

ANALITIKAI KÉMIAI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA HUMÁN CSONTMARADVÁNYOK VIZSGÁLATÁBAN

Doktori (PhD) értekezés

Dr. Patonai Zoltán

Témavezetők: Dr. Márk László, Dr. Wiegand Norbert

Programvezető: Dr. Kovács L. Gábor

Doktori Iskola vezetője: Dr. Bódis József



PTE ETK Egészségtudományi Doktori Iskola

PÉCS

2019.

Bajnóczy István professzor úr emlékének

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	6
2. Rövid történeti áttekintés	7
3. Célkitűzés	9
4. Az elméleti háttér összefoglalása	11
4.1 A csontszövet kémiai összetétele	11
4.1.1. A csontok szervetlen komponensei	11
4.1.2. A csontok szerves komponensei	13
4.1.3. A fogak kémiai összetétele	14
4.2. A halál időpontjától a laboratóriumig	16
4.2.1 A dekompozíciós folyamatok	16
4.2.2. Transzformációs folyamatok	19
4.2.3. A halál beálltától eltelt idő véleményezése	20
4.3. Az alkalmazott módszerek elmélete	22
4.3.1. Az antropometria szerepe a csontmaradványok vizsgálatában	22
4.3.2. MALDI-TOF tömegspektrometria	22
4.3.3. Infravörös spektroszkópia	24
4.3.3.1 Fourier transzformációs spektrofotométer (FT-IR)	26
4.3.3.2 Krisztallizációs index és a karbonát–foszfát arány	27
4.4. Munkacsoportunk csontkémiai vizsgálatainak összefoglalása	28
4.4.1. Kémiai életkor meghatározás	28
4.4.2 Paleopatológiai vizsgálatok	29
4.4.3. A genetikai nemek elkülönítése	31

5. Anyag és módszer	34
5.1. A MALDI-TOF/TOF tömegspektrométerrel végzett vizsgálatok anyaga	34
5.2. FT-IR spektroszkópiával végzett vizsgálatok anyaga	34
6. A minták előkészítése a kémiai vizsgálatokhoz	35
6.1. Minta előkészítés MALDI-TOF/TOF tömegspektrometriához	35
6.2. Minta előkészítés FT-IR spektroszkópiához	36
6.2.1. A csontminták előkészítése	36
6.2.2. A fogminták előkészítése	36
7. Az eredmények ismertetése	37
7.1. Az antropológiai vizsgálatok eredményei	37
7.1.1. Az életkor és a genetikai nemek meghatározása	37
7.1.2. Esetismertetés	41
7.2. Nemmeghatározás MALDI-TOF tömegspektrometriával	43
7.2.1. Nemi hormon standard oldatok vizsgálata	44
7.2.2. A MALDI-TOF/TOF gyakorlati alkalmazása	46
7.3. A fekvési idő meghatározása FT-IR spektrometriával	53
7.3.1. A csontminták vizsgálata FT-IR spektrometriával	53
7.3.2. A fogak vizsgálata FT-IR spektrometriával	56
7.3.3. Esetismertetés	60
8. Összefoglalás	62
9. Új megállapítások tételes felsorolása	66
Felhasznált irodalom	67
Melléklet	77
Köszönetnyilvánítás	87
Közlemények	88

„A világot nem szabad a megértés határai közé beszorítani – miként az eddig az emberiség gyakorlata volt –, hanem a megértés korlátait kell kitágítani, hogy befogadhassuk a világnak a kutatás során feltáruló képét.”

Francis Bacon (1561-1626) filozófus

1. Bevezetés

Az igazságügyi orvostan kutatásainak napjainkban is témája az élő és az elhunyt személyek azonosítása. A személyazonosság megállapításának alapja a metrikus vizsgálat. A történeti antropológia az ásatag csontokkal foglalkozik, míg Magyarországon a recens csontmaradványok vizsgálatát igazságügyi orvosszakértők végzik. Az igazságügyi antropológia az angolszász területen önálló tudományág.

Az elválasztástudományok a XX. század második felétől rohamosan fejlődtek, így az igazságügyi orvostan is új módszerek birtokába jutott. A fejlődés hatására számos változásnak lehettünk tanúi. Az egyik ilyen volt, hogy a vércsoport szerológiai vizsgálatokat felváltotta a DNS tipizálás. A személyazonosítás más területein is változás következett. Példaként kiemelhető az arcreekonstrukciós és a videoszuperprojekciós eljárások elterjedése (Bajnóczky 1994, Geraszimov 1971, Berg *et al.* 1981). Napjainkban a genetikai nemek, az életkor, a fekvési idő meghatározására és az egyes betegségek kimutatására alkalmas, kis mintaigényű kémiai módszerek birtokában a csontmaradványok komplex elemzése vált lehetővé. Új fogalom keletkezett: a molekuláris antropológia.

A rohamosan fejlődő és mindinkább elérhető technikai megoldások ellenére az emberi maradványok azonosítása sokszor nehézkes, és multidiszciplináris szemléletet igényel.

2. Rövid történeti áttekintés

Az első elhunyt személy azonosításáról szóló írásos emlék az i.u. I. századból származik. A fiatalabb Aggripina – I. Claudius császár negyedik felesége és a későbbi császár, Nero anyja – Lolliia Paulina maradványát (fejét) a fogazat és egyéb egyedi sajátosságok alapján azonosította (Sweet 2010; Senn *et al.* 2010).

Kr. u. 79-ben keletkezett írásában Plinius a természettel kapcsolatos megfigyeléseit összegezte. Plinius foglalkozott az emberi test aszimmetriájával, a jobb és a bal testfél közötti különbségekkel. Tizenegyedik könyvében olvasható a férfi és a női nem közötti finom különbségek egyike, a lábméretetek közötti eltérés¹.

A következő századokból fennmaradt ugyan egy-egy személyazonosításról szóló írásos emlék, azonban Európában az emberi testek vizsgálata a kultúrából és a vallási nézetekből fakadó okok miatt többnyire háttérbe szorult.

A középkortól a XVII. századig a fogászati beavatkozások elsődleges célja a panaszos fogak eltávolítása volt. A fogak hiányát különböző anyagokból készített tömésekkel pótolták. 1775-ben Bostonban a kriminalisztika történetében először fogpótlás alapján azonosítottak egy ismeretlen személyazonosságú elhunytat. Paul Revere fogorvos az általa ezüstből és elefántcsontból készített fogpótlások alapján két évvel a halála után azonosította J. Warren orvos-tábornok kihantolt holttestét (Senn *et al.* 2010)

Az utóbbi két évszázadban számos esetben végeztek fogstátusz alapján személyazonosítást: 1879-ben a bécsi Ringtheater, 1897-ben a párizsi jótékonysági bazár leégése, II. világháborús tömegsírok, politikai perek és a vietnami háború kapcsán (Harsányi *et al.* 1968).

¹ “Pedes homini maximi, feminis, tenuiores in omni genere. - Az ember lábai a legnagyobbak, a nőké azonban kisebbek, mint a férfiaké.” *C. Plinius Secundus: Historia naturalis* Liber XI. Cap. 105. Tessák Károly Ágost (1908) Ujabb adatok a felkar- és combcsont vonal-, kerület- és szögmereteihez című közleményéből átvett fordítás.

A fogászati vizsgálatokat napjainkban is alkalmazzuk a tömegszerencsétlenségek, a természeti katasztrófák és a rituális öngyilkosságok áldozatainak azonosításnál (Kolude *et al.* 2010, Krompecher *et al.* 2000, Siriboonpiputtana *et al.* 2018).

Charles Martin 1857-ben megjelentetett művében a felkarcsont vállízületi tengelye és a könyökízület tengelye által bezárt szöggel foglalkozott (Tessák 1908). A XIX. század végén több csontméréstani értekezés látott napvilágot (Lucae 1866; Gegenbaur 1868; Schmid 1873; Mikulicz 1878; Broca 1881). Rudolf Martin számos monográfia után (Martin 1893) az első összefoglaló jellegű írását 1914-ben adta ki. Az igazságügyi és a történeti antropológiában, napjainkban is az általa egységesített rendszert alkalmazzuk (Martin *et al.* 1959) .

A magyar szakirodalomban 1895-ben jelent meg Belky János Törvényszéki Orvostan című könyvének második kiadása. A szerző halála miatt a könyv személyazonosításról szóló fejezetét Genersich Antal írta meg. Genersich kiemelkedő tudományos írásával megelőzte a saját korát. Összehasonlító statisztikai elemzése és az antropológiai jellemzők összefoglalása megfelelt a kor nemzetközi szakirodalmának (Sótonyi 2007).

A csontméréstani (antropometriai) vizsgálatok életkorbecslésre, testmagasság meghatározásra és a genetikai nemek elkülönítésére megbízhatóan alkalmazhatóak jó megtartottságú csontmaradványok esetében. A hiányos csontmaradványokat vizsgálva e módszerek nem szolgáltatnak megbízható eredményeket.

A technika fejlődésével mindinkább igény mutatkozott a csontok objektív, standardizált módszerekkel történő vizsgálatára. Az első csontkémiai vizsgálatok eredményeit közlő tudományos értekezés 1928-ban jelent meg a *The Journal of Biological Chemistry* hasábjain. A szerzők recens csontszövet karbonát-, kalcium- és foszfortartalmát mérték, és meghatározták — a szakirodalomban több szerző által hivatkozott — Ca/P arányt (Kramer *et al.* 1928, Shear *et al.* 1928). Az ezt követő időszakban a témában elvétve jelent meg egy-egy közlemény.

