der frühen Awarenzeit. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* 81–124.
- Lőrinczy, G. (1995): Fülkesírok a Szegvár-oromdülői kora avar kori temetőből. Néhány megjegyzés a fülkesíros temetkezések változatairól, kronológiájáról és területi elhelyezkedéséről. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve – Studia Archaeologia* 1: 399–416.
- Lukacs, J. R. (2007): Dental trauma and antemortem tooth loss in prehistoric Canary Islanders: prevalence and contributing factors. *International Journal of Osteoarchaeology* 17(2): 157–173. <https://doi.org/10.1002/oa.864>
- Lumsden, A. G. (1979): Pattern formation in the lower molar dentition of the mouse. *Journal de Biologie Buccale* 7(1): 77–103.
- M. Nepper, I. (1982): A Kaba-bitózugai avar temető. *Communicationes Archaeologicae Hungariae* 93–123.
- M. Nepper, I. (2002): *Hajdú-Bihar megye 10–11. századi sírleletei I–II*. Budapest–Debrecen: Déri Múzeum–Magyar Nemzeti Múzeum–Magyar Tudományos Akadémia Régészeti Intézete.
- Maczel, M. – Kocsis-Savanya, G. – Marcsik, A. – Molnár, E. (1998): Dental disease in the Hungarian conquest period. *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris* 10(3): 457–470. <https://doi.org/10.3406/bmsap.1998.2530>

- Madaras, L. (1995): *The Szeged-Fehértó „A” and „B” cemeteries*. Debrecen-Budapest: Kossuth Lajos Tudományegyetem Néprajzi Tanszék Ethnica Alapítványa.
- Mallick, S. – Micco, A. – Mah, M. – Ringbauer, H. – Lazaridis, I. – Olalde, I. – Patterson, N. – Reich, D. (2023): The Allen Ancient DNA Resource (AADR): A curated compendium of ancient human genomes. *bioRxiv* 2023.04.06.535797. <https://doi.org/10.1101/2023.04.06.535797>
- Mann, R. W. – Hunt, D. R. – Lozanoff, S. (2016): *Photographic Regional Atlas of Non-Metric Traits and Anatomical Variants in the Human Skeleton*. 3. kiadás. Springfield, Illinois: Charles C Thomas, Publisher, LTD.
- Marado, L. M. – Silva, A. M. – Irish, J. D. (2017): Fluctuating asymmetry in dental and mandibular nonmetric traits as evidence for childcare sex bias in 19th/20th century Portugal. *HOMO* 68(1): 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2016.12.003>
- Marcsik, A. (1971): A mélykúti avar kori temető embertani leleteinek vizsgálata. *Anthropologiai Közlemények* 15(2): 87–95.
- Marcsik, A. (1997): Szegvár-Oromdűlő 10. és 11. századi embertani leleteinek vizsgálata. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve– Studia Archaeologica* 3: 287–322.
- Marcsik, A. (2009): A kunpeszéri avar kori széria humán csontanyagának feldolgozása (Felsőpeszéri út-Homokbánya) – Human bone material of the Avarian Age series from Kunpeszér (Felsőpeszéri út-Homokbánya). In Somogyvári, Á. – V. Székely, G. (szerk.): *„In terra quondam Avarorum...” Ünnepi tanulmányok H. Tóth Elvira 80. születésnapjára*. Kecskemét: Bács-Kiskun Megyei Önkormányzat Katona József Múzeuma, 175–190.
- Marcsik, A. (2010): Felgyő, Ürmös-tanya avar kori temető humán csontvázmaradványai - The Human Skeletal Remains from the Avar Cemetery at Felgyő. In Balogh, Cs. – P. Fischl, K. (szerk.): *Felgyő, Ürmös-tanya. Bronzkori és avar kori leletek László Gyula felgyői ásatásának anyagában*. Szeged: Móra Ferenc Múzeum, 383–391.
- Marcsik, A. (2011): Szeged-Kiskundorozsma, Hosszúhát és Kistelek M5 57. (27/71) lelőhelyen feltárt humán csontvázanyag. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve– Studia Archaeologica* 12: 493–504.
- Marcsik, A. (2015): Embertani adatok a Maros-torokkal szembeni mikrorégió 10. századi történetéhez. In Türk, A. – Lőrinczy, G. – Marcsik, A. (szerk.): *Régészeti és Természettudományi Adatok a Maros-torkolat nyugati oldalának 10. századi történetéhez*. Budapest: Archaeolingua, 433–464.
- Marcsik, A. – Balázs, J. – Hajdu, T. – Molnár, E. – Szeniczey, T. (2019): A Magyarhomorog-Kónya-dombi 10. és 11-12. századi temető embertani anyaga. In Kovács, L. (szerk.): *Magyarhomorog-Kónya-domb 10. századi szállási és 11–12. századi falusi temetője*. Szeged-Budapest: Szegedi Tudományegyetem Régészeti Tanszéke–Magyar Nemzeti Múzeum–Magyar Tudományos Akadémia Régészeti Intézete, 557–610.

- Marcsik, A. – Balázs, J. – Molnár, E. (2011): Zománc hypoplasia megjelenése és kronológiai eloszlása egy avar kori széria embertani leletein. *Folia Anthropologica* 10: 93–98.
- Marcsik, A. – Balázs, J. – Molnár, E. (2016a): Anthropological analysis of an Avar age cemetery from the Duna-Tisza interfluve (Hajós-Cifrahegy). In Gál, S. S. (szerk.): *The Talking Dead. New Results from Central and Eastern European Osteoarchaeology*. Cluj-Napoca: Mega Publishing House, 65–78.
- Marcsik, A. – Bereczki, Zs. – Molnár, E. (2016b): Homokmégy-Székes 10-11. századi temető csontvázanyagának vizsgálata. In Gallina, Zs. – Varga, S. (szerk.): *A Duna-Tisza közének honfoglalás és kora Árpád-kori temetői, sír- és kincsleletei I. A Kalocsai Sárköz a 10–11. században*. Szeged-Budapest: Szegedi Tudományegyetem Régészeti Tanszéke–Magyar Tudományos Akadémia Régészeti Intézete–Magyar Nemzeti Múzeum–Viski Károly Múzeum, 179–207.
- Marcsik, A. – Just, Zs. – Szalai, F. (2015): Honfoglalás kori csontmaradványok a Duna-Tisza köze déli területéről (Szeged-Algyő, Sándorfalva-Eperjes). In Türk, A. – Lőrinczy, G. – Marcsik, A. (szerk.): *Régészeti és Természettudományi Adatok a Marostorkolat nyugati oldalának 10. századi történetéhez*. Budapest: Archaeolingua, 377–418.
- Marcsik, A. – Kocsis-Savanya, G. (1984): Kettős gyökerű alsó caninus gyakoriságáról és filogenetikai előzményeiről. *Anthropologiai Közlemények* 28: 97–106.
- Marcsik, A. – Kocsis-Savanya, G. (2002): Fogak alaki anomáliái a 8. századból (Balmazújváros-Hortobágy-Árkus). *Anthropologiai Közlemények* 43: 39–46.
- Marcsik, A. – Molnár, E. (2019): A Duna-Tisza köze avar korának biológiai rekonstrukciójáról - The biological reconstruction of the Avar period in the Danube-Tisza interfluve. In Balogh, Cs. – Szentpéteri, J. – Wicker, E. (szerk.): *Hatalmi központok az Avar Kaganátusban – Power centres of the Avar Khaganate*. Kecskemét: Kecskeméti Katona József Múzeum, 421–432.
- Marcsik, A. – Molnár, E. – Ósz, B. – Donoghue, H. – Zink, A. – Pálfi, Gy. (2009): Adatok a lepra, tuberculosis és syphilis magyarországi paleopatológiájához. *Folia Anthropologica* 8: 5–34.
- Marcsik, A. – Szalai, F. (1995): Néhány megjegyzés a fülkés sírokban eltemetett egyének embertani arculatáról. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve – Studia Archaeologica* 1: 453–458.
- Marcsik, A. – Varga, S. (2017): Az Apátfalva-Nagyút-dűlőn feltárt avar kori temetkezések antropológiai adatainak összefoglalása. In T. Gábor, Sz. – Czukor, P. (szerk.): *Út(on) a kultúrák földjén. Az M43-as autópálya Szeged–országhatár közötti szakasz régészeti feltárásai és a hozzá kapcsolódó vizsgálatok*. Szeged: Móra Ferenc Múzeum, 479–487.
- Maróti, Z. – Neparáczi, E. – Schütz, O. – Maár, K. – Varga, G. I. B. – Kovács, B. – Kalmár, T. – Nyerki, E. – Nagy, I. – Latinovics, D. – Tihanyi, B. – Marcsik, A. – Pálfi, Gy. – Bernert, Zs. – Gallina, Zs. – Horváth, C. – Varga, S. – Költő, L. – Raskó, I. – Nagy, P.

- L. – Balogh, Cs. – Zink, A. – Maixner, F. – Götherström, A. – George, R. – Szalontai, Cs. – Szenthe, G. – Gáll, E. – Kiss, A. P. – Gulyás, B. – Kovacsóczy, B. Ny. – Gál, S. S. – Tomka, P. – Török, T. (2022): The genetic origin of Huns, Avars, and conquering Hungarians. *Current Biology* 32(13): 2858-2870.e7. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.04.093>
- Masters, D. H. – Hoskins, S. W. (1964): Projection of Cervical Enamel into Molar Furcations. *Journal of Periodontology* 35(1): 49–53. <https://doi.org/10.1902/jop.1964.35.1.49>
- Mayhall, J. T. – Saunders, S. R. (1986): Dimensional and discrete dental trait asymmetry relationships. *American Journal of Physical Anthropology* 69(3): 403–411. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330690311>
- McCollum, M. A. – Sharpe, P. T. (2001): Developmental genetics and early hominid craniodental evolution. *BioEssays* 23(6): 481–493.
- Minozzi, S. – Manzi, G. – Ricci, F. – di Lernia, S. – Borgognini Tarli, S. M. (2003): Nonalimentary tooth use in prehistory: An example from early Holocene in Central Sahara (Uan Muhuggiag, Tadrart Acacus, Libya). *American Journal of Physical Anthropology* 120(3): 225–232. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10161>
- Mitsiadis, T. A. – Smith, M. M. (2006): How Do Genes Make Teeth to Order Through Development? *The Journal of Experimental Zoology (Molecular and Developmental Evolution)* 306B (3): 177–183. <https://doi.org/10.1002/jez.b.21104>
- Mizoguchi, Y. (1988): Genetic variability of left–right asymmetries and mirror imagery in nonmetric tooth crown characters. *Bulletin of the National Science Museum Series D* 14: 29–49.
- Mizoguchi, Y. (1989): Genetic variability of left–right asymmetries and mirror imagery in nonmetric tooth crown characters. *Bulletin of the National Science Museum Series D* 15: 49–61.
- Molnár, E. (2017) Pitvaros-Víztározó avar kori temető emebertani vizsgálatának eredményei. In Bende, L. (szerk.): *Temetkezési szokások a Körös–Tisza–Maros közén az avar kor második felében*. Budapest: Pázmány Péter Katolikus Egyetem Bölcsészeti és Társadalomtudományi Kar Régészeti Intézet, 505–532.
- Molnár, E. – Horváth, G. (1995) Developmental anomalies of the teeth in historic skeletal samples. In Radlanski, R. J. – Renz, H. (szerk.): *Proceedings of the 10th International Symposium on Dental Morphology*. Berlin: „M” Marketing Services C. & M. Brünne GbR, 377–385.
- Molnár, E. – Marcsik, A. (2003): Paleopatológiai elváltozások egy avar kori széria (Szarvas 68. lelőhely) embertani anyagában. *A Békés Megyei Múzeumok Közleményei* 24–25: 411–428.
- Moorrees, C. F. A. – Fanning, E. A. – Hunt, E. E. jr (1963): Age Variation of Formation Stages for Ten Permanent Teeth. *Journal of Dental Research* 42(6): 1490–1502.

- Mühlreiter, E. (1870): *Anatomie des menschlichen Gebisses*. 1. kiadás. Leipzig: Verlag von Arthur Felix.
- Nagy, Á. (1970): Visonta-Nagycsapás. *Régészeti Füzetek I.* 23(1969): 56.
- Nagy, M. (1998): *Awarenzeitliche Gräberfelder im Stadtgebiet von Budapest*. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia Régészeti Intézete.
- Nemeskéri, J. (1955): Étude anthropologique des squelettes du clan princier avar découverts au cimetière de Kiskőrös-Vágóhid. In *Étude archéologiques sur l'histoire de la société des Avars*. Budapest: Akadémiai Kiadó, 189–210.
- Németh, A. – L. Kiss, A. (2006): Tápcsatorna. In Röhlich, P. (szerk.): *Szövektan.* 3. kiadás. Budapest: Semmelweis Kiadó.
- Nichol, C. R. – Turner, C. G. II. (1986): Intra- and interobserver concordance in classifying dental morphology. *American Journal of Physical Anthropology* 69(3): 299–315. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330690303>
- Nikita, E. (2017): *Osteoarchaeology. A Guide to the Macroscopic Study of Human Skeletal Remains*. 1. kiadás. Amsterdam–Boston–Heidelberg–London–New York–Oxford–Paris–San Diego–San Francisco–Singapore–Sydney–Tokyo: Elsevier Academic Press.
- Noss, J. F. – Scott, G. R. – Potter, R. H. Y. – Dahlberg, A. A. (1983): Fluctuating asymmetry in molar dimensions and discrete morphological traits in Pima Indians. *American Journal of Physical Anthropology* 61(4): 437–445. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330610406>
- Oláh, S. (1990): *Sárrétudvari–Hízófold honfoglalás kori temetőjének történeti embertani értékelése*. (Doktori értekezés). József Attila Tudományegyetem, Szeged, Doktori értekezés.
- Osborn, H. F. (1907): *Evolution of mammalian molar teeth to and from the triangular type including collected and revised researches trituberculy and new sections on the forms and homologies of the molar teeth in the different orders of mammals*. New York: The Macmillian Company.
- Osborn, H. F. (1988): The Evolution of Mammalian Molars To and From the Tritubercular Type. *The American Naturalist* 22(264): 1067–1079.
- Osborn, J. W. (1978) Morphogenetic gradients: fields versus clones. In Butler, P. M. – Joysey, K. A. (szerk.): *Development, function and evolution of teeth*. London: Academic Press, 171–201.
- Pálfi, Gy. – Marcsik, A. – Oláh, S. – Farkas, Gy. – Olivier Dutour (1996): Sárrétudvari–Hízófold honfoglaláskori széria paleopatológiája. In Pálfi Gy. – Farkas L. Gy. – Molnár E. (szerk.): *Honfoglaló magyarság, Árpád kori magyarság*. Szeged: JATE Embertani Tanszéke, 213–234.
- Párducz, M. (1963): *Die ethnischen Probleme der Hunnenzeit in Ungarn*. Budapest: Akadémiai Kiadó.

- Park, J.-H. – Yamaguchi, T. – Watanabe, C. – Kawaguchi, A. – Haneji, K. – Takeda, M. – Kim, Y.-I. – Tomoyasu, Y. – Watanabe, M. – Oota, H. – Hanihara, T. – Ishida, H. – Maki, K. – Park, S.-B. – Kimura, R. (2012): Effects of an Asian-specific nonsynonymous EDAR variant on multiple dental traits. *Journal of Human Genetics* 57(8): 508–514. <https://doi.org/10.1038/jhg.2012.60>
- Paul, K. S. – Stojanowski, C. M. – Hughes, T. E. – Brook, A. H. – Townsend, G. C. (2020): Patterns of heritability across the human diphyodont dental complex: Crown morphology of Australian twins and families. *American Journal of Physical Anthropology* 172(3): 447–461. <https://doi.org/10.1002/ajpa.24019>
- Pedersen, P. O. (1949): The East Greenland Eskimo Dentition. Numerical Variations And Anatomy. *Meddelelser om Grønland* 142(3): 1–244.
- Pedersen, P. O. – Thyssen, H. (1942): Den cervicale Emaljernds Forløb hos Eskimoer. *Odontol. Tidsskr.* 50 444–492.
- Pfeiffer, S. (1979): The relationship of buccal pits to caries formation and tooth loss. *American Journal of Physical Anthropology* 50(1): 35–37. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330500106>
- Piccirilli, E. – Sorrentino, R. – Lugli, F. – Bortolini, E. – Silvestrini, S. – Cavazzuti, C. – Conti, S. – Czifra, S. – Gyenesei, K. – Köhler, K. – Tankó, K. – Vazzana, A. – Jerem, E. – Cipriani, A. – Gottarelli, A. – Belcastro, M. G. – Hajdu, T. – Benazzi, S. (2023): New insights on Celtic migration in Hungary and Italy through the analysis of non-metric dental traits. *PLOS ONE* 18(10): e0293090. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293090>
- Pickford, M. (1985): A new look at Kenyapithecus based on recent discoveries in Western Kenya. *Journal of Human Evolution* 14(2): 113–143. [https://doi.org/10.1016/S0047-2484\(85\)80002-6](https://doi.org/10.1016/S0047-2484(85)80002-6)
- Pilloud, M. A. – Kenessey, D. E. – Vlemincq-Mendieta, T. – Scott, G. R. – Philbin, C. S. (2022): *Dentabase User Manual v2.3*. Reno: University of Nevada.
- Pilloud, M. A. – Maier, C. – Scott, G. R. – Edgar, H. J. H. (2018): Molar crenulation trait definition and variation in modern human populations. *HOMO* 69(3): 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2018.06.001>
- Pohl, W. (2018): *The Avars. A Steppe Empire in Central Europe*. Ithaca–London: Cornell University Press.
- Prashanth, M. B. – Khandelwal, A. (2012): Endodontic Management of Three Rooted, Four Canalled Mandibular First Molar (Radix Entomolaris): A Case Report. *Journal of Pierre Fauchard Academy (India Section)* 26(2): 86–88. [https://doi.org/10.1016/S0970-2199\(12\)62008-6](https://doi.org/10.1016/S0970-2199(12)62008-6)
- Priskin, A. – Szeverényi, V. – Hága, T. – Szabó, L. – Mester, P. – Cserpák-Laczi, O. (2021) Derecske, Bikás-dűlő (61790). In Kolozsi, B. – Nagy, E. G. – Priskin, A. (szerk.): *Sztrádaörökség. Válogatás az M35-ös és M4-es autópálya régészeti feltárásaiból*. Debrecen: Déri Múzeum Régészeti Tár, 80–89.

- R Core Team (2021): R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria. Elérhető: <https://www.R-project.org/>
- Rácz, Zs. (1999): A madaras-téglavetői avar temető (Kőhegyi Mihály ásatása 1959–62) – Das awarische Gräberfeld von Madaras-Téglavető (Ausgrabungen von Mihály Kőhegyi 1959–62). *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve – Studia Archaeologica* 5 347–395.
- Raffone, C. – Baeta, M. – Lambacher, N. – Granizo-Rodríguez, E. – Etxeberria, F. – de Pancorbo, M. M. (2021): Intrinsic and extrinsic factors that may influence DNA preservation in skeletal remains: A review. *Forensic Science International* 325: 110859. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.110859>
- Rathmann, H. – Reyes-Centeno, H. (2020): Testing the utility of dental morphological trait combinations for inferring human neutral genetic variation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117(20): 10769–10777. <https://doi.org/10.1073/pnas.1914330117>
- Rathmann, H. – Reyes-Centeno, H. – Ghirotto, S. – Creanza, N. – Hanihara, T. – Harvati, K. (2017): Reconstructing human population history from dental phenotypes. *Scientific Reports* 7(1): 12495. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12621-y>
- Révész, L. (1996): *A karosi honfoglalás kori temetők. Régészeti adatok a Felső-Tisza-vidék X. századi történetéhez*. Miskolc: Herman Ottó Múzeum–Magyar Nemzeti Múzeum.
- Révész, L. (2008): *Heves megye 10–11. századi temetői*. Budapest: Magyar Nemzeti Múzeum–Magyar Tudományos Akadémia Régészeti Intézete.
- Révész, L. (2014): *The Era of the Hungarian Conquest*. Budapest: Hungarian National Museum.
- Révész, L. (2020): *A 10–11. századi temetők regionális jellemzői a Keleti-Kárpátoktól a Dunáig*. Szeged. Budapest: Szegedi Tudományegyetem Régészeti Tanszéke–Magyar Tudományos Akadémia Régészeti Intézete. Magyar Nemzeti Múzeum. Martin Opitz Kiadó.
- Révész, L. (2021): A dinamikus 10. század a régészeti leletek tükrében a Kárpát-medencében. The Dynamism of the 10th Century in the Carpathian Basin as Reflected by the Archaeological Finds. *Magyar Tudomány* 182(S1). <https://doi.org/10.1556/2065.182.2021.S1.15>
- Rhine, S. (1993): Skeletal Criteria for Racial Attribution. *NAPA Bulletin* 13(1): 54–67. <https://doi.org/10.1525/napa.1993.13.1.54>
- Risnes, S. (1974): The prevalence and distribution of cervical enamel projections reaching into the bifurcation on human molars. *European Journal of Oral Sciences* 82(6): 413–419. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1974.tb00395.x>
- Rivollat, M. – Rohrlach, A. B. – Ringbauer, H. – Childebayeva, A. – Mendisco, F. – Barquera, R. – Szolek, A. – Le Roy, M. – Colleran, H. – Tuke, J. – Aron, F. – Pemonge, M.-H. – Späth, E. – Télouk, P. – Rey, L. – Goude, G. – Balter, V. – Krause, J. – Rottier, S. – Deguilloux, M.-F. – Haak, W. (2023): Extensive pedigrees reveal the social

- organization of a Neolithic community. *Nature* 620(7974): 600–606.
<https://doi.org/10.1038/s41586-023-06350-8>
- Roseman, C. C. (2004): Detecting interregionally diversifying natural selection on modern human cranial form by using matched molecular and morphometric data. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101(35): 12824–12829.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0402637101>
- Sadler, T. W. (2019): *Langman's Medical Embryology*. 14. kiadás. Tokyo: Wolters Kluwer.
- Salamon, Á. (1995): The Szeged-Makkoserdő cemetery. In Kovrig, I. – Madaras, L. (szerk.): *Das Awarische Corpus. Avar Corpus Füzetek*. Debrecen-Budapest: Kossuth Lajos Tudományegyetem Néprajzi Tanszék Ethnica Alapítványa, 109–207.
- Salamon, Á. – Cs. Sebestyén, K. (1995): The Szeged-Kundomb Cemetery. In Kovrig, I. – Madaras, L. (szerk.): *Das Awarische Corpus. Avar Corpus Füzetek*. Debrecen-Budapest: Kossuth Lajos Tudományegyetem Néprajzi Tanszék Ethnica Alapítványa, 8–109.
- Samu, A. – Szalontai, Cs. (2017): Az avar kori sírablásokról három kiskundorozsmai temető kapcsán. In Türk, A. – Balogh, C. – Major, B. (szerk.): *Hadak útján XXIV. A népvándorláskor fiatal kutatóinak XXIV. konferenciája Esztergom, 2014. november 4-6*. Budapest-Esztergom: Archaeolingua, 763–811.
- Saunders, S. R. – Rainey, D. L. (2008): Nonmetric Trait Variation in the Skeleton: Abnormalities, Anomalies, and Atavisms. In Katzenberg, M. A. – Saunders, S. R. (szerk.): *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 533–559.
- Sawyer, S. – Renaud, G. – Viola, B. – Hublin, J.-J. – Gansauge, M.-T. – Shunkov, M. V. – Derevianko, A. P. – Prüfer, K. – Kelso, J. – Pääbo, S. (2015): Nuclear and mitochondrial DNA sequences from two Denisovan individuals. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(51): 15696–15700.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1519905112>
- Scheuer, L. – Black, S. (2004): *The Juvenile Skeleton*. 1. kiadás. Amsterdam–Boston–Heidelberg–London–New York–Oxford–Paris–San Diego–San Francisco–Singapore–Sydney–Tokyo: Elsevier Academic Press.
- Schranz, D. – Huszár, G. (1954): Az őskori ember fogbetegségei. *Fogorvosi Szemle* 47: 218–226.
- Schulz, P. D. (1977): Task activity and anterior tooth grooving in prehistoric California Indians. *American Journal of Physical Anthropology* 46(1): 87–91.
<https://doi.org/10.1002/ajpa.1330460112>
- Scott, G. R. (1977a): Classification, Sex Dimorphism, Association, and Population Variation of the Canine Distal Accessory Ridge. *Human Biology* 49(3): 453–469.
- Scott, G. R. (1977b): Interaction Between Shoveling of the Maxillary and Mandibular Incisors. *Journal of Dental Research* 56(11): 1423–1423.
<https://doi.org/10.1177/00220345770560112701>