A hatvanas években hazánkban több komplex kémiai vizsgálatot végeztek (Lengyel *et al.* 1963, Nemeskéri *et al.* 1963). A dinamikusan fejlődő kutatások megelőzték a nemzetközi

eredményeket, azonban a gyors fejlődést megtörte Lengyel Imre tragikus halála. Kutatásai és elgondolásai a mai modern technikai megoldások alapját képezik (Márk 2010).

1970-ben a radiokarbonos kormeghatározás módszerének megjelenésével új korszak kezdődött. A következő két évtized az analitikai kémia területén is jelentős technikai fejlődést hozott. A fejlődésnek köszönhetően az antropológia is egyre nagyobb érzékenységgű és egyre kisebb mennyiségű mintát igénylő vizsgálatok birtokába jutott (Burger *et al.* 2000).

Napjainkban az elválasztástudományok és a genetikai vizsgálatok ugrásszerű fejlődésével a csontkémiai kutatások területén egyre több lehetőség kínálkozik. A fejlődés ellenére a klasszikus antropológiai vizsgálómódszerek elvégzése szükséges; hiszen önmagában egyik modern molekuláris antropológiai eljárás sem képes azt helyettesíteni. Ezek azok a tények, amelyek alapján adódott az elképzelés: csontmaradványok vizsgálatára alkalmas komplex kémiai módszerek keresése és gyakorlati alkalmazhatóságának vizsgálata.

3. Célkitűzés

A Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Biokémia és Orvosi Kémia Intézetének Analitikai Biokémiai Tanszékén munkacsoportunk 2003-ban kezdte meg csontkémiai vizsgálatait. Munkánk során a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi Karának Embertani Tanszékéről származó történeti csontminták kémiai elemzését végeztük.

Kutatásunkkal egy időben az Igazságügyi Orvostani Intézetbe néhány hónapon belül több emberi testmaradvány személyazonosítására vonatkozó kirendelés érkezett. Intézetünkben a csontmaradványok vizsgálatáról készült dokumentáció és a mintavételi eljárás nem volt egységes. A vizsgálatokat a szakértők ugyan – szükség esetén – más szakmák bevonásával végezték, de egységes multidiszciplináris szemléletről nem beszélhettünk.

A csontmaradványokról minden esetben boncjegyzőkönyvet és részletes fénykép dokumentációt készítettünk és készítünk.

Célom a nemzetközi szakmai igényeknek is megfelelő, ugyanakkor intézeti szinten is egységes vizsgálati és dokumentációs eljárásrend kidolgozása.

A személyazonosság megállapításához az elhalt nemét is meg kell határozni. A kérdés: használható-e a történeti mintákon már biztonsággal alkalmazott csontkémiai módszer az igazságügyi orvosszakértői gyakorlatban?

A közvetlen célom a kutatócsoportunk által kifejlesztett kémiai nemmeghatározási módszer kipróbálása recens csontmintákon és alkalmazhatóságának vizsgálata.

Másodlagos célkitűzésem az analitikai vizsgálat módosítása (adaptációja), és megfelelő integrálása az igazságügyi személyazonosítási protokollba.

Gyakorlati szempontból fontos kérdés az emberi maradványok fekvési idejének meghatározása. Ásatásokról származó különböző fertőző betegségek jeleit mutató csontokat és morfológiai eltérés nélküli (egészséges) csontokat vizsgáltunk infravörös spektroszkópiával. A vizsgálathoz kontroll csoportként boncolás során vett csontminták mérését is elvégeztük (Nagy *et al.* 2008).

A mérési eredmények ígéretesnek mutatkoztak egy fekvési idő meghatározására is alkalmas módszer kidolgozásához.

A közvetlen célom a régészeti minták számának növelése, és egy fekvési idő meghatározására alkalmas kémiai módszer keresése, kidolgozása.

Másodlagos célom nagyszámú recens csontminta feldolgozásával a kémiai módszer gyakorlati alkalmazhatóságának vizsgálata.

További célkitűzésem az optimális mintavételi eljárás kidolgozása a recens csontminták mérési eredményeinek összehasonlításával.

4. Az elméleti háttér összefoglalása

4.1 A csontszövet kémiai összetétele

Az oszteoklasztok és az oszteoblasztok összehangolt tevékenységének köszönhetően csontrendszerünk életünk folyamán szüntelenül változik. A csontszövet képes az anyagcsere-folyamatok aktuális helyzetéhez alkalmazkodni (Lengyel 1972).

Életünk első két évtizedében a csontépítő folyamatok dominálnak, majd a harmadik évtized közepéig a csontépítés és lebontás egyensúlyban van („stagnál”), a negyedik évtizedtől – a reszorpciós folyamatok miatt – a csontváz tömege évente 0,3-0,5 %-kal csökken (Kumar *et al.* 1997).

A nőknél a menopauzát követően a csontképzés nagymértékben visszaesik, és a csontvesztés elérheti az évi 2-5 %-ot. Az oszteoklaszt aktivitás változatlan, ezért a szerves és a szervesetlen komponensek egymáshoz viszonyított aránya – az adott körülményeknek megfelelően – állandó marad. Különböző patológiás kórfolyamatok hatására azonban az egyensúly megbomolhat, a csontok kristályszerkezete megváltozhat (Miller *et al.* 2001, Moris *et al.* 2004, Sastry *et al.* 2007).

4.1.1. A csontok szervesetlen komponensei

A szervesetlen komponensek nagy koncentrációban fordulnak elő az ízesülési felszíneknél (Brätter *et al.* 1988; Smrčka 2005). Csontjainkban 28 kémiai elem található. Az egyes elemek aránya a kortikális és a spongiosa állomány arányának függvényében változik (Márk 2006).

Az anorganikus frakció nagy része (70-80 m/m %-a) apatit-szerű $[\text{Ca}_{10}\text{PO}_4(\text{OH})_2]$ kristályos struktúrába szerveződik (Kalfas 2001, Patonai *et al.* 2013). A kristálystruktúrát kettős hidrátburok övezi. A két hidrátburok között az interstitiális folyadéktérből abszorbeált ionok (kálium, nátrium, kalcium, magnézium, citrát, karbonát ion) rétege található. A kristályok ioncseréje e rétegből a kettős vízburkon keresztül zajlik.

A csontok szivacsos állományában lévő kristálystruktúrák anyagcseréje a kérgi állományban lévőkéénél gyorsabb. Az életkor előrehaladtával a kristályrendszert körülvevő hidrátburok térfogata csökken, ezért lassul az ionok kicserélődésének üteme.

Az emberi szervezet kalcium tartalmának 85 %-a, foszfáttartalmának 99 %-a található a csontszövet apatitszerű kristályos rendszerében. A két ion közül a legnagyobb mennyiségben a kalcium (szerves és szervetlen vegyületekben, ionizált formában) van jelen (11,5-25,0 %). Részaránya a csontok kérgi állományában magasabb, mint a szivacsosban. Abszolút mennyiségét befolyásolja az egyén életkora, és bizonyos patológiás kórfolyamatok (Kumar *et al.* 1997; Fountos *et al.* 1999; Nagy *et al.* 2008).

A foszfor a csont súlyának 8-16 m/m %-át alkotja. Mennyisége szoros kapcsolatban van a kalcium mennyiségével, éppen ezért arányuk közel állandó. A szárazanyag tartalomra vonatkoztatott százalékos mennyiségek aránya recens minták esetén: 1,667 (Lengyel 1972). A csontszövetben szerves és szervetlen vegyületei, valamint anionok alakjában fordul elő.

A Ca/P aránya – az életkor előrehaladtával, a nemtől függetlenül – folyamatosan változik, majd bizonyos életkor felett koncentrációja stagnál (Tzaphlidou *et al.* 2003; Zaichick *et al.* 2003).

A nátrium szárított, lágyrészekről mentes csontban 7 g/kg mennyiségben található. Oldhatatlan kalcium-oxalát komplexszel precipitálódva kerül a csontokba. Kicserélődésének üteme fele sebességű a csontszövetben, mint a lágyrészekben. Főleg az apatitszerű kristályok vízburkai közötti rétegben helyezkedik el.

A magnézium a csont súlyának kis részét (0,02-0,04%-át) alkotja. Diffúzibilis kationok formájában, illetve szerves kötésekben fordul elő. Mennyiségét nagymértékben befolyásolja a táplálék magnéziumtartalma. A csontosodási folyamatokban fontos szerepet játszó alkalikus foszfatáz enzim egyik aktivátora. Ha az eltemetéskor a csontszövet magnézium koncentrációja a fiziológiai határérték alatt volt, a csontok a talajban előforduló különféle dekompozíciós erőkkel szembeni ellenállóképessége csökkent mértékű. A jelenség magyarázata még nem tisztázott (Lengyel 1972).

4.1.2. A csontok szerves komponensei

A csontok szerves anyagát a fehérjék és a zsírok képezik. A hidroxipapatit mátrixhoz kötődő nem enyvképző (NCPs – non collagenous proteins) fehérjék és a proteoglikánok a csontszövet fehérjéinek csupán 10%-át teszi ki. A frakció maradék 90%-a az I-es típusú kollagén (Kalfas 2001, Procopio *et al.* 2018). A kollagén össz mennyisége a csontszövet 10-30 m/m %-a (Lengyel 1972; Smrčka 2005), az összes szerves anyag tömegének 90-98 %-a. Az izoelektromos pontja 9,4.