- Scott, G. R. (1979): Association Between the Hypocone and Carabelli's Trait of the Maxillary Molars. *Journal of Dental Research* 58(4): 1403–1404. <https://doi.org/10.1177/00220345790580041701>
- Scott, G. R. (1980): Population Variation of Carabelli's Trait. *Human Biology* 52(1): 63–78.
- Scott, G. R. – Dahlberg, A. A. (1982) Microdifferentiation in tooth crown morphology among Indians of the American Southwest. In Kurtén, B. (szerk.): *Teeth: Form, Function and Evolution*. New York: Columbia University Press, 259–291.
- Scott, G. R. – Dern, L. L. – Evinger, S. – O'Rourke, D. H. – Hoffecker, J. F. (2022): Multiple occurrences of the rare Uto-Aztecan premolar variant in Hungary point to ancient ties between populations of western Eurasia and the Americas. *International Journal of Osteoarchaeology* 32(5): 1096–1104. <https://doi.org/10.1002/oa.3135>
- Scott, G. R. – Dern, L. L. – Pastore, A. J. – Sullivan, M. R. – Nesbitt, H. – O'Rourke, D. H. – Irish, J. D. – Hoffecker, J. F. (2023): World variation in three-rooted lower second molars and implications for the hominin fossil record. *Journal of Human Evolution* 177: 103327. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2023.103327>
- Scott, G. R. – Irish, J. D. (2017): *Human Tooth Crown and Root Morphology The Arizona State University Dental Anthropology System*. 1. kiadás. Cambridge: Cambridge University Press.
- Scott, G. R. – O'Rourke, D. H. – Raff, J. A. – Tackney, J. C. – Hlusko, L. J. – Elias, S. A. – Bourgeon, L. – Potapova, O. – Pavlova, E. – Pitulko, V. – Hoffecker, J. F. (2021): Peopling the Americas: Not “Out of Japan”. *PaleoAmerica* 7(4): 309–332. <https://doi.org/10.1080/20555563.2021.1940440>
- Scott, G. R. – Pilloud, M. – Navega, D. – Coelho, J. – Cunha, E. – Irish, J. (2018b): rASUDAS: A New Web-Based Application for Estimating Ancestry from Tooth Morphology. *Forensic Anthropology* 1(1): 18–31. <https://doi.org/10.5744/fa.2018.0003>
- Scott, G. R. – Ruth, B. J. (2008): Tooth-Tool Use and Yarn Production in Norse Greenland. *Alaska Journal of Anthropology* 6(1–2): 253–264.
- Scott, G. R. – Turner, C. G. II. – Townsend, G. C. – Martínón-Torres, M. (2018a): *The Anthropology of Modern Human Teeth Dental Morphology and its Variation in Recent and Fossil Homo sapiens*. 2. kiadás. Cambridge: Cambridge University Press.
- Scott, G. R. – Winn, J. R. (2011): Dental chipping: Contrasting patterns of microtrauma in Inuit and European populations. *International Journal of Osteoarchaeology* 21(6): 723–731. <https://doi.org/10.1002/oa.1184>
- Sharpe, P. T. (1995): Homeobox Genes and Orofacial Development. *Connective Tissue Research* 32(1–4): 17–25.
- Siegel, M. I. – Doyle, W. J. (1975): The differential effects of prenatal and postnatal audiogenic stress on fluctuating dental asymmetry. *Journal of Experimental Zoology* 191(2): 211–214. <https://doi.org/10.1002/jez.1401910208>

- Siegel, M. I. – Doyle, W. J. – Kelley, C. (1977): Heat stress, fluctuating asymmetry and prenatal selection in the laboratory rat. *American Journal of Physical Anthropology* 46(1): 121–126. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330460115>
- Simpson, S. W. – Kleinsasser, L. – Quade, J. – Levin, N. E. – McIntosh, W. C. – Dunbar, N. – Semaw, S. – Rogers, M. J. (2015): Late Miocene hominin teeth from the Gona Paleoanthropological Research Project area, Afar, Ethiopia. *Journal of Human Evolution* 81: 68–82. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2014.07.004>
- Skinner, M. M. – Wood, B. A. – Hublin, J.-J. (2009): Protostylid expression at the enamel-dentine junction and enamel surface of mandibular molars of *Paranthropus robustus* and *Australopithecus africanus*. *Journal of Human Evolution* 56(1): 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2008.08.021>
- Smith-Guzmán, N. E. – Rivera-Sandoval, J. – Knipper, C. – Sánchez Arias, G. A. (2020): Intentional dental modification in Panamá: New support for a late introduction of African origin. *Journal of Anthropological Archaeology* 60 101226. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2020.101226>
- Sofaer, J. A. – MacLean, C. J. – Bailit, H. L. (1972): Heredity and morphological variation in early and late developing human teeth of the same morphological class. *Archives of Oral Biology* 17(5): 811–816. [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(72\)90023-4](https://doi.org/10.1016/0003-9969(72)90023-4)
- Spekker, O. – Hunt, D. R. – Király, K. – Kis, L. – Madai, Á. – Szalontai, Cs. – Molnár, E. – Pálfi, Gy. (2023): Lumbosacral tuberculosis, a rare manifestation of Pott's disease – How identified human skeletons from the pre-antibiotic era can be used as reference cases to establish a palaeopathological diagnosis of tuberculosis. *Tuberculosis* 138 102287. <https://doi.org/10.1016/j.tube.2022.102287>
- Spekker, O. – Tihanyi, B. – Kis, L. – Szalontai, Cs. – Vida, T. – Pálfi, Gy. – Marcsik, A. – Molnár, E. (2022c): Life and death of a leprosy sufferer from the 8th-century-CE cemetery of Kiskundorozsma–Kettőshatár I (Duna-Tisza Interfluve, Hungary)– Biological and social consequences of having Hansen's disease in a late Avar Age population from Hungary. *PLOS ONE* 17(2): e0264286. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264286>
- Spekker, O. – Tihanyi, B. – Kis, L. – Váradi, O. A. – Donoghue, H. D. – Minnikin, D. E. – Szalontai, Cs. – Vida, T. – Pálfi, Gy. – Marcsik, A. – Molnár, E. (2022b): The two extremes of Hansen's disease—Different manifestations of leprosy and their biological consequences in an Avar Age (late 7th century CE) osteoarchaeological series of the Duna-Tisza Interfluve (Kiskundorozsma–Daruhalom-dűlő II, Hungary). *PLOS ONE* 17(6): e0265416. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265416>
- Spekker, O. – Váradi, O. A. – Szekeres, A. – Jäger, H. Y. – Zink, A. – Berner, M. – Pany-Kucera, D. – Strondl, L. – Klostermann, P. – Samu, L. – Király, K. – Bereczki, Zs. – Molnár, E. – Pálfi, Gy. – Tihanyi, B. (2022a): A rare case of calvarial tuberculosis from the Avar Age (8th century CE) cemetery of Kaba–Bitózug (Hajdú-Bihar county, Hungary) – Pathogenesis and differential diagnostic aspects. *Tuberculosis* 135 102226. <https://doi.org/10.1016/j.tube.2022.102226>

- Staley, R. N. – Green, L. J. (1974): Types of tooth cusp occurrence asymmetry in human monozygotic and dizygotic twins. *American Journal of Physical Anthropology* 40(2): 187–195. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330400205>
- Stojanowski, C. M. – Paul, K. S. – Seidel, A. C. – Duncan, W. N. – Guatelli-Steinberg, D. (2018): Heritability and genetic integration of anterior tooth crown variants in the South Carolina Gullah. *American Journal of Physical Anthropology* 167(1): 124–143.
- Stojanowski, C. M. – Paul, K. S. – Seidel, A. C. – Duncan, W. N. – Guatelli-Steinberg, D. (2019): Quantitative genetic analyses of postcanine morphological crown variation. *American Journal of Physical Anthropology* 168(3): 606–631. <https://doi.org/10.1002/ajpa.23778>
- Sullivan, K. M. – Mannucci, A. – Kimpton, C. P. – Gill, P. (1993): A rapid and quantitative DNA sex test: fluorescence-based PCR analysis of X-Y homologous gene amelogenin. *Biotechniques* 15(4): 636–640.
- Sykes, J. B. (1976): *The Concise Oxford Dictionary of Current English: Based on the Oxford English Dictionary and Its Supplements*. 6. kiadás. Oxford UK: Clarendon Press.
- Szádeczky-Kardoss, S. (1998): *Az avar történelem forrásai 557-től 806-ig*. Budapest: Balassi Kiadó.
- Szathmáry, L. (2003): Az Ibrány-Esbó-halom X–XI. századi temetőjének csontvázletelein végzett vizsgálatok eredményeinek összefoglalása. In *A Rétköz honfoglalás és Árpád-kori emlékhelye*. Nyíregyháza: Jós András Múzeum–Magyar Nemzeti Múzeum–Magyar Tudományos Akadémia Régészeti Intézete, 385–391.
- Szeniczey, T. (2019): *A Kelet-Dunántúl avar kori népességváltozásainak történeti embertani vizsgálata* (Doktori értekezés). Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest.
- Szeniczey, T. – Bernert, Zs. – Bakó, K. – Kovacsóczy, B. – Marcsik, A. – Ódor, J. G. – Hajdu, T. (2017) Alsónyék–elkerülő 2. lelőhely és Dunaföldvár–Barota-dűlő avar kori népességének biológiai rekonstrukciója – Biological reconstruction of the Avar-age population at Alsónyék and Dunaföldvár. In Türk, A. – Balogh, Cs. – Major Balázs (szerk.): *A népvándorlaskor fiatal kutatóinak XXIV. konferenciája – Conference of Young Scholars on the Migration Period*. Budapest – Esztergom: Archaeolingua, 103–123.
- Szenthe, G. (2016): Crisis or Innovation? A Technology-Inspired Narrative of Social Dynamics in the Carpathian Basin during the Eighth Century. In Bollók, Á. – Csiky, G. – Vida, T. (szerk.): *Between Byzantium and the Steppe. Archaeological and Historical Studies in Honour of Csanád Bálint on the Occasion of His 70th Birthday*. Institute of Archaeology, Research Centre for the Humanities, Hungarian Academy of Sciences, 351–370.
- Szenthe, G. (2021): A késő avar kor mint régészeti korszak és történeti problematika (Kr. u. 650/700–840/850)–The Late Avar Period: Both an Archaeological Period and a

- Historical Problem (650/700-840/850 AD). *Magyar Tudomány* 182(S1): 90–100. <https://doi.org/10.1556/2065.182.2021.S1.9>
- Szentpéteri, J. (2002): *Archäologische Denkmäler der Awarenzeit im Mitteldonaubecken*. Budapest: Institute of Archaeology–Research Centre for the Humanities–Hungarian Academy of Sciences.
- Szőke, B. M. (2014): A Kárpát-medence a Karoling-korban és a magyar honfoglalás. In Sudár, B. – Szentpéteri, J. – Petkes, Zs. – Lezsák, G. – Zsidai, Zs. (szerk.): *Magyar őstörténet. Tudomány és hagyományörzés*. Budapest: MTA Bölcsészettudományi Kutatóközpont, 31–42.
- Takács, M. (2006): Három nézőpont a honfoglaló magyarokról. *Dolgozatok Az Erdélyi Múzeum Érem- És Régiségtárából* 67–98.
- Thesleff, I. (2014): Current understanding of the process of tooth formation: Transfer from the laboratory to the clinic. *Australian Dental Journal* 59: 48–54.
- Tihanyi, B. – Berthon, W. – Kis, L. – Váradi, O. A. – Dutour, O. – Révész, L. – Pálfi, Gy. (2020): “Brothers in arms”: Activity-related skeletal changes observed on the humerus of individuals buried with and without weapons from the 10th-century CE Carpathian Basin. *International Journal of Osteoarchaeology* 30(6): 798–810. <https://doi.org/10.1002/oa.2910>
- Tihanyi, B. – Marcsik, A. (2020): Az Alföld történeti embertani képe a szarmata időszaktól az Árpád-korig. Rövid összefoglalás. In Neparácski, E. (szerk.): *Magyar őstörténeti műhelybeszélgetés*. Budapest: Magyarságkutató Intézet, 29–55.
- Townsend, G. C. (1983): Fluctuating dental asymmetry in Down’s syndrome. *Australian Dental Journal* 28(1): 39–44. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.1983.tb01068.x>
- Townsend, G. C. – Alvesalo, L. (1985): The size of permanent teeth in Klinefelter (47,XXY) syndrome in man. *Archives of Oral Biology* 30(1): 83–84.
- Townsend, G. – Harris, E. F. – Lesot, H. – Clauss, F. – Brook, A. (2009): Morphogenetic fields within the human dentition: A new, clinically relevant synthesis of an old concept. *Archives of Oral Biology* 54(1): S34–S44.
- Townsend, G. – Jensen, B. L. – Alvesalo, L. (1984): Reduced tooth size in 45,X (Turner syndrome) females. *American Journal of Physical Anthropology* 65 367–371.
- Török, G. (1975): The Kiskörös Pohibuj-Mackó-dűlő Cemetery. In Kovrig, I. (szerk.): *Avar Finds in the Hungarian National Museum. Cemeteries of the Avar Periods (567–829) in Hungary I*. Budapest: Akadémiai Kiadó, 283–304.
- Tummers, M. – Thesleff, I. (2009): The Importance of Signal Pathway Modulation in all Aspects of Tooth Development. *The Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution* 312(B): 309–319.
- Turner, C. G. II. (1967): *The Dentition of Arctic Peoples* (Doktori értekezés). University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.

- Turner, C. G. II. (1971): Three-rooted mandibular first permanent molars and the question of American Indian Origins. *American Journal of Physical Anthropology* 34(2): 229–241. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330340207>
- Turner, C. G. II. (1985): Expression count: A method for calculating morphological dental trait frequencies by using adjustable weighting coefficients with standard ranked scales. *American Journal of Physical Anthropology* 68(2): 263–267. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330680213>
- Turner, C. G. II. (1990): Major features of Sundadonty and Sinodonty, including suggestions about East Asian microevolution, population history, and late Pleistocene relationships with Australian Aborigines. *American Journal of Physical Anthropology* 82(3): 295–317. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330820308>
- Turner, C. G. II. – Nichol, C. R. – Scott, G. R. (1991): Scoring procedures for key morphological traits of the permanent dentition: the Arizona State University Dental Anthropology System. *Advances in Dental Anthropology* 13–31.
- Türk, A. – Lőrinczy, G. (2015): Régészeti adatok és természettudományi eredmények a Maros-torkolat nyugati oldalának 10. századi történetéhez. In Türk, A. – Lőrinczy, G. – Marcsik, A. (szerk.): *Régészeti és Természettudományi Adatok a Maros-torkolat nyugati oldalának 10. századi történetéhez*. Budapest: Archaeolingua, 15–23.
- Ubelaker, D. H. (1999): *Human skeletal remains: Excavation, analysis, interpretation*. 3. kiadás. Washington, DC: Taraxacum.
- Valen, L. Van (1962): A Study of Fluctuating Asymmetry. *Evolution* 16(2): 125–142. <https://doi.org/10.2307/2406192>
- Vámos, K. (1973): „Szeged-Makkoserdő” avar kori népességének embertani vizsgálata. *Anthropologiai Közlemények* 17(1–2): 29–39.
- Vandebroek, G. (1961): *International Colloquium on the Evolution of Lower and Nonspecialized Mammals*. Koninklijke Vlaamse Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België. Paleis der Academiën.
- Verdugo, C. – Zhu, K. – Kassadjikova, K. – Berg, L. – Forst, J. – Galloway, A. – Brady, J. E. – Fehren-Schmitz, L. (2020): An investigation of ancient Maya intentional dental modification practices at Midnight Terror Cave using anthroposcopic and paleogenomic methods. *Journal of Archaeological Science* 115: 105096. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105096>
- Veszprémy, L. (2017): A honfoglalás és kalandozás kora. In Hermann, R. (szerk.): *Magyarország hadtörténete I.: A kezdetektől 1526-ig*. Budapest: Zrínyi Kiadó, 65–86.
- Vida, T. (2008): Conflict and Coexistence: The Local Population of the Carpathian Basin under Avar rule (6th to 7th century). In Curta, F. – Kovalev, R. (szerk.): *The Other Europe in the Middle Ages: Avars, Bulgars, Khazars and Cumans*. Leiden: Brill, 13–46.
- Vida, T. (2018a): A gepida továbbélés kérdése az avar kori Tisza-vidéken. In Korom, A. – Balogh, Cs. – Major, B. – Türk, A. (szerk.): *Relationes rerum. Régészeti tanulmányok*

- Nagy Margit tiszteletére.* Budapest: Pázmány Péter Katolikus Egyetem Régészettudományi Intézet. Budapesti Történeti Múzeum, 534–554.
- Vida, T. (2018b): *A sztyeppei, a bizánci és a Meroving birodalmak között. Kulturális változások a Kárpát-medence nyugati felén a Kr. u. 6-7. században* (Akadémiai doktori értekezés).
- Vida, T. (2021): Az avar kori népesség keleti összetevői a régészeti és a genetikai források fényében–The Eastern Components of the Avar-Period Population of the Carpathian Basin in the Light of Archaeological and Genetic Research. *Magyar Tudomány* 182(S1): 75–89. <https://doi.org/10.1556/2065.182.2021.S1.8>
- Vígh, B. (2006): *Humán ontogenezis. Az ember egyedfejlődése. A normális és kóros fejlődés gyakorlati klinikai, molekuláris és összehasonlító-fejlődéstani vonatkozásai.* 1. kiadás. Budapest: Alliter.
- Vyas, D. N. – Koncz, I. – Modi, A. – Mende, B. G. – Tian, Y. – Francalacci, P. – Lari, M. – Vai, S. – Straub, P. – Gallina, Z. – Szeniczey, T. – Hajdu, T. – Pejrani Baricco, L. – Giostra, C. – Radzevičiūtė, R. – Hofmanová, Z. – Évinger, S. – Bernert, Z. – Pohl, W. – Caramelli, D. – Vida, T. – Geary, P. J. – Veeramah, K. R. (2023): Fine-scale sampling uncovers the complexity of migrations in 5th–6th century Pannonia. *Current Biology* 33(18): 3951–3961.e11. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.07.063>
- Wachbroit, R. (1994): Normality as a Biological Concept. *Philosophy of Science* 61(4): 579–591.
- Waddington, C. H. (1957): *The Strategy of the Genes. A Discussion of Some Aspects of Theoretical Biology.* London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315765471>
- Welborn, V. V. (2020): Enamel synthesis explained. *PNAS* 117(36): 21847–21848. <https://doi.org/10.1073/pnas.2014394117>
- Weller, J. M. (1968): Evolution of Mammalian Teeth. *Journal of Paleontology* 42(1): 268–290.
- Wenger, S. (1952): L’anthropologie du cimetière de Jánoshida-Tótképuszta. *Annales Historico-Naturales Musei Naturalis Hungarici* 4: 231–244.
- Wenger, S. (1957): Données osteométriques sur le matériel anthropologique du cimetière d’Alattyán-Tulát, provenant de l’époque avare. *Crania Hungarica* 2(1): 1–55.
- Werner, S. P. – Harris, E. F. (1989): Odontometrics of the permanent teeth in cleft lip and palate: systemic size reduction and amplified asymmetry. *The Cleft palate journal* 26(1): 36–41.
- White, T. D. – Black, M. T. – Folkens, P. A. (2012): *Human Osteology.* 3. kiadás. Amsterdam–Boston–Heidelberg–London–New York–Oxford–Paris–San Diego–San Francisco–Singapore–Sydney–Tokyo: Elsevier Academic Press.
- Wicker, E. (2002): Csólyospálos – Felsőpálos, Budai-tanya. In Szentpéteri, J. (szerk.): *Archäologische Denkmäler der Awarenzeit in Mitteleuropa.* Budapest: Magyar Tudományos Akadémia Régészeti Intézete, 100.

- Willumsen, T. – Ogaard, B. – Hansen, B. F. – Rølla, G. (2004): Effects from pretreatment of stannous fluoride versus sodium fluoride on enamel exposed to 0.1 M or 0.01 M hydrochloric acid. *Acta Odontologica Scandinavica* 62(5): 278–281. <https://doi.org/10.1080/00016350410000174>
- Wright, J. T. (2023): Enamel Phenotypes: Genetic and Environmental Determinants. *Genes* 14(3): 545. <https://doi.org/10.3390/genes14030545>.
- Yang, G. – Chen, Y. – Li, Q. – Benítez, D. – Ramírez, L. M. – Fuentes-Guajardo, M. – Hanihara, T. – Scott, G. R. – Alonzo, V. A. – Jose, R. G. – Bortolini, M. C. – Poletti, G. – Gallo, C. – Rothhammer, F. – Rojas, W. – Zanolli, C. – Adhikari, K. – Ruiz-Linares, A. – Delgado, M. (2023): Dental size variation in admixed Latin Americans: Effects of age, sex and genomic ancestry. *PLOS ONE* 18(5): e0285264. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285264>
- Younes, S. A. – Al-Shammery, A. R. – El-Angbawi, M. F. (1990): Three-rooted permanent mandibular first molars of Asian and black groups in the Middle East. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 69(1): 102–105. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(90\)90276-X](https://doi.org/10.1016/0030-4220(90)90276-X)
- Zakharov, V. M. – Shadrina, E. G. – Trofimov, I. E. (2020): Fluctuating Asymmetry, Developmental Noise and Developmental Stability: Future Prospects for the Population Developmental Biology Approach. *Symmetry* 12(8): 1376. <https://doi.org/10.3390/sym12081376>
- Żytkowski, A. – Tubbs, R. S. – Iwanaga, J. – Clarke, E. – Polguy, M. – Wysocki, G. (2021): Anatomical normality and variability: Historical perspective and methodological considerations. *Translational Research in Anatomy* 23 100105. <https://doi.org/10.1016/j.tria.2020.100105>
- Zsigmondy, A. (1861): Grundzüge einer praktischen Methode zur raschen und genauen Vormerkung der zahnärztlichen Beobachtungen und Operationen. *Deutsche Vierteljahrsschrift Für Zahnheilkunde* 1: 209–211.

Online források: <https://archeodatabase.hnm.hu/> (2024.01.24)

Függelék

Ábrák:

F1. ábra: ADMIXTURE komponensek aránya alapján létrehozott hierarchikus klaszterek. Készítette: Schütz Oszkár

Táblázatok:

F1. táblázat: A vizsgálatba bevont lelőhelyek és a vonatkozó régészeti, emebtrani és genetikai közlések listája.

F2. táblázat: A fogmorfológiai vizsgálatra alkalmas egyének alap adatai.

F3. táblázat: A regisztrált non-metrikus jellegek összesített valódi gyakoriság értékei.

F4. táblázat: Az antimere fogak aszimmetriájára vonatkozó Kendall-féle Tau-B tesztet eredményei.

F5. táblázat: A vizsgált egyének fogmorfológiai adatainak lefedettsége az antimere fogak adatainak összevonása előtt és után.

F6. táblázat: Az egyes jellegek kifejezettségének gyakorisága nemenként.

F7. táblázat: A fog non-metrikus jellegek nemi dimorfizmusára vonatkozó Wilcoxon próba eredményei.

F8. táblázat: Az egyes jellegek kifejezettségének gyakorisága korszakonként.

F9. táblázat: A fog non-metrikus jellegek kifejezettségének korszakonkénti különbségeire vonatkozó Wilcoxon próba eredményei.

F10. táblázat: A Supervised ADMIXTURE teszt egyéni eredményei.

F11. táblázat: Az ADMIXTURE komponensek és a fog non-metrikus jellegek közti összefüggéseket vizsgáló Pearson-féle korrelációs teszt eredményei.

F12. táblázat: Az ADMIXTURE komponensek és a fog non-metrikus jellegek közti összefüggéseket vizsgáló Pearson-féle korrelációs teszt eredményei módosított szignifikancia szinttel.

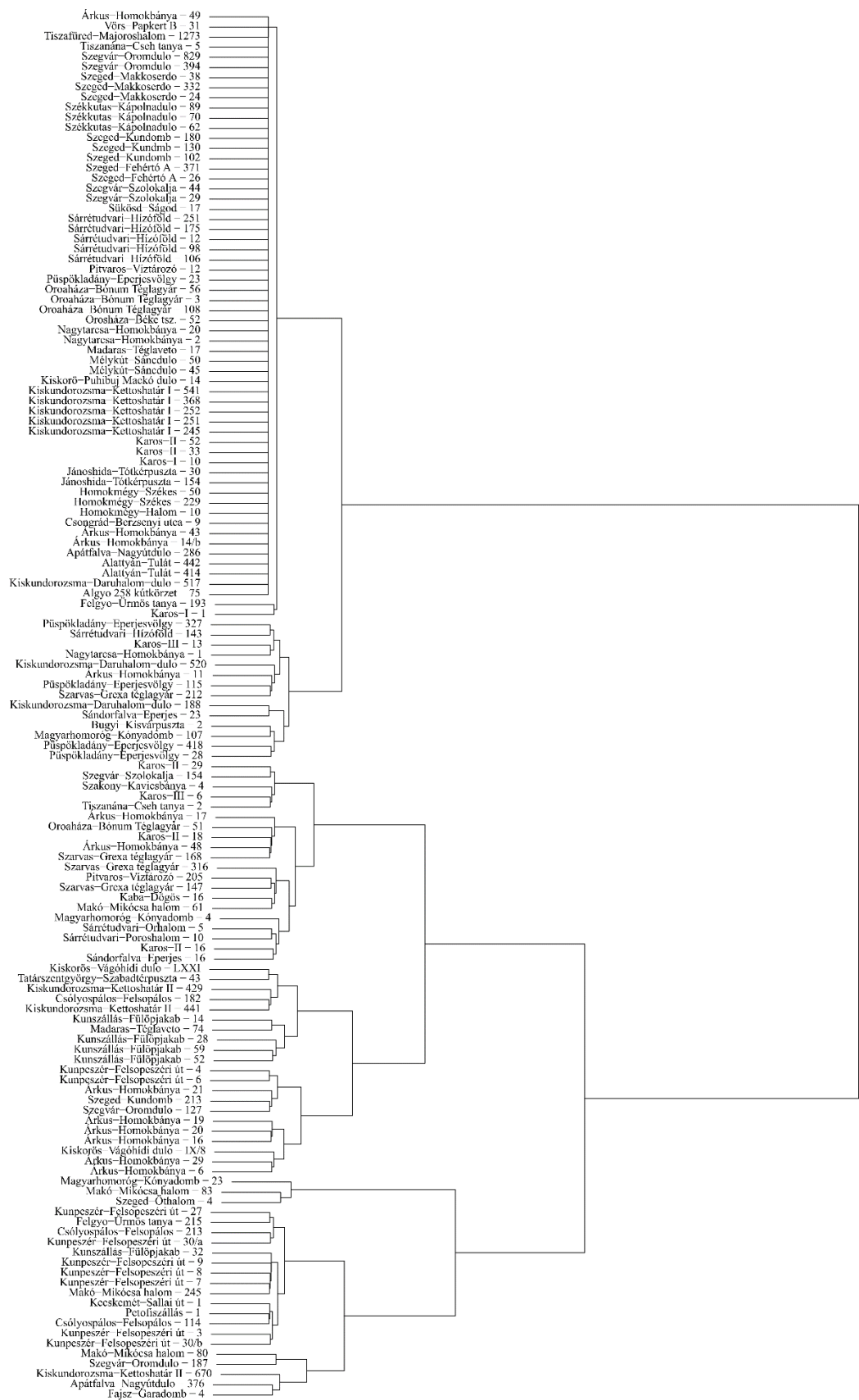
Elektronikus mellékletek:

E1. táblázat: Az antimere fogak aszimmetriájának mértéke és iránya.