Az élő csontszövet kémhatása pH 7,4 körüli, azaz a kollagén molekula izoelektromos pontja alatt van, ezért a kollagén-molekula az alapállományhoz viszonyítva pozitív töltésű. A töltésfelesleget negatív ionok kötik le. Ily módon a kollagén kölcsönhatást alakít ki az alapállományt impregnáló apatit kristályszerkezettel, leszorítva a vízburok külső felszínéről a kalciumionokat.

Prekurzora a prokollagén, melynek vízdékonysága nagyobb, mint a kollagéné. A csontok porcból vagy kötőszövetből képzett embrionális telepeiben a kollagén-prokollagén arány a prokollagén irányában, míg az érett csontszövetben a kollagén javára tolódik el.

A kollagén molekula mechanikai és kémiai behatásokkal szemben rendkívül ellenálló. Vízben, savakban és lúgokban oldhatatlan, és natív formában a proteolitikus enzimeknek is ellenáll. A kollagén degradációjának nagy jelentősége van bizonyos fiziológiás és patológiai folyamatokban (pl. gázgangréna, reumatoid arthritis) (Machovich 2002).

A csontszövet súlyának mintegy 0,5-3 m/m %-át különféle fehérjék teszik ki. A fehérjefrakcióból külön kiemelendő a Lengyel Imre által rezisztens protein néven összefoglalt fehérjetermészetű anyagok csoportja. A csoportot alkotó vegyületek – feltételezhetően – az oszteociták fészket képező, úgynevezett Neuman-tokból származnak. A Neuman-tok savas és lúgos behatásokkal, illetve főzéssel szemben is ellenállóbb, mint a csontszövet egyéb szerves komponensei (Lengyel 1972).

A csontszövet szerkezetünk citrát mennyiségének mintegy 70 %-át tartalmazza. Komplexképző tulajdonsága miatt meggátolja a kalcium-foszfát kiválását a plazmából, és megőrzi a vízben való oldhatóságát. Mésszel ko-precipitálódva épül be a csontszövetbe.

A szövetben a Ca-citrát ionizált és hidrogénnel képzett komplex formájában van jelen. A komplexképzés a vízdékonyságot növeli. A csontszövetbe beépült citrát lokálisan befolyásolhatja a mészsók lerakódását vagy kioldódását.

A csont citrát-tartalma – közvetett módon – a mellékpajzsmirigy hormonális szabályozása alatt áll. A mellékpajzsmirigy által termelt parathormon (PTH) stimulálja az oszteoklasztokat, és aktiválódnak a lebontó folyamatok, amelyek fokozzák a citrát felszabadulását. Ugyanakkor az aktív PTH elengedhetetlen az oszteoklasztok megfelelő működéséhez (Lengyel 1972).

A foszfolipidek és a szteránvázások csoportjába tartozó zsírnemű anyagok csak nyomokban lelhetők fel a csontszövetben. A kor előrehaladtával az egyes hormonok szintje folyamatos változáson megy keresztül. A hormonrendszer komponenseinek egymáshoz viszonyított aránya eltolódhat, és különböző patológiás elváltozások (benignus prostata-hyperplasia) kialakulásához vezethet (Kumar *et al.* 1997, Márk *et al.* 2010a).

Az ösztrogén főként az ovárium Graaf-tüszőiben, csekély mennyiségben pedig a mellékvese kéregállományában (és relatíve jelentéktelen mennyiségben a herékben) szintetizálódik. Számos élettani és biokémiai folyamat részeként kialakítja a másodlagos női nemi jelleget.

Androgének a mellékvesekéreg zona reticularisában is termelődnek, és bár ezek is anabolikus és maszkulinizáló hatásúak, mégis a herében szintetizált androgének hatása effektívebb. Leghatékonyabb közülük a tesztoszteron, amely a másodlagos férfi nemi jelleg kialakításáért felelős.

4.1.3. A fogak kémiai összetétele

A fog két egységre osztható: a zománccal fedett koronára és a cementtel borított gyökérre. A két egység határa a fognyak. A fog tömegének legnagyobb része a pulpát körülvevő dentin.

Az érett *zománc* szervesetlenanyag-tartalma magas (96-99%). A Ca/P hányadosa (értéke: 1,5-1,68) a csontoknál meghatározott értéknél alacsonyabb. A kalcium-, a foszfát- és a fluoridion koncentrációja magasabb a dentinben és csontokban mért értékeknél.

A zománcban a hidroxiapatithoz fluorid kötődik, és így egy ellenállóbb, kevésbé savoldékony kristály, a fluorapatit képződik. A zománc szilárdsága és vastagsága foganként és fogcsoportonként is változik. A zomác nem tartalmaz kollagént. Az éretlen zománcot két mátrixfehérje, az amelogenin és az érés során fokozatosan elbomló enamelin alkotja (Zelles 2007). A kalcium-foszfát vegyületek az érés során egymásba alakulnak át. A zománc és a dentin szervesanyaga a hidroxiapatit, az oktakalcium-foszfát és a defektív hidroxiapatit. A szervesanyag tartalma a dentinéhez hasonló, azonban a zománc karbonát tartalma magasabb. Az ásványi anyagok koncentrációja a dentin-cement határon a legmagasabb.

A *dentin és a cement* ásványi anyag tartalma 70%, szervesanyag tartalma 20%, víztartalma 10%. A szervesanyag-tartalma a zománcénál kisebb, ellenben a víz- és fehérjetartalma nagyobb. A dentint odontoblastok nyúlványait tartalmazó dentincsatornák tagolják. A csatornák között kollagén rostok és hidroxiapatit kristályok helyezkednek el. A dentin nagy mennyiségű kollagént tartalmaz. A hidroxilizin és hidroxiprolin tartalmú kollagén a kalciummal komplexeket képez, és további kristálynövekedést eredményez. A cement szerves anyagának 90%-a I-es típusú kollagén. A mineralizáció mértéke a csontét meghaladja, de a többi réteghez képest kisebb (Zelles 2007).

A fogakban található fehérjéket funkció szerint nukleátor és mátrix fehérjékre oszthatjuk. A magképző fehérjék a szulfátcsoportokban gazdag savanyú glikoproteinek és foszfoproteinek, amelyek kelátokat képeznek a kalcium ionokkal és az ortofoszfát csoportokkal. A mátrix fehérjék kollagénből és nem enyvképző fehérjéből (NCPs) állnak. Az NCPs csoportba a glükoproteinek, a foszfoproteinek, a proteoglikánok és a szérumpoteinek tartoznak.

A dentin nem enyvképző fehérjéi közül kiemelendő az erősen savas foszfoprotein. A foszfátionok ugyanis nagy affinitással kötik meg a Ca-ionokat, emiatt fontos szerepük a kristályképződés elindítása (Yarbrough *et al.* 2009).

A fogak fehérjéinek szerkezete állandóan változik. Az enzimatis folyamatokban az aszparaginsav L-sztereoizomerje vesz részt, az életkor előrehaladtával az aszpartám D-sztereoizomerjének mennyisége nő. Ez a mennyiségi változás, a racemizáció jól vizsgálható, és a biológiai életkor meghatározására alkalmas (Ritz *et al.* 1996, Waite *et al.* 1999)

A fog szerkezeti sajátosságai miatt a szélsőséges környezeti hatásoknak ellenáll, és az örökítőanyagot és a fehérjéket hosszú ideig képes megőrizni. Emiatt a fogak alkalmasak mind kutatási, mind személyazonosítási céllal történő proteomikai és genetikai vizsgálatokra (Dobberstein *et al.* 2008, Manjunath *et al.* 2011).

4.2. A halál időpontjától a laboratóriumig

Az 1960-as évek óta a szakirodalomban számtalan dekompozíciós felosztás és postmortem intervallum formula jelent meg. Ezek közül néhány kevésbé megbízható, míg a többi csupán a lágyrészek teljes lebomlásáig szolgáltat elfogadható eredményt (Megyesi *et al.* 2005).

Az anaerob és az aerob környezetben végbemenő rothadást a 2010-ben Vass által publikált univerzális formula komplex módon írja le. Segítségével a halál beálltától eltelt idő a lágyrészek vizsgálata alapján kiszámolható, azonban a csontmaradványok fekvési idejének meghatározására e módszer sem alkalmas. (Vass 2010).

4.2.1 A dekompozíciós² folyamatok

A bomlási folyamatok a halált követő negyedik percben kezdődnek, és mindaddig folytatódnak, míg a lelet a laboratóriumba nem kerül (Evans 1963, Denys 2002). A lágyrészek lebomlásának sebességét számos tényező befolyásolja, mint a hőmérséklet, az oxigén parciális nyomása, a páratartalom és a holttest környezetében kialakuló pH változás (Clark *et al.* 1997).

A *hőmérséklet* rothadási folyamatokra gyakorolt hatását a Van't Hoff törvénnyel jellemezhetjük. A hőmérséklet 10 °C-os emelkedésével az enzimatisz folyamatok és a kémiai reakciók sebessége a többszörösére nő, így a lágyrészek bomlása is gyorsabb lesz.

A talajnedvesség, a páratartalom és a csapadék hatása összetett. A *víz* a magas fajhője miatt a hőmérsékletváltozást bizonyos határokon belül képes egyensúlyban tartani. Továbbá koncentráció-csökkentő (hígító) hatása van, a poláros vegyületek oldószere és a számos biokémiai reakcióhoz szükséges H⁺ ion forrása.

² Dekompozíció: olyan biológiai, kémiai és fizikai folyamatok, amelyek hozzájárulnak a holttest lágyrészeinek, csontszövetének lebomlásához, átalakulásához.

A holttest közvetlen környezetében a fehérjék lebomlása miatt a kémhatás lúgos, míg az anaerob bakteriális erjedés és a szerves savak felszabadulása miatt savas lesz. A *környezet pH változásai* hatással vannak az enzimek működésére és a holttestben zajló kémiai reakciókra (Vass *et al.* 1992).

Az *oxigén parciális nyomásának* hatása függ az eltemetés vagy eltemetődés mélységtől, a tengerszint feletti magasságtól és a hullaviaszképződés mértékétől (Forbes *et al.* 2004). Oxigénhiányos környezetben (víz, talaj) a redukciós és oxidációs potenciál csökken, így az oxidatív reakciók lassulnak. Ezen körülmények mellett a holttest bomlása lassan, anaerob folyamatként megy végbe. Az anaerob körülmények ellenére gyors a dekompozíció, ha a holttest nagy redox potenciálú száraz, savas kémhatású talajba kerül.

Számos bomlási folyamatokra ható egyéb tényezőt is figyelembe kell vennünk. A rothadást befolyásolja a ruházat, a holttest elrejtésekor vagy eltemetésekor használt anyagok (hullazsák), sérülések, a ragadozók és a rovarok aktivitása, betegségek (széptikus állapot), a testtömeg, vegyi anyagok jelenléte és a holttest elhelyezkedése.

A hatvanas években kidolgozásra került egy — önkényesen definiált — ötfázisú dekompenzációs felosztás, ami a csontok szövettani és kémiai paramétereinek meghatározására épült. A felosztás alkalmasnak ígérkezett kormeghatározásra is (Lengyel *et al.* 1964), de a radiokarbon kormeghatározási módszerek elterjedése miatt elvesztette gyakorlati jelentőségét.

A lebomlási folyamatok mellett ható egyéb tényezők bonyolultsága miatt egy komplexebb szemléletmód került előtérbe, és az eredetileg ötfázisú felosztás helyett egy egyszerűsített dekompenzációs felosztás három fő fázist különböztet meg. Ezek:

1. A halál bekövetkezésétől az eltemetésig, vagy eltemetődésig tartó idő;
2. A talaj és a holttest között lejátszódó környezeti hatások (biológiai, fizikai és kémiai folyamatok) időszaka;
3. A maradvány megtalálásától a laboratóriumi vizsgálatig eltelt idő.

Az egyes szakaszok hosszát különböző tényezők határozzák meg. A posztmortális időszak *első szakasza* igen rövid, ha temetés történik, vagy olyan speciális esetekben, mint a

környezeti katasztrófák, amikor gyorsan eltemetődik a holttest. Ha a lágyrészek teljes elbomlását követően a csontok a felszínen maradnak, akkor a különféle környezeti hatások agresszíven hatnak a friss, magas szervesanyag-tartalmú csontokra, és befolyásolják azok kémiai struktúráját (Nokes *et al.* 1997; Reiche *et al.* 1999). A csontmaradványok igazságügyi analitikai vizsgálatánál számolnunk kell ezzel a körülménnyel; az igazságügyi szakértői vizsgálatra kerülő holttest vagy holttest-részlet (torzó) általában (legtöbbször) rendkívül mostoha körülmények között “tölti” a feltalálásáig eltelt időt, erőteljes és agresszív környezeti hatások érik vagy érhetik (mocsárban talált holttest, folyóból vagy tóból kifogott vízihulla).

A posztmortális időszak *második szakasza* a leghosszabb és egyben a legfontosabb a kémiai elemzés szempontjából (Márk *et al.* 2002b; Márk 2003). Az élettelen környezeti hatások ugyan nem befolyásolják a csont állapotát, de a közvetlen közeg, a talaj minősége meghatározza a holttest további sorsát (pl. mumifikálódás, adipocere). A csontszövet egyes alkotó elemeit leadja, míg más komponensei elbomlanak vagy átalakulnak, és a helyüket elfoglalják különböző — a szövetre nem jellemző — molekulák (pl. Th, Si). Ezek a nem endogén kémiai anyagok — főleg a szilícium, amely nagy mennyiségben fordul elő a csontmintákban — sokszor megnehezíthetik az analitikai elemzést (Márk 2006).

A talaj szennyező hatása a csont és a talaj között kialakuló fizikai-kémiai egyensúly beálltaig folytatódik. A csont- és a talajminta kvalitatív és kvantitatív kémiai analízisével kapott eredmények jellemzőek az adott csontváz eltemetettségeinek időtartamára (Lengyel 1972).

E szakasz első pár hónapját meghatározó környezeti tényezők nagy hatással vannak a természetes mumifikáció szempontjából. Ha a rothadáshoz szükséges környezeti tényezők közül valamelyik hiányzik, a lebomlás vagy lassan, vagy egyáltalán nem megy végbe.

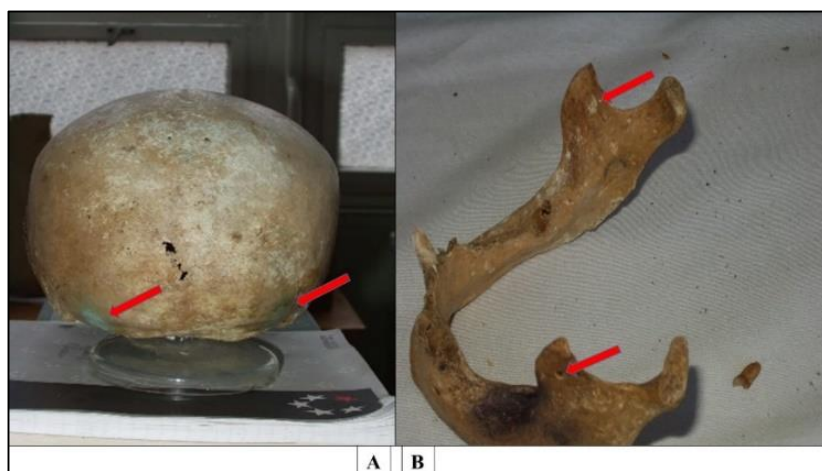
A természetes konzerválódás folyamata gyors, kedvező körülmények között akár két-három hónap alatt végbemehet. A konzerválódási folyamatok több tényező egymásra hatása miatt jönnek létre, például magas vagy alacsony hőmérséklet, illetve nedves vagy száraz környezet.

A szélsőséges környezeti paraméterek denaturálhatják a fehérjéket, és meggátolhatják a különböző mikroorganizmusok elszaporodását. Hazánk éghajlata nem kedvez a mumifikációs folyamatoknak.

A megtalálást követően a csontleletek átlépnek a *harmadik periódus*ba. A feltárt, megtalált, napvilágra került csontok az új környezetben biológiai, kémiai és fizikai változásokon mennek keresztül. A fizikailag kötött víz mennyisége – a légköri páratartalomnak megfelelően – változik; az antropológiai leletek szerológiaiaktól, vércsoportelemzésre is használható anyagainak koncentrációja rohamosan csökken (Lengyel 1972; Márk 2002a). A változások a minták helyes tárolásával a minimálisra csökkenthetők, ha nem is védhetők ki teljesen. A magas szervesanyag-tartalmú mintát érdemes hűteni (-20°C és $+5^{\circ}\text{C}$ között). A hűtés ugyanis jelentősen lassítja a bomlási folyamatokat.

4.2.2. Transzformációs folyamatok

A transzformációs folyamatok a dekompozícióval párhuzamosan fejtik ki hatásukat, és befolyásolják a leletek minőségét és összetételét. Michael Schiffer szerint megkülönböztetünk K- és T-transzformációt. Azokat a folyamatokat, amelyek az ember tudatos vagy véletlenszerű tevékenységétől függenek, K-transzformációnak nevezzük. Ezek a folyamatok a csontokon olyan elváltozásokat (sérüléseket) okozhatnak, amelyeket a morfológiai elemzésnél el kell különítenünk a premortális, esetleg a halált okozó sérülésektől.



1. kép Posztmortális K-transzformációs elváltozás csontleleten

Az 1. képen látható koponyán emberi tevékenység által okozott posztmortális elváltozás figyelhető meg. Feltehetőleg oktatási demonstrációs eszközként használták. A mandibulát átfúrták (B), a koponya tarkótáji részén látható zöldes elszíneződés (A) pedig egy réz tartóállványról származó rézoxid. A T-transzformációnál az emberi tevékenység elhanyagolható, így a természeti, környezeti hatások szabják meg a betemetődés körülményeit (Renfrew *et al.* 1999; Schiffer 1976).

A K- és T-transzformációs folyamatok egymástól való elkülönítése gyakran nem könnyű, azonban pontos megfigyeléssel felderíthető. A minták fennmaradását az emberi tevékenység mellett a természeti tényezők is befolyásolják, elsősorban az éghajlat és a talaj. A környezet alapvető fontosságú a minták megmaradása szempontjából, befolyásolja azok állagát, minőségét, illetve kémiai szerkezetét. A természetes fosszilizációs folyamatok által okozott elváltozások feltérképezése csak komplex vizsgálati folyamatok segítségével lehetséges.