E2. táblázat: A non-metrikus jelleg-fog párok kapcsoltságára vonatkozó Kendall-féle Tau-b teszt eredményei.

E3. táblázat: Supervised ADMIXTURE komponensek alapján számolt hierarchikus klaszterek.

E4. táblázat: A TA és TE csoport optimális arányának és összetételének vizsgálati eredményei.



F1. ábra: ADMIXTURE komponensek aránya alapján létrehozott hierarchikus klaszterek.

Készítette: Schütz Oszkár

Lelőhely	Kor	A csoportban vizsgált egyének sírszámai	B csoportban vizsgált egyének sírszámai	Vonatkozó régészeti, embertani és genetikai közlések
Alattyán–Tulát	Avar	224, 369, 412, 414, 442, 596, 77		(Wenger 1957; Kovrig 1963; Lipták 1963; Maróti et al. 2022)
Albertirsa, 22. lelőhely	Avar	2019.8.70, 2019.8.43.		(Gnecchi-Ruscone et al. 2022)
Albertirsa, Szentmártoni út	Avar	2019.7.5., 43658, 43667, 43649, 43653		(Gnecchi-Ruscone et al. 2022)
Algyő 258 kútkörzet	Honfoglalás	49, 75, 87, 92	32, 42	(Kürti 1998; Marcsik et al. 2015; Maróti et al. 2022)
Alsónyék–Elkerülő út, 2. lelőhely	Avar	424 (134 régészeti közlésekben)		(Kovacsóczy 2017, 2018; Szeniczey et al. 2017; Gnecchi-Ruscone et al. 2022)
Apátfalva–Nagyútdűlő	Avar	286, 376		(Cseh–Varga 2017; Marcsik–Varga 2017; Maróti et al. 2022)
Árkus–Homokbánya	Avar	11, 14b, 16, 17, 19, 20, 21, 24, 29, 36, 38, 41, 43, 48, 49, 50, 6	10, 12, 26, 28, 33, 34, 4, 51, 8, 9	(Gáll–Szenthe 2020; Maróti et al. 2022)
Ároktő–Csík–Gát	Avar	19		(Kővári–Szathmáry 2003; Maróti et al. 2022)
Békésszentandrás, Benda–tanya, 76. lelőhely	Avar	87		(Csáky et al. 2020; Gnecchi-Ruscone et al. 2022; Balogh et al. 2023)
Berettyóújfalu, Nagy–Bócs dűlő	Avar	1398/3111		(Dani et al. 2006; Gnecchi-Ruscone et al. 2022)
Csepel–Kavicsbánya	Avar	465, 456		(Garam 1993; Nagy 1998; Balogh 2011; Csáky et al. 2020; Gnecchi-Ruscone et al. 2022; Maróti et al. 2022)
Bugyi–Kisványpuszta	Honfoglalás	2		(Füredi 2012; Maróti et al. 2022)
Csengele–Jójárt	Avar		427	(Csallány 1939; Kolozsi–Szabó 2005, 2012; Bajkai–Kolozsi 2017; Gnecchi-Ruscone et al. 2022)
Csolyospálos–Felsőpálos	Avar	114, 182, 213, 37		(Wicker 2002; Marcsik et al. 2011; Maróti et al. 2022)

Csongrád–Berzsenyi utca	Avar	9	7	(Párducz 1963; Maróti et al. 2022)
Debrecen, Bordás-tanya	Avar	936/936		(Kolozsi–Szabó 2005, 2012; Bajkai–Kolozsi 2017; Gneccchi-Rusccone et al. 2022)
Derecske, Bikás-dűlő	Avar	61790		(Berta–Major 2021; Priskin et al. 2021; Gneccchi-Rusccone et al. 2022)
Derecske, Karakas-dűlő	Avar	19/19., 18/18.		(Fölföldi–Major 2021; Gneccchi-Rusccone et al. 2022)
Dunavecse, Kovacsos-dűlő	Avar	701		(Lantos 2019; Maróti et al. 2022)
Fajsz–Garadomb	Avar	4		(Balogh–Kőhegyi 2001; Maróti et al. 2022)
Felgyő–Ürmös tanya	Avar	193, 215	172, 174, 175, 233	(Balogh 2010; Marcsik 2010; Maróti et al. 2022)
Hajdúböszörmény Homokbánya IV	Avar	137/160		(Czifra 2006; Gneccchi-Rusccone et al. 2022)
Hajós–Cifrahegy	Avar	168	89	(Marcsik et al. 2016a; Balogh 2018b; Maróti et al. 2022)
Homokmégy–Halom	Avar	10, 102, 22		(László 1956; Lipták 1956b; Maróti et al. 2022)
Homokmégy–Székes	Honfoglálás	157, 229, 231, 245, 43, 5, 50, 86, 88,		(Gallina–Varga 2016; Marcsik et al. 2016b; Maróti et al. 2022)
Ibrány–Esbóhalom	Honfoglálás	106, 107, 154, 2020.1106, 161, 176, 206, 90		(Istvánovits 2003; Szathmáry 2003; Maróti et al. 2022)
Jánoshida–Tótképuszta	Avar	130, 154, 30		(Wenger 1952; Erdélyi 1958; Maróti et al. 2022)
Kaba–Dögös	Avar	16, 29	108, 118, 146, 35	(M. Nepper 1982; Maróti et al. 2022; Spekker et al. 2022a)
Karos–I	Honfoglálás	1, 10, sírszám nélküli		(Kustár 1996; Révész 1996, 2020; Maróti et al. 2022)
Karos–II	Honfoglálás	16, 18, 26, 29, 33, 52, 61,		(Kustár 1996; Révész 1996, 2020; Maróti et al. 2022)

Karos–III	Honfogl alás	12, 13, 6		(Kustár 1996; Révész 1996, 2020; Maróti et al. 2022)
Kecskemét–Sallai út	Avar	1		(H. Tóth 1981; Marcsik–Molnár 2019; Csáky et al. 2020; Gneccchi-Ruscone et al. 2022)
Kenézlő– Fazekaszug–1	Honfogl alás	9?		(Jósa 1914; Bíró–Fóthi 2005; Révész 2020; Maróti et al. 2022)
Kenézlő– Fazekaszug–2	Honfogl alás	25(50)		(Bíró–Fóthi 2005; Révész 2020; Maróti et al. 2022)
Kiskőrös–Pohibuj Mackó dűlő	Avar	14, 23, 27		(Lipták 1956a; Török 1975; Maróti et al. 2022)
Kiskőrös–Vágóhídi dűlő	Avar	LXXI, I, IX/8, XLV		(László 1955; Nemeskéri 1955; Maróti et al. 2022)
Kiskundorozsma– Daruhalom–dűlő	Avar	188, 485, 517, 520		(Marcsik et al. 2009; Samu–Szalontai 2017; Maróti et al. 2022; Spekker et al. 2022b)
Kiskundorozsma– Hosszúhát	Honfogl alás	500, 595		(Marcsik 2011; Türk–Lőrinczy 2015; Maróti et al. 2022)
Kiskundorozsma– Kettőshatár I	Avar	245, 251, 252, 368, 541,	53, 500/1, 572, 82, 499	(Marcsik et al. 2009; Samu–Szalontai 2017; Maróti et al. 2022; Spekker et al. 2022c; Spekker et al. 2023)
Kiskundorozsma– Kettőshatár II	Avar	429, 441, 445, 670	428, 430,	(H. Tóth 1984; Marcsik et al. 2009; Maróti et al. 2022)
Kölked – Feketekapu (A)	Avar	107, 108,		(Kiss 1996, 2001; Vida 2018b; Szeniczey 2019)
Köveg–Nagy– földek (M43/49)	Avar	obj. 28, str. 41		(Benedek–Marcsik 2017; Gneccchi-Ruscone et al. 2022)
Kunbábony	Avar	1		(H. Tóth–Horváth 1992; Marcsik–Molnár 2019; Csáky et al. 2020; Gneccchi-Ruscone et al. 2022)
Kunpeszér – Felsőpeszéri út	Avar	5, 4, 27, 9, 3, 8, 30a, 30b, 6, 7		(H. Tóth 1984; Marcsik 2009; Balogh 2013; Csáky et al. 2020; Gneccchi-Ruscone et al. 2022; Maróti et al. 2022)
Kunszállás– Fülöpjakab	Avar	51, 14, 30, 32, 28 59, 52		(Lipták–Varga 1974; Lezsák 2009; Csáky et al. 2020; Gneccchi-Ruscone et al. 2022)

Ladánybene–Benepusztá	Honfoglalás	sírszám nélküli		(Hampel 1905; Lipták 1957; Maróti et al. 2022)
Madaras–Téglavető	Avar	17, 23, 29, 74	44	(Lipták–Marcsik 1976; Rácz 1999; Maróti et al. 2022)
Magyarhomorog–Kónyadomb	Honfoglalás	106, 107, 14, 23, 137, 4, 153, 9, 88		(Kovács 2019; Marcsik et al. 2019; Maróti et al. 2022)
Makó–Mikócsa–halom	Avar	131, 151, 240, 245, 61, 80, 83		(Balogh 2018a, 2020; Maróti et al. 2022)
Mélykút–Sáncdűlő	Avar	43, 45, 50	28, 42	(Marcsik 1971; Balogh 2018c; Maróti et al. 2022)
Nagykőrös–Fekete–dűlő	Honfoglalás	2		(Lipták 1952; Dienes 1960; Maróti et al. 2022)
Nagytarcsa–Homokbánya	Honfoglalás	1, 19, 2, 20		(Lotterhof 1973; Kovács 1986; Maróti et al. 2022)
Orosháza–Béke tsz, Homokbánya	Avar	37, 52	104, 105, 55, 86	(Nagy 1998; Bende 2017; Maróti et al. 2022)
Orosháza–Bónum Téglagyár	Avar	106, 108, 3, 51, 56	48, 78	(Nagy 1998; Bende 2017; Maróti et al. 2022)
Petőfiszállás	Avar	1		(Balogh–Wicker 2012; Csáky et al. 2020; Gneccchi-Ruscione et al. 2022)
Pitvaros–Víztározó	Avar	12, 116, 125, 200, 205	147, 128	(Bende 2017; Molnár 2017; Maróti et al. 2022)
Püspökladány–Eperjesvölgy	Honfoglalás	115, 195, 200, 216, 23, 28, 327, 38, 384, 418, 441, 57, 95,		(M. Nepper 2002; Lenkey et al. 2008; Maróti et al. 2022)
Sándorfalva–Eperjes	Honfoglalás	114, 16, 23, 64		(Fodor 1985; Marcsik et al. 2015; Maróti et al. 2022)
Sárrétudvari–Hízóföld	Honfoglalás	103, 106, 12, 143, 175, 182, 251, 41, 66, 81, 98	63	(Oláh 1990; Pálfi et al. 1996; M. Nepper 2002; Révész 2020; Tihanyi et al. 2020; Berthon et al. 2021; Maróti et al. 2022)
Sárrétudvari–Órhalom	Honfoglalás	5		(M. Nepper 2002; Kis 2018; Maróti et al. 2022)
Sárrétudvari–Poroshalom	Honfoglalás	10, 2, 9	1	(M. Nepper 2002; Kis 2018; Kis et al. 2022; Maróti et al. 2022)

Sükösd–Ságod	Avar	144, 515, 17, 198, 35, 58	111, 130, 36, 6, 87, 95	(Kőhegyi–Marcsik 1971; Kőhegyi 2002; Maróti et al. 2022)
Szakony–Kavicsbánya	Honfoglalás	1, 4, 6, 7		(Dienes 1972; Éry 1978; Horváth 2021; Maróti et al. 2022)
Szalkszentmárton – Táborállás	Avar	1		(Kovacsóczy 2019; Marcsik–Molnár 2019; Csáky et al. 2020; Gneccchi-Ruscone et al. 2022)
Szarvas –Kovács–halom site 8/1	Avar	24, 25, 33, 40		(Csáky et al. 2020; Gneccchi-Ruscone et al. 2022; Balogh et al. 2023)
Szarvas–Grexa téglagyár	Avar	147, 168, 212, 266, 277, 316, 54, 67	113, 140, 156, 162, 179, 213, 219, 317, 342, 56, 64, 78, 9	(Kovrig 1963; Molnár–Marcsik 2003; Marcsik et al. 2011; Maróti et al. 2022)
Szeged, Csongrádi sgt	Avar	11	1, 38	(Kürti 1996; Marcsik et al. 2015; Maróti et al. 2022)
Szeged–Makkoserdő	Avar	24, 255, 259, 332, 38	108, 317, 337	(Vámos 1973; Salamon 1995; Maróti et al. 2022)
Szeged–Fehértó A	Avar	181, 26, 371, 43	231, 89	(Lipták–Vámos 1969; Madaras 1995; Maróti et al. 2022)
Szeged–Kundomb	Avar	102, 130, 180, 213, 83		(Lipták–Marcsik 1966; Salamon–Cs. Sebestyén 1995; Maróti et al. 2022)
Szeged–Öthalom	Honfoglalás	3, 4		(Bálint 1968; Marcsik 2015; Révész 2020; Maróti et al. 2022)
Szegvár–Oromdűlő	Honfoglalás	376, 394, 426, 566		(Bende–Lőrinczy 1997; Marcsik 1997; Maróti et al. 2022)
Szegvár–Oromdűlő	Avar	127, 187, 554, 76, 826,	1, 109, 196, 33, 41, 626, 669, 808	(Lőrinczy 1992, 1995; Farkas–Marcsik–Oláh 1993; Maróti et al. 2022)
Szegvár–Szőlőkalja	Honfoglalás	154, 20, 29, 44, 52, 7	11, 12, 17, 31, 59	(Lőrinczy 1985; Maróti et al. 2022)
Székkutas–Kápolnadűlő	Avar	265, 311, 62, 70, 89	142, 38, 416, 530, 54, 90	(Marcsik–Szalai 1995; B. Nagy 2003; Maróti et al. 2022)
Tatárszentgyörgy–Szabadrétpuszta	Avar	43		(Lipták 1957; Balogh 2013; Maróti et al. 2022)

Tiszafüred– Majoros–halom	Avar	1273, 199, 388, 509, 756, 798	1027, 1189, 1248, 125, 1270, 354, 355, 496, 694, 741, 988	(Garam 1995; Gneccchi-Ruscone et al. 2022)
Tiszanána–Cseh tanya	Avar	18, 2, 5		(Kustár 1993; Révész 2008; Maróti et al. 2022)
Tiszapüspöki– Holt Tisza part 17/a	Avar	obj. 197, str. 202; obj. 247, obj. 257; obj. 1128, str. 1169		(F. Kovács–Tárnoki 2018; Gneccchi-Ruscone et al. 2022)
Visonta Nagycsapás	Avar	34, 56, 102		(Nagy 1970; Gneccchi-Ruscone et al. 2022)
Vörs–Papkert B	Avar és Honfogl alás	279, 307/A, 310, 600, 118, 167, 31, 561, 588		(Költő–Szentpéteri 1996; Költő et al. 2014; Maróti et al. 2022)

F1. táblázat. A vizsgálatba bevont lelőhelyek és a vonatkozó régészeti, emebtrani és genetikai közlések listája.

Lelőhely	Leltáriszám/Azonosító	Sírszám	Genetika i nem	Genetikai azonosító	Időszak	Vizsgálat i csoport	Tárolás
Alattyán–Tulát	3610	414	F	ALT-414	8–9. sz.	A	MTM ET
Alattyán–Tulát	3624	442	M	ALT-442	7–8. sz.	A	MTM ET
Algyő 258 kútkörzet	8771	75	M	AGY-75	10. sz.	A	SZTE ET
Apátfalva–Nagyútdűlő	OBNR:376, SNR:461	376	F	AN-376	630–650/660.	A	MFM
Apátfalva–Nagyútdűlő	OBNR:286, SNR:362	286	F	AN-286	630–650/660.	A	MFM
Árkus–Homokbánya	4648	21	F	ARK-21	8–9. sz.	A	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	4653	29	M	ARK-29	8–9. sz.	A	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	12579	14/b	M	ARK-14	8–9. sz.	A	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	12600	43	F	ARK-43	8–9. sz.	A	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	12575	11	F	ARK-11	8–9. sz.	A	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	12602	48	F	ARK-48	8–9. sz.	A	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	12585	20	F	ARK-20	8–9.sz.	A	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	12582	17	M	ARK-17	8. sz.	A	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	12581	16	F	ARK-16	8–9. sz.	A	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	12569	6	M	ARK-6	8. sz.	A	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	12584	19	M	ARK-19	8–9. sz.	A	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	12603	49	M	ARK-49	9–10. sz.	A	SZTE ET
Bugyi–Kisvárpuszt	2012.03.02	2	M	BK-2	10. sz.	A	MTM ET
Csályospálos–Felsőpálos	11692	114	M	CSPF-114	650–670.	A	SZTE ET
Csályospálos–Felsőpálos	11781	213	M	CSPF-213	7. sz. vége – 8. sz. eleje	A	SZTE ET
Csályospálos–Felsőpálos	11754	182	M	CSPF-182	670–700.	A	SZTE ET
Csongrád–Berzsenyi utca	13747	9	F	CSB-9	6–7. sz.	A	SZTE ET
Fajsz–Garadomb	6816	4	M	FGD-4	7. sz.	A	SZTE ET
Felgyő–Ürmös tanya	11061	193	M	FU-193	670–700.	A	SZTE ET
Felgyő–Ürmös tanya	11082	215	M	FU-215	630–650.	A	SZTE ET
Homokmégy–Halom	3313	10	M	HH-10	8. sz.	A	SZTE ET
Homokmégy–Székes	leltározatlan	229	F	HMSZ-229	10-11.sz	A	SZTE ET

Homokmégy–Székes	leltározatlan	50	M	HMSZ-50	10-11.sz	A	SZTE ET
Jánoshida–Tótképuszta	2577	30	M	JHT-30	7. sz. vége – 8. sz. eleje	A	MTM ET
Jánoshida–Tótképuszta	3238	154	M	JHT-154	7–8. sz.	A	MTM ET
Kaba–Dögös	8438	16	M	KD-16	8. sz.	A	SZTE ET
Karos–I.	3287	1	N	K1-1	10. sz. első fele	A	MTM ET
Karos–I.	3295	10	M	K1-10	10. sz. első fele	A	MTM ET
Karos–II.	2007.08.28	29	M	K2-29	10. sz. második fele	A	MTM ET
Karos–II.	2007.08.16	16	M	K2-16	10. sz. első fele	A	MTM ET
Karos–II.	2007.8.59	52	M	K2-52	10. sz. első fele	A	MTM ET
Karos–II.	2007.8.32	33	M	K2-33	10. sz. második fele	A	MTM ET
Karos–II.	2007.08.18	18	M	K2-18	10. sz. második fele	A	MTM ET
Karos–III.	2007.8.77	6	F	K3-6	10. sz. második fele	A	MTM ET
Karos–III.	2007.8.84	13	M	K3-13	10. sz. második fele	A	MTM ET
Kecskemét–Sallai út	8024	1	M	#N/A	7.sz. első harmada	A	SZTE ET
Kiskőrö–Pohibuj Mackó dűlő	2878	14	M	KPM-14	630–650	A	SZTE ET
Kiskőrös–Vágóhídi dűlő	3450	IX/8	F	KV-3450	660–720	A	MFM
Kiskőrös–Vágóhídi dűlő	3367	LXXI	F	KV-3367	670–700	A	MFM
Kiskundorozsma–Daruhalom–dűlő	AP90	520	F	KDA-520	7. sz. utolsó harmada	A	SZTE ET
Kiskundorozsma–Daruhalom–dűlő	AP87	517	M	KDA-517	7. sz. utolsó harmada	A	SZTE ET
Kiskundorozsma–Daruhalom–dűlő	AP45	188	F	KDA-188	7. sz. utolsó harmada	A	SZTE ET
Kiskundorozsma–Kettőshatár I.	AP552	251	M	KK1-251	7. sz. vége – 8. sz. eleje	A	SZTE ET
Kiskundorozsma–Kettőshatár I.	AP582	368	F	KK1-368	8. sz. első fele	A	SZTE ET
Kiskundorozsma–Kettőshatár I.	AP697	541	M	KK1-541	7. sz. utolsó harmada	A	SZTE ET
Kiskundorozsma–Kettőshatár I.	AP553	252	M	KK1-252	7. sz. utolsó harmada	A	SZTE ET

Kiskundorozsma–Kettőshatár I.	AP546	245	M	KK1-245	7. sz. vége – 8. sz. első harmada	A	SZTE ET
Kiskundorozsma–Kettőshatár II.	AP629	441	F	KK2-441	8. sz. második fele	A	SZTE ET
Kiskundorozsma–Kettőshatár II.	AP742	670	M	KK2-670	8. sz. második fele	A	SZTE ET
Kiskundorozsma–Kettőshatár II.	AP622	429	F	KK2-429	8. sz. második fele	A	SZTE ET
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	9500	30/a	M	KFP-30a	630–660	A	SZTE ET
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	9501	30/b	M	KFP-31	7. sz. közepe	A	SZTE ET
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	8920	7	F	KFP-7	630–660	A	SZTE ET
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	8919	6	M	KFP-6	630–660	A	SZTE ET
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	8916	3	M	A1821	7. sz. közepe	A	SZTE ET
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	8922	9	M	A1820	7. sz. közepe	A	SZTE ET
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	9035	27	F	A1818	7. sz. közepe	A	SZTE ET
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	8917	4	M	A1817	7. sz. közepe	A	SZTE ET
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	8921	8	M	A1822	7. sz. közepe	A	SZTE ET
Kunszállás–Fülöpjakab	8697	59	M	A1814	8. sz. második fele	A	SZTE ET
Kunszállás–Fülöpjakab	7067	28	M	A1813	7–8. sz.	A	SZTE ET
Kunszállás–Fülöpjakab	5939	14	F	A1810	8. sz.	A	SZTE ET
Kunszállás–Fülöpjakab	8690	52	M	A1815	8. sz.	A	SZTE ET
Kunszállás–Fülöpjakab	7071	32	M	A1812	7. sz. közepe	A	SZTE ET
Madaras–Téglavető	3756	17	M	MT-17	670–700	A	SZTE ET
Madaras–Téglavető	3744	74	M	MT-74	670–700	A	SZTE ET
Magyarhomoróg–Könyadomb	3810	23	M	MH1-23	10. sz.	A	SZTE ET
Magyarhomoróg–Könyadomb	3234	4	M	MH1-4	10. sz.	A	SZTE ET
Magyarhomoróg–Könyadomb	4453	107	F	MH-107	11. sz.	A	SZTE ET
Makó–Mikócsa halom	OBNR:252, SNR:554	245	F	MM-245	600–630	A	MFM
Makó–Mikócsa halom	OBNR:218, SNR:227	61	M	MM-61	580–620	A	MFM
Makó–Mikócsa halom	OBNR:256, SNR:268	80	M	MM-80	600–630	A	MFM
Makó–Mikócsa halom	OBNR:259, SNR:271	83	F	MM-83	7. sz. első fele	A	MFM
Mélykút–Sáncdűlő	6873	45	M	MS-45	630–660	A	SZTE ET

Mélykút–Sáncdűlő	6878	50	M	MS-50	7. sz. utolsó harmada	A	SZTE ET
Nagytarcsa–Homokbánya	68.18.1	1	M	NTH-1	10. sz. második fele	A	MTM ET
Nagytarcsa–Homokbánya	68.129.6	20	F	NTH-20	10. sz. második fele	A	MTM ET
Nagytarcsa–Homokbánya	68.18.2	2	F	NTH-2	10. sz. második fele	A	MTM ET
Orosháza–Béke tsz.	7161	52	F	OBH-52	8. sz.	A	SZTE ET
Orosháza–Bónum Téglagyár	4935	3	M	OBT-3	8. sz.	A	SZTE ET
Orosháza–Bónum Téglagyár	4994	51	M	OBT-51	7. sz. vége	A	SZTE ET
Orosháza–Bónum Téglagyár	4997	56	M	OBT-56	8. sz.	A	SZTE ET
Orosháza–Bónum Téglagyár	5046	108	F	OBT-108	7–8. sz.	A	SZTE ET
Petőfiszállás	leltározatlan	1	M	A1819	7. sz. középső harmada	A	SZTE ET
Pitvaros–Víztorozó	14181	205	M	PV-205	9. sz. eleje	A	SZTE ET
Pitvaros–Víztorozó	13796	12	M	PV-12	8. sz. első fele	A	SZTE ET
Püspökladány –Eperjesvölgy	85.62.1	28	M	PLE-28	10. sz. második fele	A	SZTE ET
Püspökladány –Eperjesvölgy	85.264.1	327	F	PLE-327	11. sz. második harmada	A	SZTE ET
Püspökladány –Eperjesvölgy	78.IX.13	115	M	PLE-115	11. sz. első fele	A	SZTE ET
Püspökladány–Eperjesvölgy	85.21.1	23	M	PLE-23	10. sz. második fele	A	SZTE ET
Püspökladány–Eperjesvölgy	85.347.1.	418	F	PLE-418	11. sz. utolsó harmada	A	SZTE ET
Sándorfalva–Eperjes	9335	23	M	SE-23	10. sz. második harmada	A	SZTE ET
Sándorfalva–Eperjes	9326	16	F	SE-16	10. sz. második harmada	A	SZTE ET
Sárrétudvari–Hízóföld	10768	98	M	SH-98	10. sz.	A	SZTE ET
Sárrétudvari–Hízóföld	10921	251	M	SH-251	10. sz. második fele	A	SZTE ET
Sárrétudvari–Hízóföld	10845	175	M	SH-175	10. sz.	A	SZTE ET
Sárrétudvari–Hízóföld	10776	106	M	SH-106	10. sz.	A	SZTE ET
Sárrétudvari–Hízóföld	10814	143	F	SH-143	10. sz.	A	SZTE ET