4.2.3. A halál beálltától eltelt idő véleményezése

A maradványok fekvési idejének ismerete nyomozati szempontból kiemelkedő jelentőséggel bír (Prieto-Castello 2007). A recens és a történeti minták elkülönítésében a segítségünkre lehet az eltemetés vagy az eltemetődés körülményeinek vizsgálata. A régészeti leletek esetében a csontmaradványok általában mélyen, különböző kegyeleti tárgyakkal eltemetve lelhetőek fel. A kegyeleti tárgyak jelenléte vagy hiánya és az eltemetés mélysége nem bizonyító értékű, hiszen a talajerózió hatására a leletek a felszínre kerülhetnek, a bűncselekmények áldozatát pedig mélyre temethetik. A feltalálás helyszínének vizsgálata ezért nagy körütekintést igényel (Scheuer 2002).

Ha a halál idejétől a megtalálásig eltelt idő rövid (napok, hetek), akkor a hullajelenségek, a különböző rovarok jelenléte és az időjárási viszonyok ismerete alapján megbecsülhető a halál beálltának ideje (Cattaneo 2006).

A szkeletizációt követően a fekvési idő meghatározására fizikális vizsgálat nem vagy csak korlátozottan alkalmas. A csontok felszínén található elváltozások (*usuratio*) és elszíneződések alapján a haláltól a megtalálásig eltelt időre vonatkozóan legfeljebb valószínűségi véleményt adhatunk. Ugyan módunkban áll a vizsgálatunkat egyéb módszerekkel kiegészíteni (indofenol festés, níluskék festés, fluoreszcencia), azonban ezek

kivitelezése nehézkes, eredménye kétséges (Introna *et al.* 1999, Varga 2011, Yoshino *et al.* 1991).

Az 1960-as évek végén Harsányi és Földes által jegyzett monográfiában közlésre kerültek különböző kémiai változások, mint a csontszövet össznitrogén tartalmának változása, a zsírnemű anyagok mennyiségi változása és a fluorapatit képződés. Érzékeny elválasztási módszerek hiányában a szerzőknek nem volt lehetőségük finom időbeli koncentráció-különbségek mérésére, így a módszert a pontos fekvési idő meghatározására alkalmatlannak gondolták (Harsányi *et al.* 1968).

Az 1970-es években a radiokarbon kormeghatározás³ elterjedésével új korszak kezdődött. A radiokarbon kormeghatározás alapja, hogy a csontokban a környezetükből különböző kémiai elemek halmozódnak fel, amelyek mennyisége korrelál a fekvési idővel. Mérhetjük a $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ izotópok arányát, a ^{14}C izotóp és a ^{90}Sr izotóp mennyiségét (MacLaughlin-Black *et al.*, 1992; Neis *et al.* 1999; Swift 1998, Cook *et al.* 2014). A vizsgálat pontossága függ a minta mennyiségétől, az előkészítéstől és a mérési időtől. Megbízható eredményt csak a csontminták megfelelő tisztításával (szerves és szervetlen szennyeződés) kaphatunk (Ambrose *et al.* 2003).

Minden igyekezet ellenére vannak olyan kollagén és fehérje szennyeződések, amelyek savban nem oldódnak, így maradék nélküli eltávolításuk nem lehetséges, jelenlétük pedig növeli a kormeghatározás hibahatárát (az eredmény a valósnál kisebb). A radiokarbon kormeghatározás időigényes, speciális labort igényel, és csak történeti minták esetén ad megbízható eredményt. A recens csontmaradványokon a módszer rutinszerűen nem alkalmazható (Scheuer 2002).

A fekvési idő meghatározásra a szakirodalom számos ígéretes módszert közölt (pl. röntgen diffrakció, UV fluoreszcencia, nitrogén és aminosav koncentráció meghatározás), amelyek alkalmazhatósága korlátozott, és/vagy eredménye kevésbé megbízható volt (Knight *et al.* 1969). Rutinszerűen alkalmazható kémiai módszer(ek) birtokában véleményezhetnénk a halál beálltától eltelt időt. Így az elévülési időn túl (*a kirendelő határozatban – 20 éven belüli*

³ A radiokarbon kormeghatározás kidolgozásáért Willard Libby és munkatársai 1960-ban kémiai Nobel-díjat kaptak. Egy történeti feljegyzésekből meghatározható korú fából készült egyiptomi királyi bárkát vizsgáltak, és a vizsgálati eredménnyel igazolni tudták módszerük pontosságát.

vagy feletti⁴) csupán tudományos célja lenne a csontokból sokszor eredménytelen DNS profil alkotásnak.

4.3. Az alkalmazott módszerek elmélete

4.3.1. Az antropometria szerepe a csontmaradványok vizsgálatában

A csontmaradványok elemzését napjainkban is az antropológiai vizsgálatokkal kezdjük. A metrikus módszerek csak az optimális körülmények mellett eredményesek. Egy közel teljes csontváz esetében az elhunyt neméről, életkoráról, testmagasságáról, csontsérüléseiről és a fekvési időről is tudunk nyilatkozni. Azonban a töredékes, rossz megtartottságú csontok vizsgálatának eredménye kétséges.

A csontok felszínén az optimális mintavételi helyeket meghatározhatjuk, és a vizsgálatainkhoz (csontkémia, DNS) megfelelő mennyiségű mintát biztosíthatunk. A csontmintákat feldolgozásig hűtve tároljuk.

A klasszikus metrikus módszerek szakirodaloma részletes, jelen dolgozat keretei nem teszik lehetővé egyenkénti ismertetésüket.

4.3.2. MALDI-TOF tömegspektrometria

A lézerdeszorpciós ionizáció (LDI) lényege a mintamolekulák lézersugárral történő elpárologtatása és ionizációja, azonban ilyenkor gyakran keletkeznek rövid élettartamú fragmentationok. Ezek zavaró hatásának kiküszöbölésére az 1980-as évek végén kifejlesztett mátrix-segítette lézerdeszorpciós ionizáció (MALDI = Matrix Assisted Laser Desorption Ionization) szolgál. Ilyenkor a mintamolekulákhoz kis molekulatömegű szerves anyagot keverünk, amely elnyeli és a vizsgálandó anyagnak közvetíti a lézer energiáját, illetve ionizálja azt, miközben meggátolja a keletkezett ionok fragmentációját.

A módszer egyik legkényesebb pontja az adott vizsgálatához optimális mátrix kiválasztása. Általában mustársavat (SA), α -ciano-4-hidroxi-fahéjsavat (HCCA, CHCA), 2,5-dihidroxi-benzoésavat (DHB) vagy fullerént (C₆₀, C₇₀) alkalmazunk. A módszer hátránya, hogy nem keletkezik teljesen homogén elegy, ha a minta és a mátrix együtt kristályosodik ki. A mérés

⁴ Az emberölés alapesetének elévülési ideje [2012. évi C. törvény 26. § (1)]

előfeltétele a homogén kristályosodás, emiatt a MALDI tömegspektrometria nem alkalmas közvetlenül mennyiségi elemzésre.

A kvantitatív analitikai alkalmazhatóságra több próbálkozás történt, és felmerült a felület-segítette lézerdeszorpció (SELDI), vagy a belső standard alkalmazása. Az a megoldás, hogy elhagyjuk a mátrixot, részben megoldhatná a problémát (Márk 2006).

A mátrix elhagyása csak olyan anyagok esetén alkalmazható, amelyek képesek arra, hogy elnyeljék a 337 nm hullámhosszúságú lézersugár energiáját. A mátrix elhagyásának további előnye lehet, hogy a mátrixból származó ionok és klaszterek nem jelennek meg a tömegspektrumon, így nem befolyásolják a kiértékelést.

A rutinelemzések során alkalmazott mátrix molekulák kis molekulatömegűek (100-300 Da), ezért zavaróak lehetnek, ha a detektálandó molekulák is ebbe a mérettartományba esnek. A minta előkészítése során a mátrix és a mintaoldat keverékét (0,2–2 µl) a mintatartóra szárítjuk, úgy, hogy lehetőleg homogén mikrokristályos szilárd elegyet kapjunk. A gyors lézer impulzusok ebből a szilárd felületből párologtatnak el anyagot, és ez az ionizált részecskefelhő kerül az analizátorba. A MALDI segítségével még nagy tömegű, bomlékony molekulák (fehérjék, szénhidrátok, oligonukleotidok, polimerek) is kíméletesen, de hatékonyan ionizálhatóak, így ez egy igen elterjedt módszer a biológiai, orvos-biológiai kutatásokban. További előnye az óriási mintaátersztő képessége, amely napi több ezer mintát is jelenthet.

Az elektrotechnika fejlődésével lehetővé vált igen kicsiny időkülönbségek pontos észlelése, mérése is, ami utat nyitott az ionok repülési időn (time of flight, TOF) alapuló elválasztásának. A megoldás lényege, hogy az elektromos térmentes repülési csőbe azonos időpillanatban, azonos kinetikai energiával rendelkező ionok kis csomagjai érkeznek, s a detektort a tömegükkel arányos repülési idő után érik el.

Különbféle korrekciós eszközök (pl. iontükör) révén a TOF készülékekkel ma már igen jó felbontóképesség és széles mérési tartomány érhető el, viszonylag egyszerűek és olcsók, megfelelő ionforrással (MALDI) kombinálva a nagyobb biomolekulák vizsgálatában nélkülözhetetlenek. A MALDI ideális analizátora a repülési idő analizátor, mivel általa

kihasználható a több száz daltonos (kDa) felső tömeghatár, valamint nagy felbontás és nagy érzékenység érhető el.

4.3.3. Infravörös spektroszkópia

Az infravörös spektroszkópia (IR) a rezgési spektroszkópia egyik fajtája. Az IR spektroszkópiában a sugárzás elnyelését (abszorpció) vagy visszaverődését (reflexió) detektáljuk. Az emisszió alapuló technika a gyakorlatban nem terjedt el. A molekulák az abszolút zérus fokon is mozognak, így a mozgás az anyag jellemzőjének tekinthető. A molekulák rezgései legegyszerűbben a két atomos molekulamodell segítségével írhatók le. A feltételezésünk alapja a két atom egymáshoz közeledése és távolodása. Harmonikus rezgés esetén az egyensúlyi helyzettől való eltávolodás az idő sinus függvénye. Másik megközelítésből az egyensúlyi helyzetbe visszahúzó erő nagysága arányos az egyensúlyi magtávolság változásával. Az atomtávolságot a rezgési energia függvényében ábrázolva szimmetrikus potenciál függvényt kapunk. Ezt nevezzük a harmonikus oszcillátor modellnek (Tóth *et al.* 2005, Kuzma *et al.* 2014).

A valóságban ez a potenciál függvény aszimmetrikus, ugyanis az atommagok közötti taszító potenciál miatt a kötések rövidülésére a molekulák érzékenyebben reagálnak, mint a megnyúlására. Az anharmonikus oszcillátor modell a kiválasztási szabállyal, a kombinációs sávok megjelenésével, a Fermi rezonanciával és a vibrációs csatolódással magyarázza a kétatomos molekulák színeképein látottakat.

A többatomos molekulák esetében a rezgőmozgások sokkal összetettebbek. Egy N atomból álló molekulánál a tér minden irányában (x, y, z) $3N-6$ rezgés lép fel. Lineáris molekulák esetén a normálrezgés $3N-5$. Normálrezgésnek nevezzük a molekulát alkotó atomok azonos frekvenciájú, de különböző amplitúdójú rezgését. A rezgés frekvenciája pedig a normálfrekvencia (Tóth *et al.* 2005, Kuzma *et al.* 2014).

A vizsgálat során különböző folyékony, szilárd vagy gáz halmazállapotú mintákat az infravörös tartományú ($2\text{--}25\ \mu\text{m}$) elektromágneses sugárzással „világítjuk meg”. A besugárzáskor a minta elnyeli a vizsgált molekula valamely rezgési frekvenciájával megegyező frekvenciájú infravörös sugárzást.

Az elnyelt frekvenciák alkotják az úgynevezett abszorpciós sávokat. A spektrumon az abszorpciót vagy az áteresztőképességet (transzmittancia) ábrázoljuk a rezgésszám függvényében.

Az abszorpció következtében a molekula atomjainak rezgési amplitúdója nő, míg a molekula rezgési energiája magasabb szintre emelkedik. A közvetített energia azonban az elektronok magasabb energiaszintre történő gerjesztéséhez nem elegendő (a rezgési energia növeléséhez $5 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$, míg az elektron gerjesztéshez $100 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$ energia szükséges). A különböző rezgési szintekre eltérő rotációs szintek szuperponálódnak. A rezgési energia a rotációs energiánál sokkal nagyobb (Kuzma *et al.* 2014).

A folyékony és szilárd anyagok vizsgálatakor ezek a spektrumon egymásra vetülve rotációs-rezgési sávként jelennek meg, míg a gáz halmazállapotú mintáknál a rotációs finomszerkezet is ábrázolódik. A különbség oka, hogy a gázok esetében a molekulák között nincs számottevő kölcsönhatás.

Ha a molekula dipolusmomentumának valamely komponense változik (például a kötéstávolság nyúlása-rövidülése), akkor a rezgés IR aktív, a spektrumban sávként jelenik meg. Az elemi két atomos gázok szimmetrikus vegyérték rezgése nem IR aktív, ugyanis a dipolusmomentum változás helyett csupán a kötés(ek) polarizálhatósága változik. Összegezve, az elemi két atomos gázoknak nincs IR spektrumuk, ellenben a kötés polarizáció változása hozza létre a Raman spektrumot.

Az infravörös spektroszkópia napjainkban is nagy jelentőségű a szerkezetkutatásokban. Előnye a különböző szilárd, folyékony vagy gáz halmazállapotú minta szerkezetváltozás nélküli vizsgálata. Az analitikai méréseket a 4000 és 400 cm^{-1} közötti közepes infravörös tartományban végezzük (1. sz. táblázat).

Tartomány	Hullámhossz (μm)	Hullámszám (cm^{-1})	Frekvencia (THz)
Közele (NIR)	0.8-2.5	12500-5000	375-120
Közepes (MIR)	2.5-25	5000-500	120-12
Távoli (FIR)	25-500	500-25	12-0,6

1. sz. táblázat Az infravörös tartomány felosztása

A közepes infravörös tartományt további két részre oszthatjuk. Az egyik (4000 és 1500 cm^{-1} közötti) az egyes funkciós csoportokra jellemző, míg a másik (1500 és 400 cm^{-1} közötti) a vizsgált vegyületekre jellemző mérési tartomány. Megfelelő mérési beállítás mellett az adott kémiai szerkezetre jellemző spektrumot kapunk, azaz az eredményünk az adott vegyület „kémiai ujjlenyomatának” tekinthető (Tóth *et al.* 2005, Kuzma *et al.* 2014).

4.3.3.1. Fourier transzformációs spektrofotométer (FT-IR)

A hagyományos két fényutas IR spektroszkópiához képest a Fourier transzformáción alapuló spektrofotométer egy fényutas műszer. Ma a gyakorlatban ez utóbbi készülékeket használjuk. A korábban alkalmazott diszperziós készülékekkel ellentétben az FT-IR spektrométerrel a teljes frekvenciatartományban mérhetünk. A fényerőcsökkentés kiküszöbölésével a mérési érzékenység nőtt, és a belső kalibráció miatt a hullámszám-stabilitás javult, a minta igény és mérési idő csökkent, a spektrális felbontás is jobb lett. A mérőkészülékhez csatolt számítógép segítségével lehetővé vált a spektrumok szerkesztése (Kuzma *et al.* 2014).

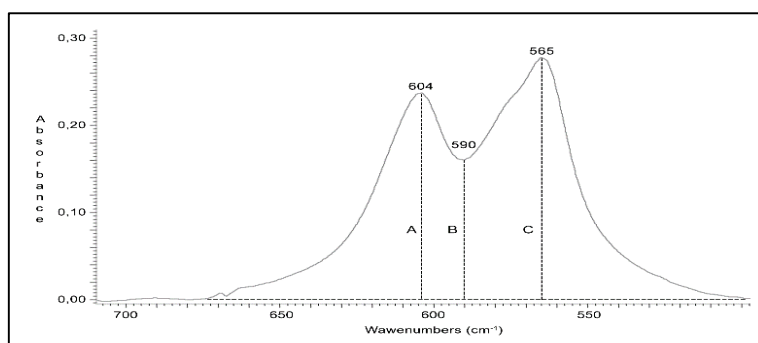
A FT-IR spektrométer tartalmaz egy fényforrást, egy mintatartót, egy Michelson interferométert és egy detektort. A fényforrásból a sugárzás tükrök segítségével kerül a fényosztóra. A fényosztó az infravörös sugárzást két részre bontja. Az átmenő fény egy mozgó, a visszaverődő pedig egy álló tükröt ér el. A tükrökről a sugarak visszaverődnek és a fényosztón áthaladva az útkülönbségektől függően erősítik, vagy gyengítik egymást. A fényosztón áthaladva a sugár a mintán keresztül a detektorba jut, és egy interferogram keletkezik. A kapott jel a sugárzás intenzitása a tükrök elmozdulásnak függvényében. A spektrumot az interferogramból Fourier transzformáció segítségével kapjuk (Tóth *et al.* 2005, Kuzma *et al.* 2014).

A szilárd anyagok mérésénél a vizsgált anyaghoz kálium-bromidot adunk, és nagy nyomáson pasztillákat készítünk. A KBr vízben oldódik, az infravörös sugarat átengedi (áteresztés alsó határa 400 cm^{-1}), alkalmazásával a mintaigény is csökken (0,5 mg). A módszer hátránya, hogy nagy nyomáson számolni kell a polimorf átalakulással és KBr okozta kémiai reakciók lehetőségével (Kuzma *et al.* 2014, Mink 2004).

4.3.3.2. Krisztallizációs index és a karbonát–foszfát arány

A csontokban számtalan változás következik be a halál után. A szerves alkotók, a fehérjék degradálódnak, majd idővel elbomlanak (Procopio *et al.* 2018). A szervetlen komponensek ellenállnak a környezeti hatásoknak. A hidroxipatit kristályok szerkezete lassan változik, rendezettebbé válik, így nagyobb kristályok jönnek létre. A kristályok szerkezetét és rendezettségét a krisztallizációs indexszel (splitting factor – SF; C.I.) jellemezhetjük (Stiner *et al.* 2001). A felhasadási faktor (SF) értékét Fourier transzformációs infravörös spektroszkópia segítségével határozhatjuk meg.

A számolást Weiner és Bar-Yosef módszerével végezzük. A spektrumon a 605 cm^{-1} és 565 cm^{-1} hullámszámokhoz tartozó abszorbancia értékek összegét $[A+C]$ elosztjuk a két csúcs közti legalacsonyabb abszorbancia értékkel $[B]$ (Mihályi *et al.* 2006, Weiner *et al.* 1990, Wright *et al.* 1995).