Sárrétudvari–Hízóföld	10683	12	F	SH-12	10. sz.	A	SZTE ET
Sárrétudvari–Órhalom	leltározatlan	5	M	SO-5	10. sz.	A	SZTE ET
Sárrétudvari–Poroshalom	leltározatlan	10	M	SP-10	10. sz. második harmada	A	SZTE ET
Sükösd–Ságod	6587	17	F	SSD-17	630–660	A	SZTE ET
Szakony–Kavicsbánya	11.741	4	F	SZAK-4	10. sz.	A	MTM ET
Szarvas–Grexa téglagyár	11273	168	M	SZRV-168	7. sz. vége	A	SZTE ET
Szarvas–Grexa téglagyár	11321	212	F	SZRV-212	8. sz.	A	SZTE ET
Szarvas–Grexa téglagyár	11424	316	F	SZRV-316	8. sz.	A	SZTE ET
Szarvas–Grexa téglagyár	11252	147	M	SZRV-147	7. sz. második fele	A	SZTE ET
Szeged–Fehértó A	2435	371	F	SZF-371	7. sz. második negyed	A	SZTE ET
Szeged–Fehértó A	1690	26	M	SZF-26	7. sz. második negyed	A	SZTE ET
Szeged–Kundomb	811	130	M	SZK-130	8. sz. közepe	A	SZTE ET
Szeged–Kundomb	783	102	M	SZK-102	7. sz. közepe	A	SZTE ET
Szeged–Kundomb	848	213	F	SZK-213	7. sz. közepe	A	SZTE ET
Szeged–Kundomb	832	180	M	SZK-180	7. sz. második fele	A	SZTE ET
Szeged–Makkoserdő	1571	332	M	SZM-332	8. sz. első fele	A	SZTE ET
Szeged–Makkoserdő	595	24	M	SZM-24	7. sz. utolsó harmada	A	SZTE ET
Szeged–Makkoserdő	597	38	M	SZM-38	7. sz. közepe	A	SZTE ET
Szeged–Órhalom	6017	4	M	SEO-4	10. sz.	A	MFM
Szegvár–Oromdűlő	9842	187	F	SZOD1-187	7. sz.	A	SZTE ET
Szegvár–Oromdűlő	9790	127	F	SZOD1-127	7. sz. első fele	A	SZTE ET
Szegvár–Oromdűlő	13991	829	M	SZOD1-829	7. sz. második negyede	A	SZTE ET
Szegvár–Oromdűlő	12372	394	M	SZOD-394	10. sz.	A	SZTE ET
Szegvár–Szőlőkalja	13243	154	F	SZA-154	10. sz.	A	SZTE ET
Szegvár–Szőlőkalja	13245	29	F	SZA-29	10. sz.	A	SZTE ET

Szegvár–Szőlőkalja	13145	44	F	SZA-44	10. sz.	A	SZTE ET
Székkutas–Kápolnadülő	5811	89	F	SZKT-89	8. sz.	A	SZTE ET
Székkutas–Kápolnadülő	5794	70	M	SZKT-70	8. sz.	A	SZTE ET
Székkutas–Kápolnadülő	5786	62	M	SZKT-62	7–9. sz.	A	SZTE ET
Tatárszentgyörgy– Szabadtérpuszta	6591	43	M	TTSZ-43	8. sz. vége – 9. sz. eleje	A	MTM ET
Tiszafüred–Majoroshalom	8217	1273	F	TMH-1273	7. sz vége	A	SZTE ET
Tiszanána–Cseh tanya	10890	2	F	TCS-2	10. sz. második harmada	A	MTM ET
Tiszanána–Cseh tanya	12136	5	M	TCS-5	10. sz. második harmada	A	MTM ET
Vörs–Papkert B	2004.01.31	31	F	VPB-31	8–9. sz.	A	MTM ET
Árkus–Homokbánya	4647	4	-	-		B	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	4652	28	-	-		B	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	12571	8	-	-		B	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	12574	10	-	-		B	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	4658	34	-	-		B	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	12576	12	-	-		B	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	4651	26	-	-		B	SZTE ET
Árkus–Homokbánya	12573	9	-	-		B	SZTE ET
Felgyő–Ürmös tanya	11044	174	-	-		B	SZTE ET
Kaba–Dögös	8513	108	-	-		B	SZTE ET
Kaba–Dögös	8523	118	-	-		B	SZTE ET
Kiskundorozsma–Kettőshatár II.	AP621	428	-	-		B	SZTE ET
Mélykút–Sáncdülő	6856	28	-	-		B	SZTE ET
Orosháza–Béke tsz.	7207	104	-	-		B	SZTE ET
Orosháza–Béke tsz.	7191	86	-	-		B	SZTE ET
Orosháza–Béke tsz.	7208	105	-	-		B	SZTE ET
Pitvaros–Víztározó	14125	147	-	-		B	SZTE ET
Pitvaros–Víztározó	14193	218	-	-		B	SZTE ET

Sárrétudvari–Poroshalom	leltározatlan	1	-	-		B	SZTE ET
Sükkösd–Ságod	6720	130	-	-		B	SZTE ET
Sükkösd Ságod	6664	95	-	-		B	SZTE ET
Sükkösd Ságod	6605	36	-	-		B	SZTE ET
Sükkösd Ságod	6656	87	-	-		B	SZTE ET
Szarvas–Grexa téglagyár	11425	317	-	-		B	SZTE ET
Szarvas–Grexa téglagyár	11180	78	-	-		B	SZTE ET
Szarvas–Grexa téglagyár	11322	219	-	-		B	SZTE ET
Szarvas–Grexa téglagyár	11261	156	-	-		B	SZTE ET
Szarvas–Grexa téglagyár	11245	140	-	-		B	SZTE ET
Szeged–Újfehértó	1813	231	-	-		B	SZTE ET
Szeged–Újfehértó	1732	89	-	-		B	SZTE ET
Szeged–Csongrádi sgt.	15950	1	-	-		B	SZTE ET
Szeged–Kundomb	849	214	-	-		B	SZTE ET
Szeged–Kundomb	807	74	-	-		B	SZTE ET
Szeged–Öthalom	6018	5	-	-		B	SZTE ET
Szegvár–Oromdűlő	8923	1	-	-		B	SZTE ET
Szegvár–Oromdűlő	9774	109	-	-		B	SZTE ET
Szegvár–Oromdűlő	13972	808	-	-		B	SZTE ET
Szegvár–Oromdűlő	13639	669	-	-		B	SZTE ET
Szegvár–Szőlőkalja	13113	11	-	-		B	SZTE ET
Székkutas–Kápolnadűlő	9908	530	-	-		B	SZTE ET
Székkutas–Kápolnadűlő	5777	54	-	-		B	SZTE ET
Székkutas–Kápolnadűlő	8956	416	-	-		B	SZTE ET
Székkutas–Kápolnadűlő	5761	38	-	-		B	SZTE ET
Tiszafüred–Majoroshalom	8214	1270	-	-		B	SZTE ET
Tiszafüred–Majoroshalom	7770	988	-	-		B	SZTE ET
Tiszafüred–Majoroshalom	7805	1027	-	-		B	SZTE ET
Tiszafüred–Majoroshalom	7456	741	-	-		B	SZTE ET
Vörs–Papkert–B	2006.6.67	279	-	-		B	SZTE ET

Jegyzetek: OBNR: objektum szám; SNR: strat szám; F: nő; M: férfi; N: nincs adat; sz.: század; A: ismert genetikai háttérrel rendelkező egyének csoportja; B: ismeretlen genetikai háttérrel rendelkező egyének csoportja; SZTE ET: Szegedi Tudományegyetem, Embertani Tanszék; MTM ET: Magyar Természettudományi Múzeumban, Embertani Tár; MFM: Móra Ferenc Múzeum. Az egyéni datálásra vonatkozó adatokat a (Gnecchi-Ruscone et al. 2022; Maróti et al. 2022) közlések alapján listáztuk.

F2. táblázat. A fogmorfológiai vizsgálatra alkalmas egyének alap adatai.

				Avar kor			Honfoglalás-kor			Összes		
		Sz	Oldal	N	n	n/N%	N	n	n/N%	N	n	n/N%
S_DIAST	S_I1 között	>0	-	43	4	9	13	2	15	56	6	11
	SC melett	>0	D	57	7	12	17	1	6	74	8	11
			S	62	7	11	17	0	0	79	7	9
			D+S	43	4	9	13	2	15	56	6	11
IGROOVE	S_I1	>0	D	42	7	17	10	0	0	52	7	13
			S	52	5	10	11	2	18	63	7	11
			D+S	60	11	18	14	2	14	74	13	18
	S_I2	>0	D	54	18	33	18	4	22	72	22	31
			S	56	21	38	16	5	31	72	26	36
			D+S	72	33	46	19	7	37	91	40	44
LABCON	S_I1	>0	D	31	9	29	6	2	33	37	11	30
			S	40	8	20	7	3	43	47	11	23
			D+S	46	11	24	9	3	33	55	14	25
SHOV	S_I1	>0	D	38	28	74	9	2	22	47	30	64
			S	50	35	70	10	4	40	60	39	65
			D+S	55	38	69	13	5	38	68	43	63
	S_I2	>0	D	50	40	80	18	11	61	68	51	75
			S	51	41	80	16	8	50	67	49	73
			D+S	65	51	78	18	12	67	83	63	76
	S_C	>0	D	55	32	58	12	4	33	67	36	54
			S	63	31	49	17	6	35	80	37	46
			D+S	77	39	51	19	7	37	96	46	48
	I_I1	>0	D	59	15	25	11	0	0	70	15	21
			S	52	16	31	12	1	8	64	17	27
			D+S	65	17	26	15	1	7	80	18	22
	I_I2	>0	D	69	30	43	22	4	18	91	34	37
			S	75	25	33	19	4	21	94	29	31
			D+S	93	33	35	23	4	17	116	37	32
	I_C	>0	D	82	31	38	23	7	30	105	38	36
			S	83	32	39	21	6	29	104	38	37
			D+S	103	37	36	25	7	28	128	44	34
SHOV2	S_I1	>0	D	41	25	61	7	6	86	48	31	65
			S	51	33	65	10	8	80	61	41	67
			D+S	58	36	62	12	9	75	70	45	64
	S_I2	>0	D	45	28	62	15	6	40	60	34	57
			S	53	34	64	14	6	43	67	40	60
			D+S	67	42	63	16	7	44	83	49	59
TUBDENT	S_I1	>0	D	35	22	63	9	4	44	44	26	59
			S	48	27	56	10	5	50	58	32	55
			D+S	51	30	59	13	6	46	64	36	56
	S_I2	>0	D	46	22	48	17	6	35	63	28	44
			S	46	18	39	16	4	25	62	22	35
			D+S	60	31	52	18	7	39	78	38	49
	S_C	>0	D	62	39	63	14	9	64	76	48	63
			S	63	40	63	20	13	65	83	53	64

			D+S	83	54	65	22	15	68	105	69	66
WING	S_I1	>0	D	47	8	17	12	2	17	59	10	17
			S	52	9	17	14	2	14	66	11	17
			D+S	62	13	21	16	3	19	78	16	21
LIV	S_I2	>0	D	55	1	2	20	2	10	75	3	4
			S	59	0	0	17	2	12	76	2	3
			D+S	74	1	1	20	2	10	94	3	3
DAR	S_C	>0	D	35	28	80	9	6	67	44	34	77
			S	30	23	77	8	2	25	38	25	66
			D+S	44	36	82	13	7	54	57	43	75
	I_C	>0	D	51	22	43	15	4	27	64	31	48
			S	53	23	43	11	2	18	64	25	39
			D+S	68	36	53	17	5	29	85	41	48
MESRIG	S_C	>0	D	52	4	8	11	0	0	63	4	6
			S	52	5	10	15	0	0	67	5	7
			D+S	69	6	9	16	0	0	85	6	7
ROOTNUM	S_C	>1	D	91	0	0	24	0	0	115	0	0
			S	90	0	0	25	0	0	115	0	0
			D+S	104	0	0	31	0	0	135	0	0
	S_P1	>1	D	85	31	36	24	9	38	109	40	37
			S	86	30	35	23	8	35	109	38	35
			D+S	112	44	39	30	11	37	142	55	39
	S_P2	>1	D	75	2	3	16	0	0	91	2	2
			S	68	2	3	17	0	0	85	2	2
			D+S	92	3	3	23	0	0	115	3	3
	S_M1	≠3	D	39	6	15	11	1	9	50	7	14
			S	46	6	13	15	0	0	61	6	10
			D+S	62	7	11	20	1	5	82	8	10
	S_M2	≠3	D	53	21	40	15	7	47	68	28	41
			S	55	18	33	15	5	33	70	23	33
			D+S	76	23	30	22	7	32	98	30	31
	S_M3	≠3	D	53	40	75	12	10	83	65	50	77
			S	62	43	69	18	15	83	80	58	72
			D+S	71	46	65	21	16	76	92	62	67
	I_C	>1	D	93	2	2	27	0	0	120	2	2
			S	97	0	0	25	0	0	122	0	0
			D+S	106	2	2	29	0	0	135	2	1
	I_P1	>1	D	92	0	0	26	0	0	118	0	0
			S	95	0	0	28	0	0	123	0	0
			D+S	109	0	0	31	0	0	140	0	0
	I_M1	≠2	D	59	10	17	7	0	0	66	10	15
			S	59	10	17	11	0	0	70	10	14
			D+S	75	12	16	15	0	0	90	12	13
	I_M2	≠2	D	61	19	31	13	7	54	74	26	35
			S	60	23	38	15	7	47	75	30	40
			D+S	76	21	28	17	6	35	93	27	29
	I_M3	≠2	D	43	19	44	14	5	36	57	24	42
			S	40	16	40	11	5	45	51	21	41

			D+S	54	21	39	16	6	38	70	27	39
ACCUP	S_P1	>0	D	71	6	8	15	0	0	86	6	7
			S	74	8	11	18	4	22	92	12	13
			D+S	90	11	12	22	4	18	112	15	13
	S_P2	>0	D	61	4	7	16	2	12	77	6	8
			S	63	6	10	19	1	5	82	7	9
			D+S	78	9	12	20	2	10	98	11	11
ODONT	S_P1	>0	D	82	0	0	19	0	0	101	0	0
			S	86	0	0	23	0	0	109	0	0
			D+S	105	0	0	25	0	0	130	0	0
	S_P2	>0	D	86	0	0	26	0	0	112	0	0
			S	88	0	0	28	0	0	116	0	0
			D+S	108	0	0	29	0	0	137	0	0
	I_P1	>0	D	96	0	0	29	0	0	125	0	0
			S	91	0	0	25	0	0	116	0	0
			D+S	109	0	0	30	0	0	139	0	0
	I_P2	>0	D	93	0	0	27	0	0	120	0	0
			S	90	0	0	25	0	0	115	0	0
			D+S	107	0	0	29	0	0	136	0	0
UTOAZ	S_P1	>0	D	88	0	0	24	0	0	112	0	0
			S	91	0	0	26	0	0	117	0	0
			D+S	113	0	0	32	0	0	145	0	0
CARAB	S_M1	>0	D	95	82	86	22	21	95	117	103	88
			S	99	80	81	25	22	88	124	102	82
			D+S	112	97	87	28	25	89	140	122	87
	S_M2	>0	D	86	20	23	29	9	31	115	29	25
			S	96	19	20	25	3	12	121	22	18
			D+S	109	28	26	32	10	31	141	38	27
	S_M3	>0	D	63	11	17	20	3	15	83	14	17
			S	51	10	20	17	0	0	68	10	15
			D+S	73	15	21	24	3	12	97	18	19
ENEX	S_M1	>0	D	92	14	15	27	3	11	119	17	14
			S	97	12	12	29	5	17	126	17	13
			D+S	110	18	16	33	5	15	143	23	16
	S_M2	>0	D	89	38	43	27	7	26	116	45	39
			S	102	42	41	24	6	25	126	48	38
			D+S	116	54	47	30	7	23	146	61	42
	S_M3	>0	D	64	20	31	16	5	31	80	25	31
			S	52	12	23	14	3	21	66	15	23
			D+S	72	23	32	20	5	25	92	28	30
	I_M1	>0	D	97	11	11	31	4	13	128	15	12
			S	90	11	12	29	2	7	119	13	11
			D+S	110	16	15	35	5	14	145	21	14
	I_M2	>0	D	95	41	43	34	3	9	129	44	34
			S	94	40	43	33	4	12	127	44	35
			D+S	112	56	50	36	5	14	148	61	41
	I_M3	>0	D	68	20	29	18	3	17	86	23	27
			S	63	19	30	14	0	0	77	19	25

			D+S	77	27	35	20	3	15	97	30	31
HYPCO	S_M1	<2	D	113	0	0	29	0	0	142	0	0
			S	117	0	0	34	0	0	151	0	0
			D+S	128	0	0	36	0	0	164	0	0
	S_M2	<2	D	87	20	23	29	12	41	116	32	28
			S	93	19	20	22	8	36	115	27	23
			D+S	107	20	19	30	11	37	137	31	23
	S_M3	<2	D	62	35	56	20	18	90	82	53	65
			S	49	29	59	18	15	83	67	44	66
			D+S	71	39	55	25	21	84	96	60	62
METCON	S_M1	<2	D	115	0	0	29	0	0	144	0	0
			S	116	0	0	34	0	0	150	0	0
			D+S	129	0	0	36	0	0	165	0	0
	S_M2	<2	D	97	1	1	32	0	0	129	1	1
			S	105	0	0	28	1	4	133	1	1
			D+S	120	0	0	33	0	0	153	0	0
	S_M3	<2	D	66	3	5	22	1	5	88	4	5
			S	55	2	4	17	1	6	72	3	4
			D+S	76	4	5	25	1	4	101	5	5
METCONL	S_M1	>0	D	54	19	35	17	4	24	71	23	32
			S	50	14	28	16	3	19	66	17	26
			D+S	61	25	41	20	6	30	81	31	38
	S_M2	>0	D	59	20	34	23	11	48	82	31	38
			S	62	27	44	19	7	37	81	34	42
			D+S	80	35	44	25	12	48	105	47	45
	S_M3	>0	D	58	37	64	21	13	62	79	50	63
			S	42	24	57	14	10	71	56	34	61
			D+S	66	46	70	23	16	70	89	62	70
MOLCR	S_M1	>0	D	29	4	14	7	1	14	36	5	14
			S	28	3	11	6	1	17	34	4	12
			D+S	31	4	13	7	1	14	38	5	13
	S_M2	>0	D	52	3	6	18	0	0	70	3	4
			S	51	3	6	13	0	0	64	3	5
			D+S	61	3	5	19	0	0	80	3	4
	S_M3	>0	D	54	9	17	19	2	11	73	11	15
			S	44	9	20	14	1	7	58	10	17
			D+S	62	11	18	21	2	10	83	13	16
	I_M1	>0	D	20	6	30	5	2	40	25	8	32
			S	18	6	33	4	2	50	22	8	36
			D+S	21	7	33	8	3	38	29	10	34
	I_M2	>0	D	44	10	23	17	0	0	61	10	16
			S	46	10	22	16	1	6	62	11	18
			D+S	51	13	25	18	1	6	69	14	20
	I_M3	>0	D	47	20	43	18	4	22	65	24	37
			S	42	16	38	11	4	36	53	20	38
			D+S	54	22	41	20	4	20	74	26	35
PARAST	S_M1	>0	D	95	13	14	26	3	12	121	16	13
			S	98	12	12	30	1	3	128	13	10

	S_M2	>0	D+S	113	17	15	33	3	9	146	20	14
			D	85	5	6	31	2	6	116	7	6
			S	100	9	9	26	1	4	126	10	8
	S_M3	>0	D+S	113	11	10	33	3	9	146	14	10
			D	66	11	17	20	3	15	86	14	16
			S	53	8	15	15	2	13	68	10	15
POTTH	S_M2	>0	D+S	76	17	22	22	5	23	98	22	22
			D	101	9	9	32	1	3	133	10	8
			S	109	8	7	28	2	7	137	10	7
	S_M3	>0	D+S	123	11	9	33	2	6	156	13	8
			D	68	5	7	23	1	4	91	6	7
			S	61	2	3	19	2	11	80	4	5
PEGSH	S_M3	>0	D+S	81	5	6	27	3	11	108	8	7
			D	72	4	6	22	0	0	94	4	4
			S	71	0	0	16	0	0	87	0	0
	I_M3	>0	D+S	84	4	5	24	0	0	108	4	4
			D	72	6	8	23	1	4	95	7	7
			S	63	7	11	19	3	16	82	10	12
LINGCSP	I_P1	$\neq 1$	D+S	83	10	12	27	3	11	110	13	12
			D	98	26	27	27	4	15	125	30	24
			S	94	30	32	22	6	27	116	36	31
	I_P2	$\neq 1$	D+S	111	32	29	28	7	25	139	39	28
			D	91	55	60	26	17	65	117	72	62
			S	92	61	66	23	13	57	115	74	64
TOMRT	I_P1	>0	D+S	105	73	70	29	19	66	134	92	69
			D	68	42	62	21	17	81	89	59	66
			S	73	48	66	19	14	74	92	62	67
ANTFO	I_M1	>0	D+S	92	61	66	25	21	84	117	82	70
			D	37	25	68	9	8	89	46	33	72
			S	33	21	64	7	5	71	40	26	65
	I_M2	>0	D+S	42	30	71	12	10	83	54	40	74
			D	60	48	80	18	15	83	78	63	81
			S	57	48	84	21	18	86	78	66	85
	I_M3	>0	D+S	73	60	82	21	18	86	94	78	83
			D	44	21	48	15	4	27	59	25	42
			S	39	17	44	12	6	50	51	23	45
CUSP5	I_M1	<2	D+S	52	26	50	18	8	44	70	34	49
			D	84	2	2	21	0	0	105	2	2
			S	75	0	0	21	0	0	96	0	0
	I_M2	<2	D+S	90	2	2	26	0	0	116	2	2
			D	55	44	80	23	22	96	78	66	85
			S	50	37	74	23	22	96	73	59	81
	I_M3	<2	D+S	68	49	72	24	23	96	92	72	78
			D	60	32	53	20	12	60	80	44	55
			S	51	23	45	15	8	53	66	31	47
CUSP6	I_M1	>0	D+S	70	33	47	23	13	57	93	46	49
			D	42	7	17	10	1	10	52	8	15
			S	38	4	11	9	3	33	47	7	15

	I_M2	>0	D+S	48	8	17	13	4	31	61	12	20
			D	52	5	10	21	0	0	73	5	7
			S	48	5	10	21	0	0	69	5	7
	I_M3	>0	D+S	62	6	10	23	0	0	85	6	7
			D	56	9	16	21	2	10	77	11	14
			S	50	8	16	15	1	7	65	9	14
		>0	D+S	68	11	16	23	2	9	91	13	14
			D	87	14	16	23	3	13	110	17	15
			S	76	13	17	23	4	17	99	17	17
CUSP7	I_M1	>0	D+S	94	16	17	29	5	17	123	21	17
			D	81	5	6	30	3	10	111	8	7
			S	82	9	11	32	2	6	114	11	10
	I_M2	>0	D+S	96	10	10	33	3	9	129	13	10
			D	57	6	11	20	2	10	77	8	10
			S	56	8	14	16	3	19	72	11	15
	I_M3	>0	D+S	69	11	16	23	4	17	92	15	16
			D	46	8	17	10	1	10	56	9	16
			S	42	5	12	9	3	33	51	8	16
CUSPN	I_M1	≠5	D+S	51	9	18	13	4	31	64	13	20
			D	50	44	88	22	19	86	72	63	88
			S	47	34	72	22	18	82	69	52	75
	I_M2	≠5	D+S	61	46	75	23	18	78	84	64	76
			D	56	28	50	20	12	60	76	40	53
			S	50	24	48	15	8	53	65	32	49
	I_M3	≠5	D+S	67	31	46	23	12	52	90	43	48
			D	43	28	65	7	3	43	50	31	62
			S	37	22	59	8	4	50	45	26	58
DEFWR	I_M1	>0	D+S	49	33	67	10	5	50	59	38	64
			D	49	3	6	22	2	9	71	5	7
			S	58	2	3	24	0	0	82	2	2
	I_M2	>0	D+S	66	4	6	25	2	8	91	6	7
			D	48	1	2	15	1	7	63	2	3
			S	47	3	6	12	0	0	59	3	5
	I_M3	>0	D+S	59	4	7	17	1	6	76	5	7
			D	43	12	28	13	1	8	56	13	23
			S	40	10	25	10	3	30	50	13	26
DIST3C	I_M1	>0	D+S	51	16	31	15	4	27	66	20	30
			D	47	19	40	21	10	48	68	29	43
			S	53	22	42	20	10	50	73	32	44
	I_M2	>0	D+S	60	29	48	25	15	60	85	44	52
			D	49	25	51	15	10	67	64	35	55
			S	44	18	41	10	8	80	54	26	48
	I_M3	>0	D+S	60	32	53	18	15	83	78	47	60
			D	81	20	25	23	5	22	104	25	24
			S	80	13	16	24	7	29	104	20	19
GRVPAT	I_M1	>1	D+S	94	23	24	27	8	30	121	31	26
			D	95	70	74	33	23	70	128	93	73
			S	94	64	68	32	22	69	126	86	68
	I_M2	>1										

	I_M3	>1	D+S	111	90	81	35	27	77	146	117	80
			D	56	47	84	21	18	86	77	65	84
			S	49	41	84	11	11	100	60	52	87
			D+S	66	60	91	22	19	86	88	79	90
PROSTYL	I_M1	>0	D	66	41	62	21	13	62	87	54	62
			S	64	39	61	16	10	62	80	49	61
			D+S	80	54	68	23	15	65	103	69	67
	I_M2	>0	D	76	48	63	27	18	67	103	66	64
			S	82	55	67	26	19	73	108	74	69
			D+S	97	69	71	29	23	79	126	92	73
	I_M3	>0	D	54	20	37	18	2	11	72	22	31
			S	57	23	40	15	3	20	72	26	36
			D+S	69	30	43	21	3	14	90	33	37
PIT	I_M1	>0	D	97	34	35	26	9	35	123	43	35
			S	89	29	33	23	9	39	112	38	34
			D+S	107	42	39	28	13	46	135	55	41
	I_M2	>0	D	92	35	38	32	10	31	124	45	36
			S	91	41	45	31	9	29	122	50	41
			D+S	105	48	46	39	18	46	144	66	46
	I_M3	>0	D	66	8	12	21	0	0	87	8	9
			S	62	11	18	16	1	6	78	12	15
			D+S	77	14	18	23	1	4	100	15	15
PROSTYL_A	I_M1	>0	D	47	8	17	16	3	19	63	11	17
			S	45	7	16	13	1	8	58	8	14
			D+S	56	11	20	19	4	21	75	15	20
	I_M2	>0	D	69	12	17	24	4	17	93	16	17
			S	68	7	10	22	3	14	90	10	11
			D+S	85	14	16	28	6	21	113	20	18
	I_M3	>0	D	56	28	50	18	13	72	74	41	55
			S	56	28	50	15	8	53	71	36	51
			D+S	69	41	59	21	16	76	90	57	63
PROSTYL_M	I_M1	>0	D	55	19	35	16	6	38	71	25	35
			S	50	13	26	12	5	42	62	18	29
			D+S	64	24	38	18	6	33	82	30	37
	I_M2	>0	D	66	23	35	25	9	36	91	32	35
			S	66	23	35	25	11	44	91	34	37
			D+S	82	31	38	27	12	44	109	43	39
	I_M3	>0	D	54	16	30	17	1	6	71	17	24
			S	54	14	26	14	2	14	68	16	24
			D+S	68	22	32	19	2	11	87	24	28

Jegyzet: Sz: a jelleg valódi gyakoriságának méréséhez használt szabály; D: dexter; S: sinister; N: vizsgálható esetek száma; n: gyakoriság; N/n%: gyakoriság százalékban kifejezve.

F3. táblázat. A regisztrált non-metrikus jellegek összesített valódi gyakoriság értékei.

Fog-jelleg	Tau érték	p-érték
S C ROOTNUM	N	N
S P1 ODONT	N	N
S P1 UTOAZ	N	N
S P2 ODONT	N	N
I C ROOTNUM	N	N
I P1 ROOTNUM	N	N
I P1 ODONT	N	N
I P2 ODONT	N	N
I M3 DEFWR	N	N
I M3 PEGSH	N	N
I M3 GRVPAT	-0,066599466	0,621736669
S M3 PARAST	0,129943054	0,315004665
S I1 IGROOVE	0,261624336	0,097993975
I M3 ROOTNUM	0,258112866	0,0949765
I M3 PROSTYL A	0,230553357	0,043358966
I M3 DIST3C	0,31615141	0,039464905
I M2 DEFWR	0,27178845	0,031416121
S I2 IGROOVE	0,316752128	0,02236377
I M2 GRVPAT	0,264813363	0,002336274
S M3 METCONL	0,407584687	0,000874598
I M3 PROSTYL M	0,469312955	0,000244679
S P2 ROOTNUM	0,483050847	0,000182783
S M3 POTTH	0,476987448	0,000144422
I M1 CUSP6	0,625091355	8,76E-05
I M2 ROOTNUM	0,523345805	7,92E-05
S M1 ROOTNUM	0,72815534	7,74E-05
S P1 ACCUP	0,507000178	4,36E-05
I M1 MOLCR	1	3,74E-05
S P2 ACCUP	0,552268964	1,89E-05
I M3 PROSTYL	0,512518175	1,67E-05
I M3 ANTFO	0,605578891	1,50E-05
S M1 METCONL	0,570281486	5,69E-06
S M2 PARAST	0,456522488	5,55E-06
I M1 PROSTYL A	0,671718644	4,52E-06
I M1 CUSPN	0,705257839	3,21E-06
S I2 TUBDENT	0,606049426	2,70E-06
S M2 METCONL	0,571571006	2,62E-06
I M1 DIST3C	0,726298216	2,56E-06
I M2 DIST3C	0,634738937	2,51E-06
I M1 DEFWR	0,710909287	2,08E-06
S M2 CARAB	0,461574355	1,78E-06
I M3 PIT	0,59246486	9,07E-07
S M3 PEGSH	0,598468385	6,98E-07
I C DAR	0,704550509	5,13E-07
I M2 PROSTYL A	0,580452222	4,47E-07
S M3 ROOTNUM	0,633305257	4,00E-07
S C DAR	0,865800866	3,39E-07

S M2 ROOTNUM	0,745798319	2,89E-07
I M1 ANTFO	0,811768217	2,48E-07
S I1 WING	0,755332208	1,34E-07
S P2 DENCRO	0,560863704	1,03E-07
S M3 CARAB	0,703896104	9,97E-08
S I1 LABCON	1	5,06E-08
S I2 DENCRO	0,807572853	3,09E-08
S M1 MOLCR	1	2,58E-08
I M3 CUSP7	0,731234464	2,27E-08
S M3 HYP CO	0,662782545	2,02E-08
I M3 ENEX	0,653823652	1,72E-08
S M3 ENEX	0,742048048	9,54E-09
I M3 MOLCR	0,823012875	8,17E-09
I M2 CUSP5	0,706718053	6,95E-09
I M2 CUSPN	0,734737495	6,79E-09
I M1 GRVPAT	0,59254287	6,46E-09
S M3 METCON	0,663518131	5,94E-09
I M1 ROOTNUM	0,883775049	2,15E-09
S C DIAST	0,808095547	1,22E-09
I M2 MOLCR	0,823635408	1,21E-09
I M3 CUSPN	0,780412039	9,55E-10
S P1 ROOTNUM	0,719490605	3,61E-10
I M3 CUSP6	0,844110865	2,87E-10
S M3 MOLCR	0,92625309	7,53E-11
I P2 LINGCSP	0,657524678	5,05E-11
I M2 PROSTYL	0,60416671	3,75E-11
S C TUBDENT	0,764925706	2,53E-11
I M2 CUSP6	0,871320774	1,93E-11
S C MESRIG	1	1,68E-11
S I1 SHOV	0,936691785	1,58E-11
I M1 PROSTYL M	0,886305678	1,31E-11
I M3 CUSP5	0,757580868	1,21E-11
I I2 DENCRO	0,80071593	7,58E-12
I M2 PIT	0,621618564	2,18E-12
I P2 DENCRO	0,738636364	1,84E-12
S I1 SHOV2	0,979466629	1,53E-12
S I1 TUBDENT	0,957908356	1,37E-12
I M1 ENEX	0,68907601	9,06E-13
I M2 CUSP7	0,722233368	6,65E-13
I M2 PROSTYL M	0,783672648	6,12E-13
S M2 MOLCR	1	3,34E-13
S I2 SHOV2	0,944976166	2,39E-13
I P1 TOMRT	0,787160537	1,30E-13
S I2 LIV	0,995485304	7,31E-14
S I2 SHOV	0,888019089	5,26E-14
I I1 SHOV	1	1,89E-14
S M2 POTTH	0,712280914	1,19E-14
S C SHOV	0,996246087	7,45E-15

I M1 PROSTYL	0,829602516	3,30E-15
I M1 CUSP7	0,820535402	1,17E-15
I M1 PIT	0,757552084	6,03E-16
I M2 ENEX	0,731679685	3,00E-16
I M2 ANTFO	0,901869579	4,16E-17
S M2 ENEX	0,790818471	1,47E-17

jegyzet: N: nincs adat; A Kendall-féle Tau-b tesztet esetén a korrigált szignifikancia szint:
0,002336274>p

F4. táblázat. Az antimere fogak aszimmetriájára vonatkozó Kendall-féle Tau-b tesztet eredményei.

Temető	Sírszám	Csoport	Minden adat	Összevont adat	Különbég
Alattyán–Tulát	414	A	46%	54%	8%
Alattyán–Tulát	442	A	42%	49%	6%
Algyő 258. kútkörzet	75	A	23%	29%	7%
Apátfalva–Nagyútdűlő	376	A	47%	58%	11%
Apátfalva–Nagyútdűlő	286	A	69%	76%	7%
Árkus–Homokbánya	21	A	63%	73%	10%
Árkus–Homokbánya	29	A	19%	29%	10%
Árkus–Homokbánya	14/b	A	26%	29%	4%
Árkus–Homokbánya	43	A	37%	42%	5%
Árkus–Homokbánya	11	A	34%	47%	13%
Árkus–Homokbánya	48	A	35%	45%	10%
Árkus–Homokbánya	20	A	12%	18%	7%
Árkus–Homokbánya	17	A	39%	57%	18%
Árkus–Homokbánya	16	A	35%	45%	10%
Árkus–Homokbánya	6	A	3%	6%	3%
Árkus–Homokbánya	19	A	28%	30%	2%
Árkus–Homokbánya	49	A	10%	20%	10%
Bugyi–Kisványpusztá	2	A	26%	37%	11%
Csolyospálos–Felsőpálos	114	A	18%	18%	1%
Csolyospálos–Felsőpálos	213	A	32%	39%	6%
Csolyospálos–Felsőpálos	182	A	44%	60%	16%
Csongrád–Berzsenyi utca	9	A	28%	31%	4%
Fajsz–Garadomb	4	A	85%	91%	6%
Felgyő–Ürmös tanya	193	A	46%	61%	15%
Felgyő–Ürmös tanya	215	A	60%	66%	6%
Homokmégy–Halom	10	A	16%	25%	9%
Homokmégy–Székes	229	A	71%	84%	13%
Homokmégy–Székes	50	A	52%	61%	8%
Jánoshida–Tótképusztá	30	A	53%	58%	4%
Jánoshida–Tótképusztá	154	A	51%	65%	14%
Kaba–Dögös	16	A	50%	54%	4%
Karos–I	1	A	28%	33%	5%
Karos–I	10	A	23%	27%	4%
Karos–II	29	A	77%	98%	21%
Karos–II	16	A	17%	26%	9%
Karos–II	52	A	64%	70%	6%
Karos–II	33	A	67%	85%	18%
Karos–II	18	A	32%	42%	10%
Karos–III	6	A	42%	56%	14%
Karos–III	13	A	30%	44%	14%
Kecskemét–Sallai út	1	A	47%	53%	6%
Kiskőrő–Pohibuj Mackó dűlő	14	A	23%	31%	8%
Kiskőrös–Vágóhídi dűlő	IX/8	A	24%	27%	2%
Kiskőrös–Vágóhídi dűlő	LXXI	A	59%	72%	13%

Kiskundorozsma–Daruhalom–dűlő	520	A	40%	46%	6%
Kiskundorozsma–Daruhalom–dűlő	517	A	10%	19%	9%
Kiskundorozsma–Daruhalom–dűlő	188	A	29%	44%	15%
Kiskundorozsma–Kettőshatár I	251	A	49%	65%	16%
Kiskundorozsma–Kettőshatár I	368	A	90%	94%	4%
Kiskundorozsma–Kettőshatár I	541	A	35%	43%	9%
Kiskundorozsma–Kettőshatár I	245	A	47%	65%	18%
Kiskundorozsma–Kettőshatár I	252	A	62%	69%	7%
Kiskundorozsma–Kettőshatár II	441	A	51%	60%	8%
Kiskundorozsma–Kettőshatár II	670	A	24%	36%	11%
Kiskundorozsma–Kettőshatár II	429	A	66%	85%	19%
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	30/a	A	40%	41%	1%
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	30/b	A	72%	92%	20%
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	7	A	38%	51%	13%
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	6	A	38%	43%	5%
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	3	A	68%	77%	9%
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	9	A	47%	61%	14%
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	27	A	33%	40%	7%
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	4	A	9%	9%	0%
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	8	A	66%	71%	5%
Kunszállás–Fülöpkab	59	A	55%	70%	15%
Kunszállás–Fülöpkab	28	A	51%	64%	13%
Kunszállás–Fülöpkab	14	A	43%	63%	20%
Kunszállás–Fülöpkab	52	A	41%	47%	6%
Kunszállás–Fülöpkab	32	A	38%	53%	15%
Madaras–Téglavető	17	A	15%	26%	11%
Madaras–Téglavető	74	A	46%	60%	14%
Magyarhomoróg–Könyadomb	23	A	55%	60%	4%
Magyarhomoróg–Könyadomb	4	A	80%	82%	2%
Magyarhomoróg–Könyadomb	107	A	59%	61%	2%
Makó–Mikócsa halom	245	A	33%	41%	9%
Makó–Mikócsa halom	61	A	45%	60%	14%
Makó–Mikócsa halom	80	A	53%	55%	3%
Makó–Mikócsa halom	83	A	47%	59%	11%
Mélykút–Sáncdűlő	45	A	95%	98%	3%
Mélykút–Sáncdűlő	50	A	23%	29%	7%
Nagytarcsa–Homokbánya	1	A	30%	38%	8%
Nagytarcsa–Homokbánya	20	A	51%	68%	17%
Nagytarcsa–Homokbánya	2	A	22%	33%	11%
Orosháza–Bónum Téglagyár	3	A	30%	49%	19%
Orosháza–Bónum Téglagyár	51	A	39%	51%	13%
Orosháza–Bónum Téglagyár	56	A	63%	73%	10%
Orosháza–Bónum Téglagyár	108	A	26%	42%	16%
Orosháza–Béke tsz,	52	A	60%	85%	25%
Petőfiszállás	1	A	46%	51%	5%
Pitvaros–Víztározó	205	A	47%	57%	10%

Pitvaros–Víztorozó	12	A	54%	63%	9%
Püspökladány–Eperjesvölgy	23	A	53%	59%	5%
Püspökladány–Eperjesvölgy	418	A	45%	67%	22%
Püspökladány–Eperjesvölgy	28	A	57%	71%	14%
Püspökladány–Eperjesvölgy	327	A	79%	87%	8%
Püspökladány–Eperjesvölgy	115	A	47%	57%	10%
Sándorfalva–Eperjes	23	A	62%	71%	9%
Sándorfalva–Eperjes	16	A	51%	55%	4%
Sárrétudvari–Hízóföld	98	A	29%	42%	13%
Sárrétudvari–Hízóföld	251	A	69%	75%	7%
Sárrétudvari–Hízóföld	175	A	65%	72%	8%
Sárrétudvari–Hízóföld	106	A	46%	51%	5%
Sárrétudvari–Hízóföld	143	A	20%	20%	0%
Sárrétudvari–Hízóföld	12	A	46%	51%	6%
Sárrétudvari–Órhalom	5	A	33%	37%	4%
Sárrétudvari–Poroshalom	10	A	42%	50%	8%
Sükösd–Ságod	17	A	80%	90%	10%
Szakony–Kavicsbánya	4	A	18%	24%	6%
Szarvas–Grexa téglagyár	168	A	65%	78%	13%
Szarvas–Grexa téglagyár	212	A	37%	50%	13%
Szarvas–Grexa téglagyár	316	A	76%	85%	9%
Szarvas–Grexa téglagyár	147	A	53%	63%	10%
Szeged–Fehértó A	371	A	61%	71%	9%
Szeged–Fehértó A	26	A	50%	64%	14%
Szeged–Kundomb	130	A	68%	72%	5%
Szeged–Kundomb	102	A	55%	69%	14%
Szeged–Kundomb	213	A	35%	49%	14%
Szeged–Kundomb	180	A	77%	84%	7%
Szeged–Makkoserdő	332	A	21%	22%	1%
Szeged–Makkoserdő	24	A	47%	58%	11%
Szeged–Makkoserdő	38	A	36%	43%	7%
Szeged–Órhalom	4	A	25%	39%	14%
Szegvár–Oromdűlő	187	A	29%	38%	9%
Szegvár–Oromdűlő	127	A	52%	65%	13%
Szegvár–Oromdűlő	829	A	54%	66%	12%
Szegvár–Oromdűlő	394	A	71%	83%	11%
Szegvár–Szőlőkalja	154	A	61%	64%	3%
Szegvár–Szőlőkalja	29	A	10%	20%	10%
Szegvár–Szőlőkalja	44	A	42%	52%	10%
Székkutas–Kápolnadűlő	89	A	66%	75%	9%
Székkutas–Kápolnadűlő	70	A	56%	59%	3%
Székkutas–Kápolnadűlő	62	A	35%	47%	11%
Tatárszentgyörgy–Szabadtérpuszta	43	A	82%	87%	6%
Tiszafüred–Majoroshalom	1273	A	30%	46%	15%
Tiszanána–Cseh tanya	2	A	33%	48%	15%
Tiszanána–Cseh tanya	5	A	41%	56%	15%

Vörs–Papkert B	31	A	30%	45%	15%
Árkus–Homokbánya	4	B	61%	69%	8%
Árkus–Homokbánya	28	B	64%	76%	13%
Árkus–Homokbánya	8	B	24%	28%	4%
Árkus–Homokbánya	10	B	24%	35%	10%
Árkus–Homokbánya	34	B	57%	75%	18%
Árkus–Homokbánya	12	B	53%	64%	11%
Árkus–Homokbánya	26	B	31%	55%	24%
Árkus–Homokbánya	9	B	46%	62%	17%
Felgyő–Ürmös tanya	174	B	47%	60%	13%
Kaba–Dögös	108	B	49%	68%	19%
Kaba–Dögös	118	B	51%	56%	5%
Kiskundorozsma–Kettőshatár II	428	B	59%	75%	16%
Mélykút–Sáncdülő	28	B	73%	80%	7%
Orosháza–Béke tsz,	104	B	71%	87%	16%
Orosháza–Béke tsz,	86	B	56%	72%	16%
Orosháza–Béke tsz,	105	B	30%	33%	3%
Pitvaros–Víztározó	147	B	35%	49%	14%
Pitvaros–Víztározó	218	B	42%	54%	12%
Sárrétudvari–Poroshalom	1	B	81%	84%	3%
Sükösd–Ságod	130	B	61%	69%	8%
Sükösd–Ságod	95	B	54%	61%	7%
Sükösd–Ságod	36	B	75%	84%	10%
Sükösd–Ságod	87	B	16%	26%	10%
Szarvas–Grexa téglagyár	317	B	36%	58%	22%
Szarvas–Grexa téglagyár	78	B	46%	61%	14%
Szarvas–Grexa téglagyár	219	B	9%	16%	6%
Szarvas–Grexa téglagyár	156	B	12%	16%	4%
Szarvas–Grexa téglagyár	140	B	33%	49%	16%
Szeged–Újfehértó	231	B	59%	76%	17%
Szeged–Újfehértó	89	B	54%	66%	12%
Szeged–Csongrádi sgt,	1	B	58%	65%	7%
Szeged–Kundomb	214	B	36%	48%	12%
Szeged–Kundomb	74	B	60%	64%	4%
Szeged–Öthalom	5	B	53%	57%	4%
Szegvár–Oromdülő	1	B	83%	87%	4%
Szegvár–Oromdülő	109	B	72%	79%	7%
Szegvár–Oromdülő	808	B	43%	51%	9%
Szegvár–Oromdülő	669	B	19%	23%	4%
Szegvár–Szőlőkalja	11	B	47%	53%	6%
Székkutas–Kápolnadülő	530	B	65%	73%	8%
Székkutas–Kápolnadülő	54	B	15%	19%	4%
Székkutas–Kápolnadülő	416	B	79%	87%	8%
Székkutas–Kápolnadülő	38	B	26%	41%	15%
Tiszafüred–Majoroshalom	1270	B	37%	57%	20%
Tiszafüred–Majoroshalom	988	B	33%	38%	5%

Tiszafüred–Majoroshalom	1027	B	49%	54%	5%
Tiszafüred–Majoroshalom	741	B	33%	47%	14%
Vörs–Papkert B	279	B	21%	36%	15%
mean	–	–	45%	55%	10%

F5. táblázat. A vizsgált egyének fogmorfológiai adatainak lefedettsége az antimere fogak adatainak összevonása előtt és után.

Jelleg	Fog	Max	Nem	Fokozat								
				0	1	2	3	3,5	4	5	6	7
S_DIAST	S_I1 között	1	F	9	1	-	-		-	-	-	-
			M	31	3	-	-		-	-	-	-
	SC melett	1	F	24	3	-	-	-	-	-	-	-
			M	44	3	-	-	-	-	-	-	-
IGROOVE	S_I1	1	F	15	1	-	-	-	-	-	-	-
			M	30	11	-	-	-	-	-	-	-
	S_I2	1	F	13	10	-	-	-	-	-	-	-
			M	28	20	-	-	-	-	-	-	-
LABCON	S_I1	4	F	8	3	0	0	-	0	-	-	-
			M	21	6	1	0	-	0	-	-	0
SHOV	S_I1	7	F	5	7	2	0	-	1	0	0	0
			M	15	12	8	1	-	1	0	0	0
	S_I2	7	F	6	4	3	6	-	1	0	0	0
			M	8	17	8	9	-	1	0	0	0
	S_C	7	F	17	9	1	1	-	0	0	0	0
			M	22	16	4	2	-	0	0	0	0
	I_I1	7	F	19	3	0	0	-	0	0	0	0
			M	27	7	3	0	-	0	0	0	0
	I_I2	7	F	24	3	2	0	-	0	0	0	0
			M	38	16	4	0	-	0	0	0	0
	I_C	7	F	25	6	1	1	-	0	0	0	0
			M	37	20	5	0	-	0	0	0	0
SHOV2	S_I1	6	F	5	2	4	2	-	0	0	0	-
			M	16	4	12	6	-	1	0	0	-
	S_I2	6	F	7	5	7	1	-	0	0	0	-
			M	19	8	9	7	-	1	0	0	-
TUBDENT	S_I1	6	F	6	1	3	1	-	0	1	0	-
			M	15	3	6	4	-	3	2	1	-
	S_I2	6	F	11	2	3	3	-	1	0	0	-
			M	19	6	6	4	-	2	1	1	-
	S_C	7	F	12	9	6	1	-	1	0	0	-
			M	15	9	15	10	-	2	0	0	-
WING	S_I1	3	F	14	3	0	0	-	-	-	-	-
			M	33	6	2	0	-	-	-	-	-
LIV	S_I2	6	F	24	0	0	0	-	0	0	0	-
			M	48	1	0	1	-	0	0	0	-
DAR	S_C	5	F	4	2	5	3	-	0	0	-	-

	I_C	5	M	8	4	5	7	-	3	1	-	-
			F	15	5	0	1	-	0	0	-	-
			M	23	8	10	2	-	0	0	-	-
MESRIG	S_C	3	F	24	0	0	1	-	-	-	-	-
			M	36	1	1	1	-	-	-	-	-
ROOTNUM	S_P1	3	F	-	28	7	1	-	-	-	-	-
			M	-	36	31	0	-	-	-	-	-
	S_P2	3	F	-	31	0	0	-	-	-	-	-
			M	-	47	0	0	-	-	-	-	-
	S_M1	4	F	-	0	2	14	-	0	-	-	-
			M	-	0	1	36	-	0	-	-	-
	S_M2	4	F	-	5	7	15	-	0	-	-	-
			M	-	6	7	30	-	0	-	-	-
	S_M3	4	F	-	14	7	4	-	0	-	-	-
			M	-	20	9	18	-	0	-	-	-
	I_C	2	F	-	36	1	0	-	0	-	-	-
			M	-	57	0	0	-	0	-	-	-
	I_M1	4	F	-	0	24	0	-	0	-	-	-
			M	-	0	24	11	-	0	-	-	-
	I_M2	4	F	-	9	13	0	-	0	-	-	-
			M	-	12	27	2	-	0	-	-	-
	I_M3	4	F	-	9	12	1	-	0	-	-	-
			M	-	4	20	6	-	0	-	-	-
ACCUP	S_P1	1	F	25	1	-	-	-	-	-	-	-
			M	45	9	-	-	-	-	-	-	-
	S_P2	1	F	21	2	-	-	-	-	-	-	-
			M	43	6	0	0	-	-	-	-	-
CARAB	S_M1	7	F	4	5	16	13	-	1		1	1
			M	7	5	17	17	-	11	1	3	0
	S_M2	7	F	26	5	7	1	-	0	0	0	0
			M	53	3	8	1	-	1	0	0	0
	S_M3	7	F	20	1	1	2	-	1	0	0	0
			M	44	3	2	0	-	2	1	0	0
ENEX	S_M1	3	F	31	3	1	4	-	-	-	-	-
			M	51	4	5	3	-	-	-	-	-
	S_M2	3	F	21	4	9	6	-	-	-	-	-
			M	37	11	18	2	-	-	-	-	-
	S_M3	3	F	15	3	4	2	-	-	-	-	-
			M	35	7	7	0	-	-	-	-	-