1. ábra A krisztallizációs index meghatározása Weiner és Bar-Yosef módszerével
(Patonai *et al.* 2013)

Az $[A]$ és $[C]$ értékek arányosak a fluoridáció mértékével. A rendezett, nagy kristályok esetében ezek az értékek magasak, tehát a számolt index értéke is magas lesz (Munro *et al.* 2007, Shemesh 1990). Az életkor előrehaladtával a kristályok szerkezete és elhelyezkedése is változik (Burr *et al.* 2003, Petra *et al.* 2005)

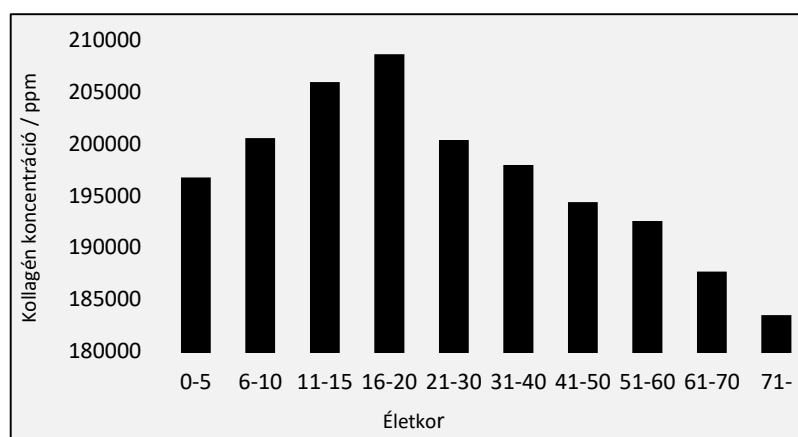
A karbonát–foszfát arány (C/P) a karbonát (CO_3^{2-}) 1428 cm^{-1} hullámszámnál és a foszfát (PO_4^{3-}) 1042 cm^{-1} hullámszámnál látható abszorpciós értékének a hányadosa (Wright *et al.* 1996). A C/P értéke a halál után eltelt idő múlásával a bomlási folyamatok eredményeként csökken. A krisztallizációs index és a C/P arány időfüggő változásának mérése alkalmas lehet a fekvési idő meghatározására.

4.4. Munkacsoportunk csontkémiai vizsgálatainak összefoglalása

A modern csontkémiai kutatások elsődleges célja válaszok keresése a táplálkozástudományi és a fekvési idő meghatározásával kapcsolatos kérdésekre. Sajnálatos módon kevés kutatás tárgyát képezi a nem és az életkor kémiai módszerekkel történő meghatározása (Denys 2002; Herrmann *et al.* 1994).

4.4.1. Kémiai életkor meghatározás

Az életkor előrehaladtával a szervezetünkben számos változás következik be. Öregedésünk egyik következménye a csontjaink kollagéntartalmának változása (2. ábra) (Márk 2006). A csontokból kémiai úton kivont kollagén folyadékkromatográfiás (HPLC) vizsgálata alkalmas az elhunyt életkorának megállapítására (Márk 2005).



2. ábra A csontszövet kollagéntartalmának életkor függő változása (Márk 2006, Patonai 2009)

A módszer hátránya, hogy a minta előkészítése és a kollagén kivonása technikailag nehéz, a mérési idő pedig hosszú. Ezen körülményeket figyelembe véve az életkor kémiai meghatározásnak e módja nem alkalmas nagyszámú minta feldolgozására és a rutinszerű használatra. A vizsgálat jelentősége csupán tudománytörténeti.

A kémiai életkor-meghatározást a személyazonosítási ügyekben nem alkalmaztam.

4.4.2 Paleopatológiai vizsgálatok

Munkacsoportunk paleopatológia tárgyú vizsgálatait területi okok miatt a részleteket mellőzve, röviden ismertetem.

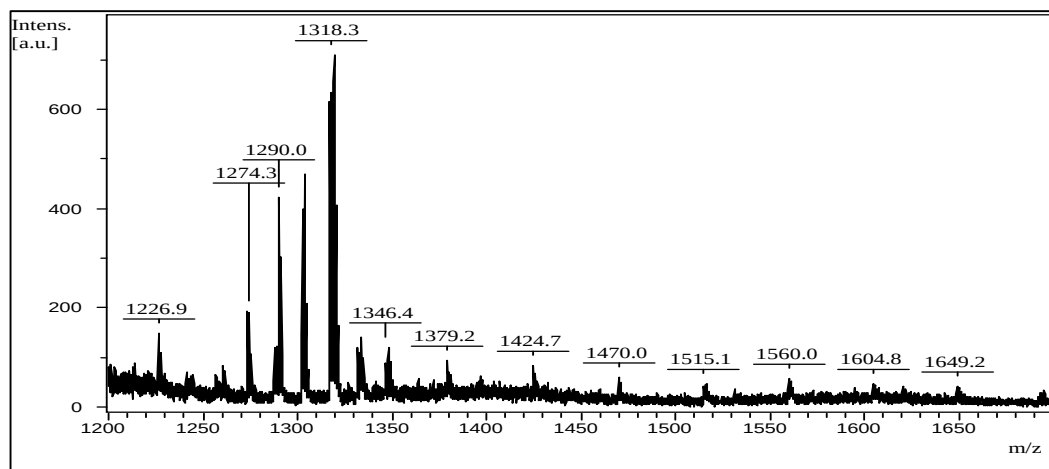
A MALDI-TOF tömegspektrometria egyéb más felhasználási lehetőségek mellett alkalmasnak bizonyult paleoproteomikai vizsgálatokra (Montskó *et al.* 2006, Bóna *et al.* 2014) és egyes kórokozók (*Mycobacterium* sp.) sejtfalát alkotó vegyületek kimutatására (Márk *et al.* 2010b, Montskó *et al.* 2009b). A *M. tuberculosis* sejtfalát alkotó 60-90 szénatomszámú mikolsavak tömegspektrometriás vizsgálatáról szóló első közlemény Laval és munkatársainak tollából származik (Laval *et al.* 2001).

Lelőhely	Származási kor	Sír	Életkor	Nem	Pathológia
Sükösd-Ságod	600-700 A.D.	19	19-20	Nő	MT
		195	30-40	Nő	control
Bélmegyer-Csömöki domb	700-800 A.D.	65	30-40	Nő	MT
		68	40-50	Férfi	control
Felgyő-Ürmös tanya	700-800 A.D.	205	20-30	Nő	MT
		232	40-50	Nő	control
Csongrád-Ellés	1000-1200 A.D.	183	40-45	Férfi	MT
		95	40-50	Férfi	control

3. ábra A vizsgált csontminták (Maász *et al.* 2010, Patonai 2013)

A munkánk során VII-VIII. és XIII-XIV. századból származó régészeti leleteket vizsgáltunk. A csontextraktumokat mátrix jelenlétében Bruker Autoflex II típusú MALDI TOF/TOF tömegspektrométerrel 200-3000 m/z detektálási tartományban vizsgáltuk. A feldolgozott csontminták morfológiai vizsgálata tuberculosis fertőzésre utalt (3. ábra).

A 4. ábrán látható 1318 m/z érték a *Mycobacterium tuberculosis* sejtmembránját alkotó 87 szénatomszámú metoxi-mikolsav Na⁺ ionnal képzett kvázimolekulaionja (Laval *et al.* 2001). A tömegek közötti 44 Da különbség a [C₃H₈]⁺ ionok fragmentációjának következménye (Gross 2004).



4. ábra Fertőzés jeleit mutató régészeti csontminta tömegspektruma
(Maász *et al.* 2010, Patonai 2013)

A méréseket mikolsav standardokkal és kontroll csontmintákon is elvégeztük. Az eredményeink korreláltak a morfológiai vizsgálatok eredményeivel. Nem csupán *Mycobacterium tuberculosis* kimutatására volt lehetőségünk, a fent említett módon sikeresen detektáltunk *Mycobacterium leprae* fertőzést is régészeti csontmaradványokon (Maász *et al.* 2010, Márk *et al.* 2010b).

A recens csontmintákon – mivel igazságügyi orvosszakértői szempontból gyakorlati jelentősége nincs – nem végeztem ilyen jellegű vizsgálatokat.