	I_M1	3	F	32	2	2	2	-	-	-	-	-
			M	58	8	2	1	-	-	-	-	-
	I_M2	3	F	24	6	4	1	-	-	-	-	-
			M	40	15	14	1	-	-	-	-	-
	I_M3	3	F	19	5	2	1	-	-	-	-	-
			M	29	5	10	1	-	-	-	-	-
HYPCO	S_M1	6	F	0	0	0	2	1	13	23	7	-
			M	0	0	0	0	1	22	50	6	-
	S_M2	6	F	9	6	6	11	2	3	1	0	-
			M	7	2	15	27	2	12	1	0	-
	S_M3	6	F	11	10	4	1	0	0	0	0	-
			M	11	19	15	5	0	0	1	0	-
METCON	S_M1	5	F	0	0	0	1	2	22	22	-	-
			M	0	0	0	0	1	39	36	-	-
	S_M2	5	F	0	0	1	10	14	15	2	-	-
			M	0	0	1	18	22	24	6	-	-
	S_M3	5	F	1	1	7	15	1	0	1	-	-
			2	1	14	20	6	9	2	2	-	-
METCONL	S_M1	5	F	13	3	6	0	-	0	0	-	-
			M	25	5	4	2	-	0	0	-	-
	S_M2	5	F	18	5	3	6	-	0	0	-	-
			M	23	12	5	3	-	0	0	-	-
	S_M3	5	F	10	2	8	3	-	2	0	-	-
			M	10	8	13	7	-	7	0	-	-
MOLCR	S_M1	3	F	8	3	0	-	-	-	-	-	-
			M	15	0	0	-	-	-	-	-	-
	S_M2	3	F	21	0	0	-	-	-	-	-	-
			M	33	0	0	-	-	-	-	-	-
	S_M3	3	F	19	2	1	-	-	-	-	-	-
			M	37	5	0	-	-	-	-	-	-
	I_M1	3	F	5	3	1	-	-	-	-	-	-
			M	8	2	0	-	-	-	-	-	-
	I_M2	3	F	13	3	0	-	-	-	-	-	-
			M	26	1	0	-	-	-	-	-	-
	I_M3	3	F	17	4	3	-	-	-	-	-	-
			M	21	5	2	-	-	-	-	-	-
PARAST	S_M1	5	F	36	2	1	0	-	0	0	-	-
			M	57	7	4	0	-	0	0	-	-
	S_M2	5	F	37	2	1		-	1	0	-	-

	S_M3	5	M	57	1	4	3	-	0	0	-	-
			F	19	3	2	2	-	0	0	-	-
			M	38	7	5	1	-	0	1	-	-
POTTH	S_M2	2	F	43	1	0	-	-	-	-	-	-
			M	65	2	4	-	-	-	-	-	-
	S_M3	2	F	29	0	0	-	-	-	-	-	-
			M	49	4	2	-	-	-	-	-	-
PEGSH	S_M3	3	F	24	4	1	0	-	-	-	-	-
			M	51	3	3	0	-	-	-	-	-
	I_M3	3	F	29	2	0	0	-	-	-	-	-
			M	50	0	0	0	-	-	-	-	-
LINGCSP	I_P1	3	F	4	28	3	0	-	-	-	-	-
			M	8	48	7	0	-	-	-	-	-
	I_P2	3	F	0	10	20	1	-	-	-	-	-
			M	0	19	42	3	-	-	-	-	-
TOMRT	I_P1	5	F	9	5	5	10	-	0	0	-	-
			M	13	8	18	12	-	1	0	-	-
ANTFO	I_M1	4	F	5	6	4	2	-	0	-	-	-
			M	3	12	1	2	-	0	-	-	-
	I_M2	4	F	3	11	8	1	-	0	-	-	-
			M	8	16	11	6	-	0	-	-	-
	I_M3	4	F	9	3	6	2	-	0	-	-	-
			M	18	2	6	4	-	0	-	-	-
CUSP5	I_M1	5	F	0	0	3	11	-	13	6	-	-
			M	1	1	2	13	-	24	13	-	-
	I_M2	5	F	16	2	0	2	-	0	0	-	-
			M	28	3	4	5	-	1	0	-	-
	I_M3	5	F	11	3	2	3	-	5	1	-	-
			M	10	8	6	7	-	6	6	-	-
CUSP6	I_M1	5	F	18	1	1	0	-	0	0	-	-
			M	14	2	2	1	-	0	0	-	-
	I_M2	5	F	19	0	0	0	-	0	0	-	-
			M	35		1	1	-	1	0	-	-
	I_M3	5	F	24		1	0	-	0	0	-	-
			M	34		1	1	-	1	4	-	-
CUSP7	I_M1	4	F	27	2	1	0	-	1	-	-	-
			M	44	2	2	2	-	5	-	-	-
	I_M2	4	F	33	0	0	1	-	0	-	-	-
			M	56	4		1	-	0	-	-	-

	I_M3	4	F	17	3	5	0	-	0	-	-	
			M	38	3	1	1	-	1	-	-	
CUSPN	I_M1	6	F	-	-	0	0	-	0	20	2	
			M	-	-	0	0	-	1	13	5	
	I_M2	6	F	-	-	0	0	-	16	3	0	
			M	-	-	0	1	-	26	7	2	
	I_M3	6	F	-	-	0	1	-	10	13	1	
			M	-	-	0	0	-	10	24	7	
DEFWR	I_M1	3	F	7	3	7	0	-	-	-	-	
			M	6	7	8	0	-	-	-	-	
	I_M2	3	F	24	0	0	0	-	-	-	-	
			M	34	2	1	0	-	-	-	-	
	I_M3	3	F	23	1	0	0	-	-	-	-	
			M	26	0	4	0	-	-	-	-	
DIST3C	I_M1	2	F	11	7	1	-	-	-	-	-	
			M	17	6	1	-	-	-	-	-	-
	I_M2	2	F	10	8	0	-	-	-	-	-	-
			M	19	18	1	-	-	-	-	-	-
	I_M3	2	F	10	13	1	-	-	-	-	-	-
			M	11	19	2	-	-	-	-	-	-
GRVPAT	I_M1	3	F	-	23	5	5	-	-	-	-	-
			M	-	44	4	7	-	-	-	-	-
	I_M2	3	F	-	8	21	9	-	-	-	-	-
			M	-	14	30	21	-	-	-	-	-
	I_M3	3	F	-	4	12	10	-	-	-	-	-
			M	-	4	25	13	-	-	-	-	-
PROSTYL	I_M1	7	F	9	9	5	6	-	3	0	0	0
			M	17	11	2	5	-	2	3	0	0
	I_M2	7	F	9	9	4	8	-	2	0	0	0
			M	16	18	2	12	-	7	1	1	0
	I_M3	7	F	17	3	1	1	-	0	0	0	3
			M	24	6		3	-	1	5	2	0
PIT	I_M1	3	F	23	7	4	1	-	-	-	-	-
			M	41	11	8	2	-	-	-	-	-
	I_M2	3	F	23	8	3	2	-	-	-	-	-
			M	38	14	8	8	-	-	-	-	-
	I_M3	3	F	25	2	1	0	-	-	-	-	-
			M	38	4	3	1	-	-	-	-	-
PROSTYL_A	I_M1	5	F	21	2	0	2	-	0	0	-	-

	I_M2	5	M	23	0	0	6	-	1	0	-	-
			F	28	0	0	1	-	0	0	-	-
	I_M3	5	M	35	6	2	4	-	3	0	-	-
			F	8	10	5	3	-	0	0	-	-
			M	16	8	8	3	-	4	1	-	-
PROSTYL_M	I_M1	5	F	17	6	3	0	-	0	0	-	-
			M	22	5	3	3	-	0	0	-	-
	I_M2	5	F	22	6	2	0	-	0	0	-	-
			M	24	12	8	1	-	1	0	-	-
	I_M3	5	F	20	1	0	0	-	0	3	-	-
			M	26	3	1	6	-	3	0	-	-

Jegyzet: A táblázat az A csoportban vizsgált egyének adatait tartalmazza. Max: az adott jelleg esetén maximálisan adható osztályzat; F: nő; M: férfi.

F6. táblázat. Az egyes jellegek kifejezettségének gyakorisága nemenként.

Jelleg-fog pár	Wilcoxon_test
I C DAR	0,10001591918
I C ROOTNUM	0,22268863238
I C SHOV	0,14410899864
I I1 SHOV	0,20403649565
I I2 SHOV	0,12628741599
I M1 ANTFO	0,88602386392
I M1 CUSP5	0,28416147238
I M1 CUSP6	0,18554826653
I M1 CUSP7	0,35125644037
I M1 CUSPN	0,33280597734
I M1 DEFWR	0,76633972754
I M1 DIST3C	0,40364555947
I M1 ENEX	0,90624974497
I M1 GRVPAT	0,32262695600
I M1 MOLCR	0,24889465862
I M1 PIT	0,98214991948
I M1 PROSTYL	0,30855763617
I M1 PROSTYL A	0,39561743833
I M1 PROSTYL M	0,86988778711
I M1 ROOTNUM	0,00693923834
I M2 ANTFO	0,89396430870
I M2 CUSP5	0,31595581601
I M2 CUSP6	0,22064770490
I M2 CUSP7	0,33822806092
I M2 CUSPN	0,53446837829
I M2 DEFWR	0,16189757751
I M2 DIST3C	0,65097081477
I M2 ENEX	0,26837709097
I M2 GRVPAT	0,55676455684
I M2 MOLCR	0,11010549001
I M2 PIT	0,31476695844
I M2 PROSTYL	0,75390158909
I M2 PROSTYL A	0,00600755368
I M2 PROSTYL M	0,04404341736
I M2 ROOTNUM	0,26509483873
I M3 ANTFO	0,49257000577
I M3 CUSP5	0,17002104898
I M3 CUSP6	0,10498982308
I M3 CUSP7	0,07969031290
I M3 CUSPN	0,03996416557
I M3 DEFWR	0,23204207984
I M3 DIST3C	0,55623092839
I M3 ENEX	0,47289913025
I M3 GRVPAT	0,83777043833
I M3 MOLCR	0,68801915681
I M3 PEGSH	0,07356476757
I M3 PIT	0,41727822537

I M3 PROSTYL	0,51850632952
I M3 PROSTYL A	0,83767512271
I M3 PROSTYL M	0,25341578726
I M3 ROOTNUM	0,01266793389
I P1 LINGCSP	0,90683129676
I P1 TOMRT	0,91876920505
I P2 LINGCSP	0,74589896655
S C DAR	0,48443272674
S C DIAST	0,48391768434
S C MESRIG	0,58840050232
S C SHOV	0,32922153263
S C TUBDENT	0,04798451067
S DIAST	0,93278264609
S I1 IGROOVE	0,09202592323
S I1 LABCON	0,95085461467
S I1 SHOV	0,91462968089
S I1 SHOV2	0,94672436896
S I1 TUBDENT	0,57875656803
S I1 WING	0,82148019352
S I2 IGROOVE	0,89149237172
S I2 LIV	0,33407808284
S I2 SHOV	0,83057074520
S I2 SHOV2	0,98786718293
S I2 TUBDENT	0,70419016129
S M1 CARAB	0,15639167253
S M1 ENEX	0,81139140166
S M1 HYPCO	0,88920234562
S M1 METCON	0,73358270311
S M1 METCONL	0,44153733019
S M1 MOLCR	0,03922242768
S M1 PARAST	0,21355959493
S M1 ROOTNUM	0,16779120790
S M2 CARAB	0,16412739922
S M2 ENEX	0,42907123320
S M2 HYPCO	0,02745649343
S M2 METCON	0,80819111650
S M2 METCONL	0,76773099883
S M2 MOLCR	N
S M2 PARAST	0,65827159554
S M2 POTTH	0,17348966553
S M2 ROOTNUM	0,26518907080
S M3 CARAB	0,60519909637
S M3 ENEX	0,31974433362
S M3 HYPCO	0,02411800758
S M3 METCON	0,15833718945
S M3 METCONL	0,19988618033
S M3 MOLCR	0,80530194692
S M3 PARAST	0,94576458623

S M3 PEGSH	0,42623043247
S M3 POTTH	0,06828417028
S M3 ROOTNUM	0,11423558870
S P1 ACCUP	0,10852718038
S P1 ROOTNUM	0,02450192769
S P2 ACCUP	0,66529791437
S P2 ROOTNUM	N

Jegyzetek: A táblázat az A csoportban vizsgált egyének adatait tartalmazza. N: nincs adat. A Wilcoxon teszt esetén a korrigált szignifikancia szint: $0,000490196 \geq p$.

F7. táblázat. A fog non-metrikus jellegek nemi dimorfizmusára vonatkozó Wilcoxon teszt eredményei.

Jelleg	Fog	Max	Kor	Fokozat								
				0	1	2	3	3,5	4	5	6	7
DIAST	S_I1 között	1	A	39	4	-	-	-	-	-	-	-
			H	11	2	-	-	-	-	-	-	-
	SC melett	1	A	65	10	-	-	-	-	-	-	-
			H	21	1	-	-	-	-	-	-	-
IGROOVE	S_I1	1	A	49	11	-	-	-	-	-	-	-
			H	12	2	-	-	-	-	-	-	-
	S_I2	1	A	39	33	-	-	-	-	-	-	-
			H	12	7	-	-	-	-	-	-	-
LABCON	S_I1	4	A	35	9	2	0	-	0	-	-	-
			H	6	3	0	0	-	0	-	-	-
SHOV	S_I1	7	A	17	20	12	4	-	2	0	0	0
			H	8	5	0	0	-	0	0	0	0
	S_I2	7	A	14	22	11	16	-	2	0	0	0
			H	6	6	3	2	-	1	0	0	0
	S_C	7	A	38	28	7	4	-	0	0	0	0
			H	12	6	1	0	-	0	0	0	0
	I_I1	7	A	48	13	4	0	-	0	0	0	0
			H	14	0	1	0	-	0	0	0	0
	I_I2	7	A	60	24	8	1	-	0	0	0	0
			H	19	1	3	0	-	0	0	0	0
	I_C	7	A	66	24	11	1	-	1	0	0	0
			H	18	7	0	0	-	0	0	0	0
SHOV2	S_I1	6	A	22	5	18	12	-	1	0	0	-
			H	3	4	4	1	-	0	0	0	-
	S_I2	6	A	25	17	17	8	-	0	0	0	-
			H	9	2	3	1	-	1	0	0	-
TUBDENT	S_I1	6	A	21	4	11	5	-	6	3	1	-
			H	7	1	2	1	-	2	0	0	-
	S_I2	6	A	29	8	7	10	-	3	2	1	-
			H	11	2	3	0	-	1	0	1	-
	S_C	7	A	29	17	23	11	-	3	0	0	-
			H	7	5	5	4	-	1	0	0	-

WING	S_I1	3	A	49	11	2	0	-	-	-	-	-
			H	13	2	1	0	-	-	-	-	-
LIV	S_I2	6	A	73	1	0	0	-	0	0	0	-
			H	18	1	0	1	-	0	0	0	-
DAR	S_C	5	A	8	6	9	13	-	6	2	-	-
			H	6	1	3	3	-	0	0	-	-
	I_C	5	A	33	18	15	3	-	2	0	-	-
			H	11	2	0	1	-	0	0	-	-
MESRIG	S_C	3	A	63	2	1	3	-	-	-	-	-
			H	16	0	0	0	-	-	-	-	-
ROOTNUM	S_P1	3	A	-	68	43	1	-	-	-	-	-
			H	-	19	11	0	-	-	-	-	-
	S_P2	3	A	-	89	3	0	-	-	-	-	-
			H	-	23	0	0	-	-	-	-	-
	S_M1	4	A	-	1	6	55	-	0	-	-	-
			H	-	0	1	19	-	0	-	-	-
	S_M2	4	A	-	11	12	53	-	0	-	-	-
			H	-	3	4	15	-	0	-	-	-
	S_M3	4	A	-	30	15	25	-	1	-	-	-
			H	-	11	5	5	-	0	-	-	-
	I_C	2	A	-	104	2	0	-	0	-	-	-
			H	-	29	0	0	-	0	-	-	-
	I_M1	4	A	-	0	63	11	-	0	-	-	-
			H	-	0	15	0	-	0	-	-	-
	I_M2	4	A	-	18	55	3	-	0	-	-	-
			H	-	6	11	0	-	0	-	-	-
	I_M3	4	A	-	15	33	6	-	0	-	-	-
			H	-	4	10	2	-	0	-	-	-
ACCUP	S_P1	1	A	79	11	-	-	-	-	-	-	-
			H	18	4	-	-	-	-	-	-	-
	S_P2	1	A	69	9	-	-	-	-	-	-	-
			H	18	2	-	-	-	-	-	-	-
CARAB	S_M1	7	A	15	12	32	32	-	15	3	2	1
			H	3	1	11	7	-	4	0	2	0

	S_M2	7	A	81	9	13	4	-	1	1	0	0
			H	22	3	7	0	-	0	0	0	0
	S_M3	7	A	58	6	2	3	-	3	1	0	0
			H	21	2	1	0	-	0	0	0	0
ENEX	S_M1	3	A	92	6	6	6	-	-	-	-	-
			H	28	3	1	1	-	-	-	-	-
	S_M2	3	A	62	15	32	7	-	-	-	-	-
			H	23	3	1	3	-	-	-	-	-
	S_M3	3	A	49	12	9	2	-	-	-	-	-
			H	15	2	2	1	-	-	-	-	-
	I_M1	3	A	94	9	5	2	-	-	-	-	-
			H	30	3	1	1	-	-	-	-	-
	I_M2	3	A	56	24	27	5	-	-	-	-	-
			H	31	4	1	0	-	-	-	-	-
	I_M3	3	A	50	14	11	2	-	-	-	-	-
			H	17	1	2	0	-	-	-	-	-
HYPCO	S_M1	6	A	0	0	0	3	4	26	78	17	-
			H	0	0	0	0	0	11	20	5	-
	S_M2	6	A	11	9	19	45	5	14	4	0	-
			H	7	4	5	10	1	3	0	0	-
	S_M3	6	A	15	24	23	7	0	0	1	1	-
			H	11	10	3	1	0	0	0	0	-
METCON	S_M1	5	A	0	0	0	0	1	63	65	-	-
			H	0	0	0	1	2	21	12	-	-
	S_M2	5	A	0	0	1	22	39	41	17	-	-
			H	0	0	1	12	10	9	1	-	-
	S_M3	5	A	2	2	15	36	9	9	3	-	-
			H	1	0	9	13	-	2	0	-	-
METCONL	S_M1	5	A	36	13	11	1	-	0	0	-	-
			H	14	3	1	2	-	0	0	-	-
	S_M2	5	A	45	16	11	8	-	0	0	-	-
			H	13	8	1	3	-	0	0	-	-
	S_M3	5	A	20	8	18	10	-	7	3	-	-
			H	7	4	6	3	-	3	0	-	-

MOLCR	S_M1	2	A	27	4	0	-	-	-	-	-	-
			H	6	1	0	-	-	-	-	-	-
	S_M2	2	A	58	3	0	-	-	-	-	-	-
			H	19	0	0	-	-	-	-	-	-
	S_M3	2	A	51	10	1	-	-	-	-	-	-
			H	19	1	1	-	-	-	-	-	-
	I_M1	2	A	14	7	0	-	-	-	-	-	-
			H	5	2	1	-	-	-	-	-	-
	I_M2	2	A	38	11	2	-	-	-	-	-	-
			H	17	1	0	-	-	-	-	-	-
	I_M3	2	A	32	16	6	-	-	-	-	-	-
			H	16	3	1	-	-	-	-	-	-
PARAST	S_M1	5	A	96	8	9	0	-	0	0	-	-
			H	30	2	1	0	-	0	0	-	-
	S_M2	5	A	102	4	4	3	-	0	0	-	-
			H	30	0	1	1	-	1	0	-	-
	S_M3	5	A	59	10	4	3	-	0	0	-	-
			H	17	1	3	0	-	0	1	-	-
POTTH	S_M2	2	A	112	8	3	-	-	-	-	-	-
			H	31	0	2	-	-	-	-	-	-
	S_M3	2	A	76	1	4	-	-	-	-	-	-
			H	24	3	0	-	-	-	-	-	-
PEGSH	S_M3	3	A	73	6	4	0	-	-	-	-	-
			H	24	2	1	0	-	-	-	-	-
	I_M3	3	A	80	4	0	0	-	-	-	-	-
			H	24	0	0	0	-	-	-	-	-
LINGCSP	I_P1	3	A	15	79	17	0	-	-	-	-	-
			H	2	21	5	0	-	-	-	-	-
	I_P2	3	A	0	32	70	3	-	-	-	-	-
			H	0	10	18	1	-	-	-	-	-
TOMRT	I_P1	5	A	31	12	27	21	-	1	0	-	-
			H	4	5	8	7	-	1	0	-	-
ANTFO	I_M1	4	A	12	16	11	3	-	0	-	-	-
			H	2	7	1	2	-	0	-	-	-

	I_M2	4	A	13	28	18	11	-	3	-	-	-
			H	3	5	10	3	-	0	-	-	-
	I_M3	4	A	26	4	13	8	-	1	-	-	-
			H	10	4	4	0	-	0	-	-	-
CUSP5	I_M1	5	A	1	1	6	23	-	32	27	-	-
			H	0	0	0	7	-	14	5	-	-
	I_M2	5	A	41	8	8	9	-	1	1	-	-
			H	19	4	0	1	-	0	0	-	-
	I_M3	5	A	23	10	11	8	-	11	7	-	-
			H	10	3	2	4	-	3	1	-	-
CUSP6	I_M1	5	A	40	4	3	1	-	0	0	-	-
			H	9	2	2	0	-	0	0	-	-
	I_M2	5	A	56	0	2	2	-	1	1	-	-
			H	23	0	0	0	-	0	0	-	-
	I_M3	5	A	57	1	4	1	-	1	4	-	-
			H	21	0	0	1	-	0	1	-	-
CUSP7	I_M1	4	A	78	5	5	2	-	4	-	-	-
			H	24	2	0	1	-	2	-	-	-
	I_M2	4	A	86	8	2	0	-	0	-	-	-
			H	30	1	0	2	-	0	-	-	-
	I_M3	4	A	58	4	5	1	-	1	-	-	-
			H	19	3	1	0	-	0	-	-	-
CUSPN	I_M1	6	A	-	-	0	0	-	1	42	8	-
			H	-	-	0	0	-	0	9	4	-
	I_M2	6	A	-	-	0	1	-	40	15	5	-
			H	-	-	0	0	-	18	5	0	-
	I_M3	6	A	-	-	0	2	-	19	36	10	-
			H	-	-	0	1	-	9	11	2	-
DEFWR	I_M1	3	A	16	15	17	1	-	-	-	-	-
			H	5	1	4	0	-	-	-	-	-
	I_M2	3	A	62	2	2	0	-	-	-	-	-
			H	23	1	1	0	-	-	-	-	-
	I_M3	3	A	55	1	3	0	-	-	-	-	-
			H	16	0	1	0	-	-	-	-	-

DIST3C	I_M1	3	A	35	14	2	-	-	-	-	-	-
			H	11	4	0	-	-	-	-	-	-
	I_M2	3	31	28	1	0	-	-	-	-	-	-
			10	15	0	0	-	-	-	-	-	-
	I_M3	3	A	28	29	3	-	-	-	-	-	-
			H	3	14	1	-	-	-	-	-	-
GRVPAT	I_M1	3	A	-	71	11	12	-	-	-	-	-
			H	-	19	4	4	-	-	-	-	-
	I_M2	3	A	-	21	53	37	-	-	-	-	-
			H	-	8	17	10	-	-	-	-	-
	I_M3	3	A	-	6	38	22	-	-	-	-	-
			H	-	3	13	6	-	-	-	-	-
PROSTYL	I_M1	7	A	26	26	8	9	-	10	1	0	0
			H	8	8	1	3	-	1	2	0	0
	I_M2	7	A	28	32	8	17	-	11	1	0	0
			H	6	11	0	8	-	3	0	1	0
	I_M3	7	A	39	10	1	3	-	3	6	4	3
			H	18	1	0	1	-	0	1	0	0
PIT	I_M1	3	A	65	25	15	2	-	-	-	-	-
			H	15	6	5	2	-	-	-	-	-
	I_M2	3	A	57	27	13	13	-	-	-	-	-
			H	21	5	5	3	-	-	-	-	-
	I_M3	3	A	63	7	6	1	-	-	-	-	-
			H	22	1	0	0	-	-	-	-	-
PROSTYL_A	I_M1	5	A	45	1	0	8	-	2	0	-	-
			H	15	1	0	3	-	0	0	-	-
	I_M2	5	A	71	6	1	3	-	3	1	-	-
			H	22	2	1	3	-	0	0	-	-
	I_M3	5	A	28	18	9	7	-	5	2	-	-
			H	5	7	5	3	-	1	0	-	-
PROSTYL_M	I_M1	5	A	40	12	11	1	-	0	0	-	-
			H	12	3	1	2	-	0	0	-	-
	I_M2	5	A	51	18	12	1	-	0	0	-	-
			H	15	8	3	0	-	1	0	-	-

	I_M3	5	A	46	4	3	7	-	5	3	-	-
			H	17	1	0	1		0	0	-	

Jegyzetek: A táblázat az A és B csoportban vizsgált egyének adatait tartalmazza. Max: az adott jelleg esetén maximálisan adható osztályzat; A: avar korra datált egyének adatai;
H: Honfoglalás korra datált egyének adatai.

F8. táblázat. Az egyes jellegek kifejezettségének gyakorisága korszakonként.

Fog-Jelleg	Wilcoxon_test	Avar_mean	Avar_n	Honf._mean	Honf._n
I_C_DAR	0,085914347	0,911764706	68	0,470588235	17
I_C_ROOTNUM	0,426506213	1,019607843	102	1	33
I_C_SHOV	0,110516104	0,535353535	99	0,24137931	29
I_I1_SHOV	0,220025124	0,322580645	62	0,166666667	18
I_I2_SHOV	0,179153692	0,466666667	90	0,307692308	26
I_M1_ANTFO	0,468359032	1,076923077	39	1,333333333	15
I_M1_CUSP5	0,566069205	3,808139535	86	3,966666667	30
I_M1_CUSP6	0,562176022	0,288888889	45	0,375	16
I_M1_CUSP7	0,993174676	0,409090909	88	0,4	35
I_M1_CUSPN	0,348105764	5,041666667	48	5,25	16
I_M1_DEFWR	0,823602458	1,02173913	46	1,076923077	13
I_M1_DIST3C	0,354476553	0,375	48	0,222222222	18
I_M1_ENEX	0,627952597	0,240384615	104	0,195121951	41
I_M1_GRVPAT	0,933338173	2,775280899	89	2,8125	32
I_M1_MOLCR	0,5618259	0,315789474	19	0,5	10
I_M1_PIT	0,460592497	0,578431373	102	0,727272727	33
I_M1_PROSTYL	0,711374142	1,44	75	1,392857143	28
I_M1_PROSTYL_A	0,725634649	0,622641509	53	0,454545455	22
I_M1_PROSTYL_M	0,891634404	0,573770492	61	0,619047619	21
I_M1_ROOTNUM	0,05687021	2,161971831	71	2	19
I_M2_ANTFO	0,310695176	1,447761194	67	1,703703704	27
I_M2_CUSP5	0,175964345	0,873015873	63	0,413793103	29
I_M2_CUSP6	0,078695031	0,333333333	57	0	28
I_M2_CUSP7	0,862502881	0,120879121	91	0,210526316	38
I_M2_CUSPN	1	4,285714286	56	4,285714286	28
I_M2_DEFWR	0,839290176	0,177419355	62	0,103448276	29
I_M2_DIST3C	0,755414836	0,545454545	55	0,5	30
I_M2_ENEX	0,000401136	0,830188679	106	0,261904762	42
I_M2_GRVPAT	0,78018471	2,257142857	105	2,317073171	41
I_M2_MOLCR	0,115120148	0,282608696	46	0,130434783	23
I_M2_PIT	0,986194185	0,80952381	105	0,794871795	39
I_M2_PROSTYL	0,276669603	1,510869565	92	1,823529412	34
I_M2_PROSTYL_A	0,543299627	0,3875	80	0,484848485	33
I_M2_PROSTYL_M	0,609529689	0,545454545	77	0,65625	32
I_M2_ROOTNUM	0,215606554	1,797297297	74	1,6	20
I_M3_ANTFO	0,518395423	1,058823529	51	0,842105263	19
I_M3_CUSP5	0,160047368	1,985294118	68	1,44	25
I_M3_CUSP6	0,323848461	0,545454545	66	0,32	25
I_M3_CUSP7	0,864453373	0,313432836	67	0,2	25
I_M3_CUSPN	0,09472421	4,830769231	65	4,56	25
I_M3_DEFWR	0,634974033	0,192982456	57	0,105263158	19
I_M3_DIST3C	0,027960984	0,568965517	58	0,9	20

I_M3_ENEX	0,112536881	0,554054054	74	0,260869565	23
I_M3_GRPAT	0,925692113	2,0625	64	2,083333333	24
I_M3_MOLCR	0,140407882	0,519230769	52	0,272727273	22
I_M3_PEGSH	0,245889369	0,049382716	81	0	27
I_M3_PIT	0,198734483	0,283783784	74	0,076923077	26
I_M3_PROSTYL	0,006972881	1,611940299	67	0,391304348	23
I_M3_PROSTYL_A	0,214432263	1,23880597	67	1,47826087	23
I_M3_PROSTYL_M	0,02827462	1	66	0,19047619	21
I_M3_ROOTNUM	0,691736335	1,826923077	52	1,888888889	18
I_P1_LINGCSP	0,758402008	1,028301887	106	1,060606061	33
I_P1_TOMRT	0,300306052	1,459770115	87	1,733333333	30
I_P2_LINGCSP	0,795821798	1,722772277	101	1,696969697	33
S_C_DAR	0,073937995	2,186046512	43	1,357142857	14
S_C_DIAST	0,490953164	0,126760563	71	0,153846154	26
S_C_MESRIG	0,194942115	0,194029851	67	0	18
S_C_SHOV	0,151275253	0,716216216	74	0,409090909	22
S_C_TUBDENT	0,713663992	1,3	80	1,4	25
S_DIAST	0,633536154	0,095238095	42	0,142857143	14
S_I1_IGROOVE	0,896979852	0,172413793	58	0,1875	16
S_I1_LABCON	0,631344779	0,282608696	46	0,333333333	9
S_I1_SHOV	0,034331675	1,148148148	54	0,5	14
S_I1_SHOV2	0,669905673	1,421052632	57	1,230769231	13
S_I1_TUBDENT	0,267850245	1,734693878	49	1,133333333	15
S_I1_WING	0,607358617	0,254237288	59	0,210526316	19
S_I2_IGROOVE	0,192020617	0,47826087	69	0,318181818	22
S_I2_LIV	0,002201382	0	71	0,217391304	23
S_I2_SHOV	0,261620251	1,548387097	62	1,238095238	21
S_I2_SHOV2	0,318561754	1,125	64	0,947368421	19
S_I2_TUBDENT	0,226465963	1,368421053	57	0,952380952	21
S_M1_CARAB	0,78690324	2,38317757	107	2,515151515	33
S_M1_ENEX	0,515307104	0,342857143	105	0,210526316	38
S_M1_HYPCO	0,768938517	4,821138211	123	4,87804878	41
S_M1_METCON	0,012183884	4,512096774	124	4,268292683	41
S_M1_METCONL	0,811520163	0,610169492	59	0,590909091	22
S_M1_MOLCR	0,975614835	0,133333333	30	0,125	8
S_M1_PARAST	0,219290361	0,273148148	108	0,131578947	38
S_M1_ROOTNUM	0,298659748	2,822580645	62	2,952380952	21
S_M2_CARAB	0,731649823	0,519230769	104	0,513513514	37
S_M2_ENEX	0,046367858	0,864864865	111	0,514285714	35
S_M2_HYPCO	0,042911179	2,583333333	102	2,042857143	35
S_M2_METCON	0,005688463	3,791304348	115	3,460526316	38
S_M2_METCONL	0,8959069	0,776315789	76	0,75862069	29
S_M2_MOLCR	0,272079982	0,052631579	57	0	23
S_M2_PARAST	0,749957613	0,199074074	108	0,236842105	38
S_M2_POTTH	0,477166729	0,118644068	118	0,105263158	38

S_M2_ROOTNUM	0,834708086	2,540540541	74	2,583333333	24
S_M3_CARAB	0,281396421	0,5	72	0,16	25
S_M3_ENEX	0,535778165	0,507042254	71	0,428571429	21
S_M3_HYPCO	0,011716554	1,428571429	70	0,807692308	26
S_M3_METCON	0,062194558	2,926666667	75	2,615384615	26
S_M3_METCONL	0,75732899	1,769230769	65	1,625	24
S_M3_MOLCR	0,368297297	0,196721311	61	0,136363636	22
S_M3_PARAST	0,94504884	0,373333333	75	0,52173913	23
S_M3_PEGSH	0,680538673	0,148148148	81	0,206896552	29
S_M3_POTTH	0,546395374	0,113924051	79	0,103448276	29
S_M3_ROOTNUM	0,199438122	1,971428571	70	1,681818182	22
S_P1_ACCUP	0,757033523	0,151162791	86	0,153846154	26
S_P1_ROOTNUM	0,79895118	1,401869159	107	1,371428571	35
S_P2_ACCUP	0,656801673	0,253333333	75	0,086956522	23
S_P2_ROOTNUM	1	1	88	1	29

Jegyzetek: A táblázat az A és B csoportban vizsgált egyének adatait tartalmazza.

Avar_mean: Az avar korra datált egyének, adott jellegre adott osztályzatainak középértéke; Honf. mean: A honfoglalás korra datált egyének, adott jellegre adott osztályzatainak középértéke; n: vizsgált esetek száma. A Wilcoxon teszt esetén a korrigált szignifikancia szint: 0,000401136 \geq p.

F9. táblázat. A fog non-metrikus jellegek kifejezettségének korszakonkénti különbségeire vonatkozó Wilcoxon teszt eredményei.

Lelőhely	Sírszám	Nem	Történeti kor	Klaszter (5)	Klaszter (3)	ADMIXTURE komponens						
						French	Han	Chukchi	Karitia a	Papuan	Sindhi	Yoruba
Kiskundorozsma–Daruhalom–Dűlő	517	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Algyő 258. kútkörzet	75	M	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Alattyán–Tulát	414	F	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Alattyán–Tulát	442	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Apátfalva–Nagyútdűlő	286	F	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Árkus–Homokbánya	14/b	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Árkus–Homokbánya	43	F	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Árkus–Homokbánya	49	M	Avar	1	1	0,9991	0	8,00E-04	0	0	0	0
Csongrád–Berzsenyi utca	9	F	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Felgyő–Ürmös tanya	193	M	Avar	1	1	0,9653	0,0346	0	0	0	0	0
Homokmégy–Halom	10	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Homokmégy–Székes	229	F	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Homokmény–Székes	50	M	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Jánoshida–Tótképuszta	154	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Jánoshida–Tótképuszta	30	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Karos I.	1	N	Honf.	1	1	0,9524	0	0,0476	0	0	0	0
Karos I.	10	M	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Karos II.	33	M	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Karos II.	52	M	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Kiskundorozsma–Kettőshatár I.	245	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Kiskundorozsma–Kettőshatár I.	251	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0

Kiskundorozsma– Kettőshatár I.	252	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Kiskundorozsma– kettőshatár I.	368	F	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Kiskundorozsma– kettőshatár I.	541	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Kiskörö– Pohibuj Mackó dűlő	14	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Mélykút–Sáncdűlő	45	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Mélykút–Sáncdűlő	50	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Madaras–Téglavető	17	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Nagytarcsa– Homokbánya	2	F	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Nagytarcsa– Homokbánya	20	F	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Orosháza–Béke tsz.	52	F	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Orosháza–Bónum Téglagyár	108	F	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Orosháza–Bónum Téglagyár	3	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Orosháza–Bónum Téglagyár	56	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Püspökladány– Eperjesvölgy	23	M	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Pitvaros–Víztorozó	12	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Sárrétudvari–Hízóföld	106	M	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Sárrétudvari–Hízóföld	98	M	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Sárrétudvari–Hízóföld	12	F	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Sárrétudvari–Hízóföld	175	M	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Sárrétudvari–Hízóföld	251	M	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Sükösd Ságod	17	F	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0

Szegvár–Szőlőkalja	29	F	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Szegvár–Szőlőkalja	44	F	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Szeged–Fehértó A	26	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Szeged–Fehértó A	371	F	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Szeged–Kundomb	102	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Szeged–Kundomb	130	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Szeged–Kundomb	180	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Székkutas–Kápolnadűlő	62	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Székkutas–Kápolnadűlő	70	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Székkutas–Kápolnadűlő	89	F	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Szeged–Makkoserdő	24	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Szeged–Makkoserdő	332	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Szeged–Makkoserdő	38	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Szegvár–Oromdűlő	394	M	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Szegvár–Oromdűlő	829	M	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Tiszanána–Cseh tanya	5	M	Honf.	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Tiszafüred– Majoroshalom	1273	F	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Vörs–Papkert–B	31	F	Avar	1	1	0,9999	0	0	0	0	0	0
Árkus–Homokbánya	11	F	Avar	2	1	0,8204	0,135	0,0446	0	0	0	0
Bugyi–Kisványpusztá	2	M	Honf.	2	1	0,9087	0,0077	0,0836	0	0	0	0
Karos III.	13	M	Honf.	2	1	0,8328	0,0691	0,0981	0	0	0	0
Kiskundorozsma– Daruhalom–dűlő	188	F	Avar	2	1	0,925	0,075	0	0	0	0	0
Kiskundorozsma– Daruhalom–dűlő	520	F	Avar	2	1	0,8784	0,11	0,0115	0	0	0	0
Magyarhomoróg– Könyadomb	107	F	Honf.	2	1	0,8913	0,0143	0,0944	0	0	0	0
Nagytarcsa– Homokbánya	1	M	Honf.	2	1	0,8486	0,0705	0,0808	0	0	0	0

Püspökladány– Eperjesvölgy	418	F	Honf.	2	1	0,8834	0,0548	0,0617	0	0	0	0
Püspökladány– Eperjesvölgy	115	M	Honf.	2	1	0,8518	0,1144	0,0338	0	0	0	0
Püspökladány– Eperjesvölgy	28	M	Honf.	2	1	0,8767	0,0391	0,0842	0	0	0	0
Püspökladány– Eperjesvölgy	327	F	Honf.	2	1	0,8329	0,096	0,0711	0	0	0	0
Sándorfalva–Eperjes	23	M	Honf.	2	1	0,9215	0,0782	2,00E-04	0	0	0	0
Sárrétudvari–Hízóföld	143	F	Honf.	2	1	0,8382	0,1049	0,0569	0	0	0	0
Szarvas–Grexa téglagyár	212	F	Avar	2	1	0,8404	0,1307	0,0288	0	0	0	0
Árkus–Homokbánya	17	M	Avar	3	2	0,7578	0,202	0,0402	0	0	0	0
Árkus–Homokbánya	48	F	Avar	3	2	0,7861	0,164	0,0498	0	0	0	0
Karos II.	16	M	Honf.	3	2	0,7289	0,1454	0,1257	0	0	0	0
Karos II.	18	M	Honf.	3	2	0,7989	0,166	0,0351	0	0	0	0
Karos II.	29	M	Honf.	3	2	0,5947	0,2112	0,1884	0,0057	0	0	0
Karos III.	6	F	Honf.	3	2	0,6018	0,1794	0,2044	0,0144	0	0	0
Kaba–Dögös	16	M	Avar	3	2	0,6909	0,226	0,0831	0	0	0	0
Magyarhomoróg– Kőnyadomb	4	M	Honf.	3	2	0,6821	0,125	0,1928	0	0	0	0
Makó–Mikócsa–halom	61	M	Avar	3	2	0,7073	0,1997	0,093	0	0	0	0
Orosháza–Bónum Téglagyár	51	M	Avar	3	2	0,7713	0,1612	0,0675	0	0	0	0
Pitvaros–Víztorozó	205	M	Avar	3	2	0,6545	0,256	0,0894	0	0	0	0
Sándorfalva–Eperjes	16	F	Honf.	3	2	0,7394	0,1701	0,0857	0,0047	0	0	0
Sárrétudvari–Őrhalom	5	M	Honf.	3	2	0,6874	0,1845	0,128	0	0	0	0
Sárrétudvari– Poroshalom	10	M	Honf.	3	2	0,694	0,1588	0,1472	0	0	0	0
Szakony–Kavicsbánya	4	F	Honf.	3	2	0,5975	0,1681	0,2257	0,0087	0	0	0
Szegvár–Szőlőkalja	154	F	Honf.	3	2	0,5761	0,2166	0,1943	0,0129	0	0	0

Szarvas–Grexa téglagyár	147	M	Avar	3	2	0,6679	0,2355	0,0966	0	0	0	0
Szarvas–Grexa téglagyár	168	M	Avar	3	2	0,7916	0,1518	0,0566	0	0	0	0
Szarvas–Grexa téglagyár	316	F	Avar	3	2	0,6874	0,2703	0,0422	0	0	0	0
Tiszanána–Cseh tanya	2	F	Honf.	3	2	0,6035	0,193	0,1967	0,0067	0	0	0
Kunszállás–Fülöpjakab	14	F	Avar	4	2	0,2085	0,5596	0,2319	0	0	0	0
Kunszállás–Fülöpjakab	28	M	Avar	4	2	0,2564	0,4877	0,2559	0	0	0	0
Kunszállás–Fülöpjakab	59	M	Avar	4	2	0,2836	0,5263	0,1901	0	0	0	0
Kunszállás–Fülöpjakab	52	M	Avar	4	2	0,3049	0,4898	0,2052	0	0	0	0
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	4	M	Avar	4	2	0,5792	0,2906	0,1302	0	0	0	0
Árkus–Homokbánya	19	M	Avar	4	2	0,44	0,403	0,1521	0,0049	0	0	0
Árkus–Homokbánya	20	F	Avar	4	2	0,4178	0,4141	0,165	0,003	0	0	0
Árkus–Homokbánya	16	F	Avar	4	2	0,4181	0,4363	0,1455	0	0	0	0
Árkus–Homokbánya	21	F	Avar	4	2	0,5915	0,3192	0,0893	0	0	0	0
Árkus–Homokbánya	29	M	Avar	4	2	0,5031	0,363	0,1339	0	0	0	0
Árkus–Homokbánya	6	M	Avar	4	2	0,5247	0,3684	0,1068	0	0	0	0
Csólóvspálos– Felsőpálos	182	M	Avar	4	2	0,3476	0,4838	0,1686	0	0	0	0
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	6	M	Avar	4	2	0,5853	0,2831	0,1316	0	0	0	0
Kiskundorozsma– Kettőshatár II.	429	F	Avar	4	2	0,3325	0,5012	0,1662	0	0	0	0
Kiskundorozsma– Kettőshatár II.	441	F	Avar	4	2	0,3491	0,4862	0,1646	0	0	0	0
Kiskőrös–Vágóhídi dűlő	LXXI	F	Avar	4	2	0,3761	0,4414	0,1824	0	0	0	0
Kiskőrös–Vágóhídi dűlő	IX/8	F	Avar	4	2	0,4748	0,3908	0,1344	0	0	0	0

Madaras–Téglavető	74	M	Avar	4	2	0,1821	0,5584	0,2595	0	0	0	0
Szeged–Kundomb	213	F	Avar	4	2	0,5711	0,3359	0,0929	0	0	0	0
Szegvár–Oromdülő	127	F	Avar	4	2	0,5693	0,3421	0,0842	0,0044	0	0	0
Tatárszentgyörgy– Szabadtérpuszta	43	M	Avar	4	2	0,3776	0,4396	0,1828	0	0	0	0
Kunszállás–Fülöpjakab	32	M	Avar	5	3	0,0768	0,6451	0,278	0	0	0	0
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	27	F	Avar	5	3	0,0921	0,6271	0,2808	0	0	0	0
Petőfiszállás	1	M	Avar	5	3	0,0189	0,6664	0,3135	0,0012	0	0	0
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	9	M	Avar	5	3	0,0581	0,6697	0,2722	0	0	0	0
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	3	M	Avar	5	3	0,0297	0,6565	0,3138	0	0	0	0
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	8	M	Avar	5	3	0,0486	0,6597	0,2916	0	0	0	0
Kecskemét–Sallai út	1	M	Avar	5	3	0,0221	0,6757	0,3022	0	0	0	0
Apátfalva–Nagyútdülő	376	F	Avar	5	3	0	0,6578	0,2334	0	0	0,1087	0
Csolyospálos– Felsőpálos	114	M	Avar	5	3	0,0207	0,6679	0,3114	0	0	0	0
Csolyospálos– Felsőpálos	213	M	Avar	5	3	0,1075	0,631	0,2615	0	0	0	0
Fajsz Garadomb	4	M	Avar	5	3	0	0,6254	0,2402	0	0	0,1343	0
Felgyő–Ürmös tanya	215	M	Avar	5	3	0,1001	0,6143	0,2855	0	0	0	0
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	30/a	M	Avar	5	3	0,107	0,6494	0,2436	0	0	0	0
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	30/b	M	Avar	5	3	0,0457	0,6427	0,3115	0	0	0	0
Kunpeszér–Felsőpeszéri út	7	F	Avar	5	3	0,061	0,6544	0,2845	0	0	0	0
Kiskundorozsma– Kettőshatár II.	670	M	Avar	5	3	0	0,5708	0,2251	0	0	0,2041	0

Magyarhomoróg– Kónyadomb	23	M	Honf.	5	3	0	0	0,2315	0	0	0,7684	0
Makó–Mikócsa–halom	80	M	Avar	5	3	0	0,4631	0,2071	0	0	0,3298	0
Makó–Mikócsa–halom	83	F	Avar	5	3	0	0,2116	0,0978	0	0	0,6906	0
Makó–Mikócsa–halom	245	F	Avar	5	3	0,0604	0,6469	0,2917	0,001	0	0	0
Szeged–Öthalom	4	M	Honf.	5	3	0	0,1103	0,1261	0	0	0,7636	0
Szegvár–Oromdülő	187	F	Avar	5	3	0	0,4009	0,2217	3,00E-04	0	0,377	0

Jegyzetek: A táblázat az A csoportban vizsgált egyének adatait tartalmazza. M: férfi; F: nő; N: nincs adat; Avar: avar korra datált egyén; Honf.: honfoglalás korra datált egyén. Klaszter (5), (3): A klaszteranalízisen alapuló csoportosítás 5 és 3 csoportba.

F10. táblázat. A Supervised ADMIXTURE teszt egyéni eredményei.

Jelleg-fog pár	French	Han	Chukchi	Karitiana	Sindhi	French_p	Han_p	Chukchi_p	Karitiana_p	Sindhi_p
S_DIAST	0,045	-0,041	-0,045	-0,074	-0,048	0,7708727	0,7891911	0,7713778	0,6325738	0,7559103
S_I1_IGROOVE	0,204	0,178	0,215	-0,070	-0,081	0,1285388	0,1849174	0,1074453	0,6059464	0,5482877
S_I1_LABCON	0,069	-0,065	-0,017	-0,106	-0,071	0,6785899	0,6945239	0,9181067	0,5221869	0,6692508
S_I1_SHOV	-0,632	0,655	0,585	-0,067	0,098	0,0000005	0,0000001	0,0000053	0,6365244	0,4877065
S_I1_SHOV2	-0,429	0,375	0,401	0,206	0,226	0,0014985	0,0062014	0,0032022	0,1431874	0,1064756
S_I1_TUBDENT	-0,116	0,094	0,076	-0,067	0,115	0,4427550	0,5350951	0,6179490	0,6570364	0,4479317
S_I1_WING	-0,104	0,115	0,153	-0,062	-0,071	0,4360324	0,3912879	0,2528146	0,6463979	0,5970688
S_I2_IGROOVE	0,177	0,157	0,202	0,136	0,047	0,1386738	0,1900305	0,0911520	0,2596987	0,6988234
S_I2_LIV	0,130	-0,126	-0,129	-0,029	-0,031	0,2682400	0,2840800	0,2740975	0,8065425	0,7927212
S_I2_SHOV	-0,343	0,403	0,385	0,137	-0,086	0,0058930	0,0010568	0,0018377	0,2851690	0,5031917
S_I2_SHOV2	-0,388	0,413	0,381	0,229	0,026	0,0015168	0,0007055	0,0019108	0,0683882	0,8386661
S_I2_TUBDENT	0,203	0,240	0,250	-0,098	0,054	0,1229234	0,0667811	0,0561340	0,4620673	0,6869203
S_C_DAR	-0,117	0,211	0,112	-0,194	-0,163	0,4612903	0,1793800	0,4792275	0,2179960	0,3034999
S_C_DIAST	0,191	-0,174	-0,208	-0,062	-0,057	0,1024966	0,1377083	0,0754038	0,5995109	0,6269492
S_C_MESRIG	-0,130	0,139	0,153	-0,042	-0,039	0,3076054	0,2724047	0,2284005	0,7418608	0,7581662
S_C_SHOV	-0,451	0,473	0,452	0,051	-0,020	0,0000699	0,0000269	0,0000685	0,6732384	0,8651808
S_C_TUBDENT	-0,163	0,194	0,204	0,073	-0,096	0,1496968	0,0838530	0,0694074	0,5174051	0,3951838
S_P1_ACCUP	0,149	-0,113	-0,191	-0,060	-0,076	0,1864129	0,3196624	0,0894084	0,5979410	0,5035886
S_P1_ROOTNUM	0,185	0,208	0,198	-0,128	0,041	0,0613412	0,0353058	0,0445631	0,1990662	0,6782371
S_P2_ACCUP	-0,023	0,033	0,005	-0,042	-0,002	0,8505486	0,7860197	0,9670668	0,7263706	0,9882165
S_P2_ROOTNUM	-0,069	0,071	0,062	-0,114	0,025	0,5482224	0,5338017	0,5878512	0,3154887	0,8239895
S_M1_CARAB	0,152	-0,149	-0,164	0,056	-0,027	0,1276762	0,1345489	0,1003584	0,5766478	0,7868825
S_M1_ENEX	-0,325	0,349	0,331	0,244	0,015	0,0008653	0,0003183	0,0006917	0,0132946	0,8838202
S_M1_HYPCO	0,018	0,021	-0,042	-0,069	-0,058	0,8406354	0,8122676	0,6457367	0,4438388	0,5207440
S_M1_METCON	-0,245	0,261	0,193	-0,191	0,069	0,0062980	0,0035617	0,0320092	0,0347031	0,4498266
S_M1_METCONL	-0,167	0,139	0,139	0,301	0,098	0,2112951	0,2991518	0,2969259	0,0217880	0,4632457
S_M1_MOLCR	-0,392	0,158	0,300	0,713	0,539	0,0477228	0,4398917	0,1365040	0,0000437	0,0044826
S_M1_PARAST	0,142	-0,109	-0,141	-0,086	-0,088	0,1458940	0,2654056	0,1481494	0,3791450	0,3693493

S_M1_ROOTNUM	-0,074	0,147	0,153	0,071	-0,112	0,5967866	0,2903225	0,2699494	0,6096628	0,1206161
S_M2_CARAB	0,066	-0,121	-0,116	0,156	0,112	0,5048828	0,2183708	0,2400788	0,1121967	0,2565246
S_M2_ENEX	-0,346	0,383	0,366	0,193	0,001	0,0002442	0,0000419	0,0001004	0,0453616	0,9928063
S_M2_HYPCO	-0,272	0,266	0,258	-0,191	0,087	0,0051885	0,0063392	0,0080867	0,0522758	0,3798147
S_M2_METCON	-0,193	0,168	0,161	-0,139	0,120	0,0400311	0,0745071	0,0881369	0,1419483	0,2070582
S_M2_METCONL	0,092	-0,065	-0,092	-0,016	-0,064	0,4330859	0,5779026	0,4328374	0,8933721	0,5873493
S_M2_MOLCR	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
S_M2_PARAST	-0,023	-0,050	-0,035	-0,076	0,174	0,8153235	0,6124512	0,7227160	0,4390332	0,0745716
S_M2_POTTH	0,046	-0,046	-0,046	-0,053	-0,009	0,6282314	0,6274768	0,6244845	0,5715769	0,9207845
S_M2_ROOTNUM	0,124	-0,100	-0,119	0,064	-0,151	0,3076567	0,4119894	0,3254885	0,5989163	0,2134351
S_M3_CARAB	-0,006	0,035	0,007	-0,070	-0,067	0,9570099	0,7596277	0,9498275	0,5426940	0,5642333
S_M3_ENEX	-0,298	0,300	0,320	0,263	0,015	0,0104955	0,0100330	0,0058421	0,0247569	0,9015933
S_M3_HYPCO	-0,229	0,233	0,233	-0,032	-0,060	0,0546144	0,0330267	0,0331451	0,7839501	0,6038204
S_M3_METCON	-0,015	0,043	0,060	-0,076	-0,124	0,8944703	0,7017556	0,5952742	0,5011386	0,2725387
S_M3_METCONL	0,086	-0,061	-0,086	0,124	-0,076	0,4785531	0,6155631	0,4796229	0,3081869	0,5338293
S_M3_MOLCR	0,047	-0,053	-0,022	0,113	-0,064	0,7150834	0,6780878	0,8645304	0,3736439	0,6131920
S_M3_PARAST	0,048	-0,102	-0,048	-0,112	0,123	0,6758042	0,3763192	0,6778822	0,3270111	0,2852289
S_M3_PEGSH	0,111	-0,096	-0,138	-0,010	-0,028	0,3103800	0,3816951	0,2055901	0,9266198	0,8001956
S_M3_POTTH	-0,004	-0,069	-0,029	-0,060	0,220	0,9693726	0,5345534	0,7901439	0,5878953	0,0440968
S_M3_ROOTNUM	0,138	-0,133	-0,126	-0,143	-0,048	0,2481518	0,2636213	0,2912546	0,2318291	0,6894782
I_I1_SHOV	-0,616	0,603	0,619	0,023	0,150	0,0000002	0,0000004	0,0000002	0,8644834	0,2566030
I_I2_SHOV	-0,297	0,319	0,342	-0,019	-0,043	0,0052829	0,0026173	0,0011904	0,8621339	0,6944635
I_C_DAR	-0,273	0,279	0,267	0,084	-0,077	0,0712386	0,0253861	0,0330120	0,5079485	0,5449327
I_C_SHOV	-0,484	0,514	0,472	-0,049	0,036	0,0000006	0,0000001	0,0000012	0,6378004	0,7305528
I_C_ROOTNUM	-0,180	0,195	0,202	0,019	-0,021	0,0802790	0,0588374	0,0493030	0,8534554	0,8425578
I_P1_LINGCSP	0,039	-0,025	-0,083	-0,125	0,008	0,7009704	0,8031959	0,4162429	0,2209256	0,9361129
I_P1_TOMRT	-0,085	0,135	0,064	-0,051	-0,089	0,4482999	0,2287717	0,5681057	0,6490792	0,4300811
I_P2_LINGCSP	-0,048	0,090	0,021	0,007	-0,046	0,6473294	0,3840212	0,8396380	0,9451621	0,6607776
I_M1_ANTFO	0,217	-0,184	-0,070	0,156	-0,168	0,2104555	0,2892043	0,6873883	0,3696069	0,3332757
I_M1_CUSP5	-0,135	0,150	0,135	-0,026	-0,004	0,2108324	0,1623136	0,2090180	0,8074939	0,9673041

I_M1_CUSP6	-0,272	0,153	0,239	0,147	0,239	0,0944612	0,3528633	0,1436690	0,3717389	0,1429812
I_M1_CUSP7	0,111	-0,102	-0,110	-0,041	-0,036	0,3062198	0,3485955	0,3087255	0,7058633	0,7436775
I_M1_CUSPN	0,032	-0,145	0,003	0,216	0,126	0,8430675	0,3658143	0,9862486	0,1754931	0,4314836
I_M1_DEFWR	-0,047	0,226	0,213	0,353	-0,315	0,7813091	0,1731239	0,1985048	0,0295112	0,0543608
I_M1_DIST3C	-0,279	0,183	0,186	-0,205	0,252	0,0697078	0,2410665	0,2333281	0,1874323	0,1035486
I_M1_ENEX	-0,284	0,283	0,327	0,321	0,008	0,0030006	0,0031035	0,0005866	0,0007579	0,9330031
I_M1_MOLCR	-0,245	0,066	0,302	0,510	0,236	0,2977848	0,7808591	0,1952012	0,0215361	0,3163433
I_M1_PROSTYL	0,217	-0,191	-0,237	-0,094	-0,062	0,0675223	0,1087973	0,0445709	0,4336186	0,6045241
I_M1_PIT	0,044	-0,160	-0,011	0,125	0,187	0,6684723	0,1155267	0,9154091	0,2194160	0,0650080
I_M1_PROSTYL_A	0,072	-0,004	-0,075	-0,094	-0,116	0,6008719	0,9787574	0,5866552	0,4940734	0,3972381
I_M1_PROSTYL_M	0,178	-0,124	-0,169	-0,138	-0,127	0,1765260	0,3503630	0,2014852	0,2957669	0,3390356
I_M1_ROOTNUM	-0,443	0,485	0,442	-0,074	-0,080	0,0003948	0,0000861	0,0004055	0,5751655	0,5423612
I_M1_GRVPAT	0,055	-0,024	-0,026	-0,092	-0,083	0,6092014	0,8261947	0,8077027	0,3948038	0,4434057
I_M2_ANTFO	0,330	-0,315	-0,266	0,061	-0,155	0,0072839	0,0104832	0,0322615	0,6302927	0,2170337
I_M2_CUSP5	-0,247	0,336	0,288	0,176	-0,134	0,0524675	0,0076399	0,0229953	0,1709507	0,2990484
I_M2_CUSP6	-0,297	0,363	0,317	0,138	-0,054	0,0237804	0,0051337	0,0154293	0,3013655	0,6857886
I_M2_CUSP7	0,106	-0,087	-0,120	-0,056	-0,052	0,3021425	0,3968235	0,2442619	0,5897680	0,6163953
I_M2_CUSPN	-0,222	0,296	0,277	0,449	-0,113	0,1006004	0,0269765	0,0390688	0,0005182	0,4061591
I_M2_DEFWR	-0,120	0,090	0,122	-0,049	0,081	0,3517051	0,4869712	0,3443257	0,7050648	0,5293940
I_M2_DIST3C	-0,119	0,046	0,186	0,175	0,099	0,3778685	0,7333890	0,1655002	0,1930435	0,4632938
I_M2_ENEX	-0,285	0,331	0,247	0,061	0,015	0,0030641	0,0005181	0,0105816	0,5315746	0,8761320
I_M2_MOLCR	-0,262	0,194	0,161	-0,055	0,233	0,0860234	0,2073691	0,2952339	0,7248137	0,1287405
I_M2_PROSTYL	0,216	-0,184	-0,184	-0,030	-0,126	0,0404156	0,0663650	0,0819348	0,7762006	0,2366097
I_M2_PIT	-0,062	0,026	0,048	0,120	0,100	0,5284520	0,7903170	0,6248388	0,2242821	0,3111070
I_M2_PROSTYL_A	0,129	-0,099	-0,117	-0,057	-0,094	0,2586368	0,3857949	0,3060207	0,6204502	0,4121581
I_M2_PROSTYL_M	0,203	-0,179	-0,183	-0,101	-0,113	0,0762571	0,1199577	0,1116149	0,3822517	0,3259135
I_M2_ROOTNUM	-0,051	0,138	0,028	-0,116	-0,187	0,6871992	0,2731513	0,8240740	0,3555084	0,1357945
I_M2_GRVPAT	0,156	-0,131	-0,148	-0,157	-0,088	0,1147964	0,1857282	0,1341401	0,1110721	0,3768030

I_M3_ANTFO	0,112	-0,073	-0,150	0,150	-0,149	0,4331520	0,6123809	0,2922144	0,2922263	0,2955359
I_M3_CUSP5	-0,189	0,230	0,152	-0,176	-0,020	0,1200139	0,0567343	0,2124552	0,1491452	0,8684256
I_M3_CUSP6	-0,450	0,328	0,347	-0,093	0,479	0,0001348	0,0067058	0,0040112	0,4531797	0,0000414
I_M3_CUSP7	-0,032	0,069	0,030	0,052	-0,084	0,7940678	0,5725480	0,8048771	0,6697773	0,4879117
I_M3_CUSPN	-0,369	0,316	0,276	-0,144	0,294	0,0021368	0,0091103	0,0235556	0,2445653	0,0157784
I_M3_DEFWR	0,112	-0,096	-0,128	-0,086	-0,065	0,4166073	0,4870205	0,3512163	0,5335287	0,6356947
I_M3_DIST3C	0,092	-0,091	0,001	0,142	-0,242	0,4938939	0,4995899	0,9962496	0,2916078	0,0691640
I_M3_ENEX	-0,377	0,354	0,299	-0,138	0,211	0,0010243	0,0021228	0,0102794	0,2442336	0,0732377
I_M3_MOLCR	0,080	-0,028	-0,073	-0,067	-0,128	0,5693708	0,8436750	0,6020003	0,6322780	0,3598637
I_M3_PEGSH	0,044	-0,021	-0,076	0,116	-0,036	0,6925675	0,8521713	0,4948212	0,3005284	0,7475323
I_M3_PROSTYL	-0,034	0,055	-0,007	-0,150	-0,004	0,7867478	0,6566799	0,9563228	0,2258298	0,9712578
I_M3_PIT	0,020	0,011	-0,026	-0,091	-0,073	0,8636454	0,9270952	0,8260546	0,4351277	0,5325785
I_M3_PROSTYL_A	-0,006	-0,013	0,098	0,109	-0,106	0,9596718	0,9180936	0,4295212	0,3814236	0,3942713
I_M3_PROSTYL_M	0,010	0,008	-0,037	-0,136	-0,026	0,9360638	0,9524089	0,7716056	0,2830541	0,8400077
I_M3_ROOTNUM	-0,186	0,227	0,292	0,214	-0,185	0,1833650	0,1024009	0,0336226	0,1242582	0,1857428
I_M3_GRVPAT	-0,085	0,132	0,115	-0,085	-0,120	0,4850713	0,2778924	0,3454870	0,4856791	0,3255687

Jegyzetek: Az Pearson-féle korrelációs teszt esetén mindkét állcsont fogaira vonatkozó korrigált szignifikancia szint: $0,0001003704 \geq p$.

A második Pearson-féle korrelációs teszt esetén a korrigált szignifikancia szint: $0,0001347689 \geq p$.

F11. táblázat. Az ADMIXTURE komponensek és a fog non-metrikus jellegek közti összefüggéseket vizsgáló Pearson-féle korrelációs teszt eredményei.

Jelleg-fog pár	Chukchi	French	Han	Karitiana	Sindhi	Chukchi_p	French_1	Han_1	Karitiana_p	Sindhi_p
S_DIAST	-0,045	0,045	-0,041	-0,074	-0,048	0,77137777	0,77087272	0,7891911	0,63257379	0,75591033
I_M1_GRVPAT	-0,026	0,055	-0,024	-0,092	-0,083	0,80770267	0,60920138	0,82619469	0,39480377	0,44340566
I_M2_GRVPAT	-0,148	0,156	-0,131	-0,157	-0,088	0,13414008	0,11479644	0,18572817	0,11107207	0,37680297
I_M3_GRVPAT	0,115	-0,085	0,132	-0,085	-0,120	0,34548697	0,48507126	0,27789238	0,48567909	0,32556869
S_I1_IGROOVE	-0,215	0,204	-0,178	-0,070	-0,081	0,10744534	0,1285388	0,18491735	0,60594642	0,54828768
S_I1_LABCON	-0,017	0,069	-0,065	-0,106	-0,071	0,91810675	0,67858991	0,69452389	0,52218691	0,66925082
S_I1_SHOV	0,585	-0,632	0,655	-0,067	0,098	5,29E-06	4,96E-07	1,35E-07	0,63652438	0,48770648
S_I1_SHOV2	0,401	-0,429	0,375	0,206	0,226	0,00320219	0,00149853	0,0062014	0,1431874	0,10647562
S_I1_TUBDENT	0,076	-0,116	0,094	-0,067	0,115	0,61794896	0,44275505	0,53509512	0,65703638	0,44793172
S_I1_WING	0,153	-0,104	0,115	-0,062	-0,071	0,25281464	0,43603238	0,3912879	0,64639793	0,59706876
S_I2_IGROOVE	0,202	-0,177	0,157	0,136	0,047	0,091152	0,13867379	0,19003049	0,25969865	0,6988234
S_I2_LIV	-0,129	0,130	-0,126	-0,029	-0,031	0,27409747	0,26824001	0,28408001	0,80654249	0,79272116
S_I2_SHOV	0,385	-0,343	0,403	0,137	-0,086	0,0018377	0,00589295	0,00105681	0,28516901	0,50319172
S_I2_SHOV2	0,381	-0,388	0,413	0,229	0,026	0,00191081	0,00151681	7,05E-04	0,06838823	0,8386661
S_I2_TUBDENT	-0,250	0,203	-0,240	-0,098	0,054	0,05613398	0,12292337	0,06678107	0,46206728	0,68692034
S_C_DAR	0,112	-0,117	0,211	-0,194	-0,163	0,47922754	0,46129033	0,17937996	0,21799603	0,30349994
S_C_DIAST	-0,208	0,191	-0,174	-0,062	-0,057	0,07540378	0,1024966	0,13770826	0,59951093	0,62694917
S_C_MESRIG	0,153	-0,130	0,139	-0,042	-0,039	0,22840055	0,30760537	0,27240474	0,74186081	0,75816623
S_C_SHOV	0,452	-0,451	0,473	0,051	-0,020	6,85E-05	6,99E-05	2,69E-05	0,67323838	0,86518082
S_C_TUBDENT	0,204	-0,163	0,194	0,073	-0,096	0,06940743	0,14969675	0,08385302	0,51740506	0,39518384
S_P1_ACCUP	-0,191	0,149	-0,113	-0,060	-0,076	0,0894084	0,18641292	0,31966243	0,597941	0,50358858
S_P1_ROOTNUM	-0,198	0,185	-0,208	-0,128	0,041	0,04456308	0,06134123	0,0353058	0,19906621	0,67823708
S_P2_ACCUP	0,005	-0,023	0,033	-0,042	-0,002	0,96706679	0,85054861	0,78601967	0,72637055	0,98821653
S_P2_ROOTNUM	0,062	-0,069	0,071	-0,114	0,025	0,58785122	0,54822236	0,53380171	0,31548874	0,8239895
S_M1_CARAB	-0,164	0,152	-0,149	0,056	-0,027	0,10035839	0,12767621	0,13454893	0,57664783	0,78688254
S_M1_ENEX	0,331	-0,325	0,349	0,244	0,015	6,92E-04	8,65E-04	3,18E-04	0,01329463	0,88382019
S_M1_HYPCO	-0,042	0,018	0,021	-0,069	-0,058	0,6457367	0,84063541	0,81226756	0,44383885	0,52074404

S_M1_METCON	0,193	-0,245	0,261	-0,191	0,069	0,03200921	0,00629798	0,00356166	0,03470315	0,44982655
S_M1_METCONL	0,139	-0,167	0,139	0,301	0,098	0,29692593	0,21129509	0,29915183	0,02178803	0,46324568
S_M1_MOLCR	0,300	-0,392	0,158	0,713	0,539	0,13650401	0,04772277	0,43989172	4,37E-05	0,00448256
S_M1_PARAST	-0,141	0,142	-0,109	-0,086	-0,088	0,14814937	0,14589396	0,26540561	0,37914504	0,36934931
S_M1_ROOTNUM	0,153	-0,074	0,147	0,071	-0,214	0,26994942	0,59678662	0,29032255	0,6096628	0,12061609
S_M2_CARAB	-0,116	0,066	-0,121	0,156	0,112	0,24007881	0,50488282	0,21837075	0,1121967	0,2565246
S_M2_ENEX	0,366	-0,346	0,383	0,193	0,001	1,00E-04	2,44E-04	4,19E-05	0,04536159	0,99280635
S_M2_HYPCO	0,258	-0,272	0,266	-0,191	0,087	0,00808669	0,00518853	0,00633917	0,05227581	0,37981472
S_M2_METCON	0,161	-0,193	0,168	-0,139	0,120	0,08813689	0,04003106	0,07450707	0,14194832	0,20705819
S_M2_METCONL	-0,092	0,092	-0,065	-0,016	-0,064	0,43283737	0,43308594	0,57790265	0,89337211	0,58734927
S_M2_MOLCR	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
S_M2_PARAST	-0,035	-0,023	-0,050	-0,076	0,174	0,72271605	0,81532351	0,61245116	0,43903318	0,0745716
S_M2_POTTH	-0,046	0,046	-0,046	-0,053	-0,009	0,62448454	0,62823135	0,62747682	0,57157691	0,9207845
S_M2_ROOTNUM	-0,119	0,124	-0,100	0,064	-0,151	0,32548852	0,30765668	0,41198944	0,59891626	0,21343508
S_M3_CARAB	0,007	-0,006	0,035	-0,070	-0,067	0,94982751	0,95700988	0,7596277	0,54269396	0,56423333
S_M3_ENEX	0,320	-0,298	0,300	0,263	0,015	0,00584212	0,01049554	0,010033	0,02475685	0,90159332
S_M3_HYPCO	0,243	-0,220	0,243	-0,032	-0,060	0,03314509	0,05461441	0,03302671	0,78395013	0,60382044
S_M3_METCON	0,060	-0,015	0,043	-0,076	-0,124	0,59527417	0,89447029	0,70175562	0,50113864	0,27253869
S_M3_METCONL	-0,086	0,086	-0,061	0,124	-0,076	0,4796229	0,47855307	0,61556311	0,30818687	0,53382926
S_M3_MOLCR	-0,022	0,047	-0,053	0,113	-0,064	0,86453037	0,71508339	0,67808785	0,37364392	0,61319202
S_M3_PARAST	-0,048	0,048	-0,102	-0,112	0,123	0,67788218	0,67580418	0,37631918	0,32701108	0,28522886
S_M3_PEGSH	-0,138	0,111	-0,096	-0,010	-0,028	0,20559011	0,31038005	0,38169512	0,92661979	0,80019561
S_M3_POTTH	-0,029	-0,004	-0,069	-0,060	0,220	0,79014388	0,9693726	0,53455345	0,58789533	0,04409677
S_M3_ROOTNUM	-0,126	0,138	-0,133	-0,143	-0,048	0,29125464	0,24815178	0,26362128	0,23182905	0,68947817
I_I1_SHOV	0,619	-0,616	0,603	0,023	0,150	1,69E-07	2,11E-07	4,33E-07	0,86448338	0,25660302
I_I2_SHOV	0,342	-0,297	0,319	-0,019	-0,043	0,00119041	0,00528289	0,00261728	0,86213394	0,69446353
I_C_DAR	0,267	-0,227	0,279	0,084	-0,077	0,033012	0,07123857	0,02538612	0,50794855	0,54493269
I_C_SHOV	0,472	-0,484	0,514	-0,049	0,036	1,18E-06	5,69E-07	8,56E-08	0,63780041	0,73055282

I_C_ROOTNUM	0,202	-0,180	0,195	0,019	-0,021	0,04930303	0,08027896	0,05883738	0,85345539	0,84255784
I_P1_LINGCSP	-0,083	0,039	-0,025	-0,125	0,008	0,41624292	0,70097043	0,8031959	0,2209256	0,93611291
I_P1_TOMRT	0,064	-0,085	0,135	-0,051	-0,089	0,56810574	0,44829991	0,22877167	0,64907917	0,43008107
I_P2_LINGCSP	0,021	-0,048	0,090	0,007	-0,046	0,83963802	0,64732935	0,38402121	0,94516208	0,66077757
I_M1_ANTFO	-0,070	0,217	-0,184	0,156	-0,168	0,68738832	0,21045546	0,28920428	0,36960689	0,33327572
I_M1_CUSP5	0,135	-0,135	0,150	-0,026	-0,004	0,20901804	0,21083244	0,1623136	0,80749386	0,96730412
I_M1_CUSP6	0,239	-0,272	0,153	0,147	0,239	0,14366895	0,0944612	0,35286332	0,37173891	0,14298122
I_M1_CUSP7	-0,110	0,111	-0,102	-0,041	-0,036	0,3087255	0,30621975	0,34859553	0,70586327	0,74367754
I_M1_CUSPN	0,003	0,032	-0,145	0,216	0,126	0,98624863	0,84306753	0,36581427	0,1754931	0,43148356
I_M1_DEFWR	0,213	-0,047	0,226	0,353	-0,315	0,19850482	0,78130913	0,17312388	0,02951119	0,05436084
I_M1_DIST3C	0,186	-0,279	0,183	-0,205	0,252	0,23332815	0,06970782	0,24106651	0,18743229	0,10354864
I_M1_ENEX	0,327	-0,284	0,283	0,321	0,008	5,87E-04	0,00300062	0,00310349	7,58E-04	0,93300307
I_M1_MOLCR	0,302	-0,245	0,066	0,510	0,236	0,19520122	0,29778484	0,78085911	0,02153611	0,31634331
I_M1_PROSTYL	-0,237	0,217	-0,191	-0,094	-0,062	0,04457095	0,06752226	0,10879732	0,43361858	0,60452413
I_M1_PIT	-0,011	0,044	-0,160	0,125	0,187	0,91540913	0,66847226	0,11552672	0,21941603	0,06500805
I_M1_PROSTYL_A	-0,075	0,072	-0,004	-0,094	-0,116	0,58665517	0,60087194	0,97875743	0,49407341	0,39723815
I_M1_PROSTYL_M	-0,169	0,178	-0,124	-0,138	-0,127	0,20148524	0,17652601	0,35036298	0,29576692	0,33903564
I_M1_ROOTNUM	0,442	-0,443	0,485	-0,074	-0,080	4,05E-04	3,95E-04	8,61E-05	0,57516553	0,5423612
I_M2_ANTFO	-0,266	0,330	-0,315	0,061	-0,155	0,03226148	0,0072839	0,01048322	0,63029272	0,21703366
I_M2_CUSP5	0,288	-0,247	0,336	0,176	-0,134	0,02299533	0,0524675	0,00763988	0,17095072	0,29904841
I_M2_CUSP6	0,317	-0,297	0,363	0,138	-0,054	0,01542932	0,02378042	0,00513366	0,30136548	0,68578858
I_M2_CUSP7	-0,120	0,106	-0,087	-0,056	-0,052	0,24426193	0,30214247	0,39682351	0,58976799	0,61639527
I_M2_CUSPN	0,277	-0,222	0,296	0,449	-0,113	0,03906883	0,10060041	0,02697649	5,18E-04	0,40615905
I_M2_DEFWR	0,122	-0,120	0,090	-0,049	0,081	0,34432566	0,35170512	0,48697117	0,70506484	0,52939399
I_M2_DIST3C	0,186	-0,119	0,046	0,175	0,099	0,16550018	0,37786849	0,73338901	0,19304355	0,46329376
I_M2_ENEX	0,247	-0,285	0,331	0,061	0,015	0,01058157	0,00306415	5,18E-04	0,53157459	0,876132
I_M2_MOLCR	0,161	-0,262	0,194	-0,055	0,233	0,29523394	0,08602342	0,20736906	0,72481372	0,1287405
I_M2_PROSTYL	-0,184	0,216	-0,194	-0,030	-0,126	0,0819348	0,04041563	0,06636504	0,77620058	0,2366097

I_M2_PIT	0,048	-0,062	0,026	0,120	0,100	0,62483878	0,52845203	0,79031704	0,22428214	0,31110699
I_M2_PROSTYL_A	-0,117	0,129	-0,099	-0,057	-0,094	0,30602073	0,25863679	0,38579494	0,62045017	0,4121581
I_M2_PROSTYL_M	-0,183	0,203	-0,179	-0,101	-0,113	0,11161495	0,07625713	0,11995772	0,38225168	0,32591345
I_M2_ROOTNUM	0,028	-0,051	0,138	-0,116	-0,187	0,82407397	0,68719916	0,27315134	0,35550845	0,13579447
I_M3_ANTFO	-0,150	0,112	-0,073	0,150	-0,149	0,29221435	0,43315196	0,61238094	0,2922263	0,29553594
I_M3_CUSP5	0,152	-0,189	0,230	-0,176	-0,020	0,21245519	0,12001389	0,05673429	0,14914516	0,8684256
I_M3_CUSP6	0,347	-0,450	0,328	-0,093	0,479	0,00401117	1,35E-04	0,00670581	0,4531797	4,14E-05
I_M3_CUSP7	0,030	-0,032	0,069	0,052	-0,084	0,80487712	0,79406776	0,572548	0,66977732	0,48791166
I_M3_CUSPN	0,276	-0,369	0,316	-0,144	0,294	0,02355564	0,00213682	0,00911034	0,24456529	0,01577841
I_M3_DEFWR	-0,128	0,112	-0,096	-0,086	-0,065	0,35121627	0,41660729	0,48702048	0,53352873	0,63569473
I_M3_DIST3C	0,001	0,092	-0,091	0,142	-0,242	0,99624958	0,49389393	0,49958986	0,29160776	0,06916399
I_M3_ENEX	0,299	-0,377	0,354	-0,138	0,211	0,01027942	0,00102429	0,00212276	0,24423362	0,07323772
I_M3_MOLCR	-0,073	0,080	-0,028	-0,067	-0,128	0,60200031	0,56937076	0,84367502	0,63227799	0,35986371
I_M3_PEGSH	-0,076	0,044	-0,021	0,116	-0,036	0,49482116	0,69256748	0,85217133	0,30052843	0,74753227
I_M3_PROSTYL	-0,007	-0,034	0,055	-0,150	-0,004	0,95632278	0,7867478	0,65667989	0,22582979	0,97125784
I_M3_PIT	-0,026	0,020	0,011	-0,091	-0,073	0,82605457	0,86364538	0,92709524	0,43512769	0,53257847
I_M3_PROSTYL_A	0,098	-0,006	-0,013	0,109	-0,106	0,42952123	0,95967184	0,91809359	0,38142358	0,39427131
I_M3_PROSTYL_M	-0,037	0,010	0,008	-0,136	-0,026	0,77160563	0,93606383	0,95240891	0,28305413	0,84000768
I_M3_ROOTNUM	0,292	-0,186	0,227	0,214	-0,185	0,03362262	0,18336496	0,10240087	0,12425818	0,18574282

Jegyzetek: szignifikancia szint: $0,05 \geq p$.

F12. táblázat. Az ADMIXTURE komponensek és a fog non-metrikus jellegek közti összefüggéseket vizsgáló Pearson-féle korrelációs teszt eredményei módosított szignifikancia szinttel.