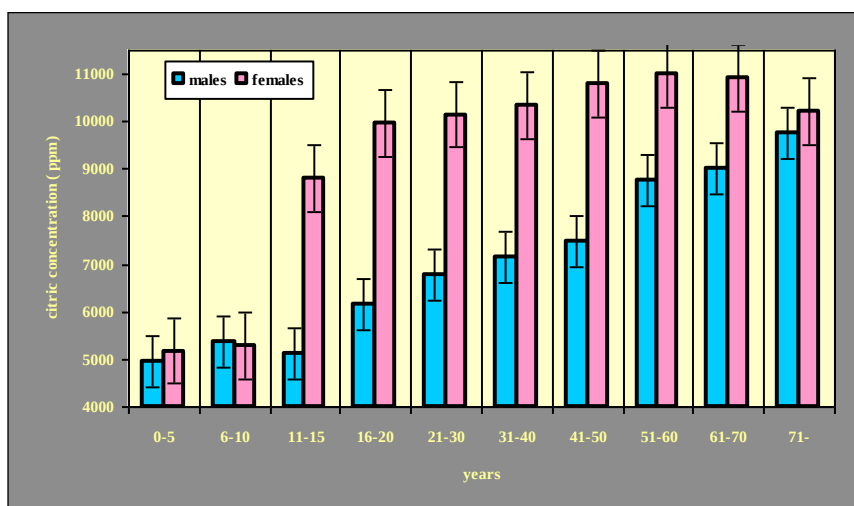
FT-IR spektroszkópiával vizsgáltunk *Mycobacterium tuberculosis* (N=12) és *Treponema pallidum* (N=4) fertőzés morfológiai jeleit mutató régészeti csontmintákat. Kontroll csoportként azonos fekvési idejű, morfológiai vizsgálattal egészségesnek bizonyult régészeti mintákat választottunk. A TBC fertőzés esetén a C.I. átlag 2,49, a C/P arány átlaga 0,46 volt. A szifilisszel fertőzött csontok esetében a C.I. átlag 2,87, a C/P arány átlaga 0,43 volt. Összehasonlítva, az egészséges régészeti minták C.I értéke magasabb és a szervesanyag-tartalma kevesebb. Ellenben a fertőzött csontok hidroxipatit kristályai kisebbek. A magasabb C/P arány pedig magasabb szervesanyag-tartalomra utal (Nagy *et al.* 2008).

A tuberculosissal és szifilisszel fertőzött csontok értékei a recens csontmintákéhoz hasonlóak.

4.4.3. A genetikai nemek elkülönítése

Szervezetünk citrát mennyisége életünk során állandóan változik. A csontszövetünk szervezetünk citrát mennyiségének 70 %-át tartalmazza. A csontok citráttartalmát közvetett módon a mellékpajzsmirigy szabályozza. A nőknél a ciklikus hormonális változások hatására a citromsav mennyisége is ciklikusan változik. Az időszakosan fokozódó citrát ürítést a női szervezet a csontokban – a férfiakéhoz képest – nagyobb mennyiségű citromsav raktározásával kompenzálja (Márk 2006).

A nőknél a nemi érés idején a citromsav-koncentrációja megemelkedik, a menopauza idejétől kezdődően pedig a mennyisége először stagnál (kb. másfél évtizedig), majd hetven éves kor felett csökken (Elődi 1981, Guba 1988, Goreczky *et al* 1983). Ugyanakkor férfiak csontszövetében az életkor előrehaladtával a citrát mennyisége emelkedik (5. ábra).



5. ábra A női (rózsaszín) és a férfi (kék) csontszövet citrátkoncentrációja az életkor függvényében (Márk 2006, Patonai 2009)

A Lengyel Imre által közölt jodometriás citromsav-koncentráció meghatározása megbízható módszernek bizonyult a csontváz biológiai nemének elkülönítéséhez. Munkacsoportunk ezt a jodometriás vizsgálatot ültette át – a korunk tudományos kíváncsiságainak megfelelő – nagy hatékonyságú folyadékkromatográfiás eljárásra. A citrátot a csontporhoz adott 8 mM koncentrációjú kénsav-oldat segítségével vontuk ki (Jayaprakasha *et al.* 2002), majd az elválasztást nagy hatékonyságú folyadékkromatográfiás eljárással (HPLC) végeztük (Márk 2002a).

A citromsavra jellemző retenciós idő meghatározásához azonos mérési körülmények mellett (eluens, oszlopméret, áramlási sebesség, kolonna töltet) standard oldatot vizsgáltunk. A csontmaradványokból származó extraktum vizsgálatok kapott eredményeket minden esetben a standard oldat mérési eredményeivel hasonlítottuk össze, és a tányérszámból koncentrációt számoltunk.

A genetikai nemek eredményes elkülönítéséhez a csontok vizsgálatok meg kell becsülnünk az elhunyt biológiai korát. Az életkort Harsányi-Nemeskéri módszerével határoztuk meg (Harsányi *et al.* 1968, Iscan *et al.* 2013). A citromsav mennyisége alapján végzett életkor meghatározás csak 11-70 év közötti intervallumban ad megbízható eredményt. 11 éves kor alatt a hormonális aktivitás hiánya, míg 70 év feletti a hormonális aktivitás megszűnése miatt a csontok „molekuláris dimorfizmusa eltűnik” (Márk 2006; Patonai 2005).

A kapott eredmények objektív értékeléséhez szükséges az elhunyt életkorának ismerete. A kormeghatározás elvégezhető kémiai módszerek segítségével, pl. a kollagén mennyiségi meghatározásával, vagy a csont metrikus elemzésével (Márk 2005). A metrikus elemzés hiányos, rossz megtartású csontoknál nem alkalmazható. A kémiai életkor meghatározás pedig növeli az eljárás költségét és idejét. Az életkor ismeretének hiányában a citromsav mennyiségi meghatározása önmagában nem alkalmas a genetikai nemek elkülönítésére. Ezért rutinszerűen nem alkalmazzuk, jelentősége csupán tudománytörténeti.

Vizsgálatunkhoz megbízható biomarkert kellett találnunk, melynek a mérése önmagában, kiegészítő vizsgálatok nélkül is alkalmas a csontmaradványok genetikai nemének elkülönítéséhez. A foszfolipidek és a szteránváz vegyületek csoportjába tartozó zsírnemű anyagok a csontszövetben nyomokban fordulnak elő.

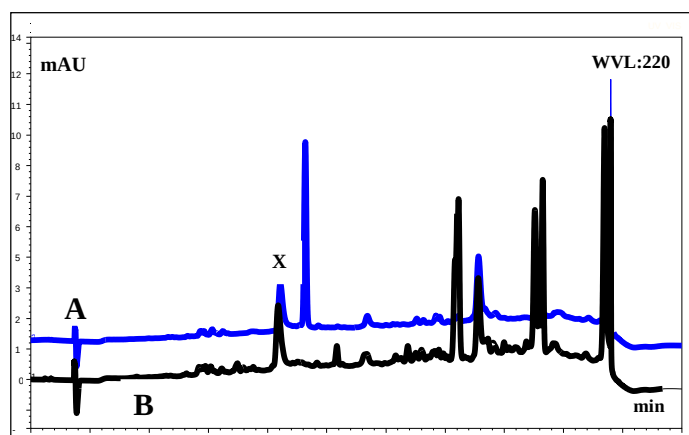
A hormonok szintje – más vegyületekhez hasonlóan – a kor előrehaladtával folyamatosan változik. A nemi hormonok a szteránváz szerkezeti tulajdonságainak köszönhetően az agresszív környezeti hatásokkal szemben rendkívül ellenállóak. A stabilitásuknak köszönhetően hosszú ideig megőrződnek.

A csontszövet a halál után hosszú ideig konzerválja a nemi hormonokat. A genetikai nemek elkülönítésére leginkább a nemi hormonok vizsgálatát találtuk alkalmasnak. A nemi

hormonokat először fordított fázisú HPLC-UV/DAD segítségével azonosítottuk (Patonai 2005).

A csontot achát mozsárban 0,2 mm szemcsenagyságúra őröltük. Analitikai mérlegen 1,00 g csontport mértünk be, és hozzá 20 cm³ diklórmétánt adtunk. Az extrakció hatékonyságának növelése céljából a keveréket 10 percig ultrahangoztuk, majd 10 perc várakozás után leszűrtük. A szűrésből visszamaradt csontporral az eljárást még kétszer megismételtük. Az így keletkezett 60 cm³ extraktumot rotációs vákuumbepárlóval 35-40°C-on szárazra pároltuk, a száraz maradékot acetonitril:víz 1:1 (V/V) arányú elegyében oldottuk vissza.

A kromatográfiás méréshez ebből az oldatból 10 µl-t injektáltunk. Az elválasztáshoz C₁₈ szénhidrogén láncsal módosított szilikagéllal (ODS) általunk töltött kolonnát (Kovasil C₁₈ 250*4,6 mm) használtunk (Szabó *et al.* 2005), az áramlási sebesség 1,2 cm³/min volt. Kromatográfiás mozgó fázisként acetonitril:víz 1:1 (V/V) arányú elegyét alkalmaztuk, a detektálást három különböző hullámhosszon ($\lambda_1=220$ nm, $\lambda_2=245$ nm, $\lambda_3=280$ nm) végeztük.



6. ábra Férfi nemi hormon vizsgálata HPLC-val

A) Tesztoszteron standard; B) Régészeti ásatásból származó csontlelet (férfi)

A kapott kromatogramokat a hormon standardok kromatogramjaival összehasonlítva értékeltük. A 6. ábrán régészeti csontlelet vizsgálata során kapott és a tesztoszteron standard kromatogramjai láthatók. Mindkét kromatogramon jól látható a tesztoszteronhoz tartozó, $t_R=21$ min-nél jelentkező csúcs („X” jelöli). A vizsgált minta tehát nagy valószínűséggel férfi elhunytól származtatható.

Az eljárás ugyan megfelelt a modern analitikai eljárások követelményeinek, azonban az intézeti műszerpark fejlődésének köszönhetően a módszerünket módosítani kényszerültünk. Az újragondolását követően méréseinket a nagyobb felbontó képességű MALDI-TOF tömegspektrométerre optimalizáltuk.

A minta előkészítés könnyebbé és költséghatékonyabbá, a vizsgálati idő pedig rövidebbé vált. Az eljárást nagyszámú régészeti minta feldolgozásával tökéletesítettük (Márk *et al.* 2010a; Montskó *et al.* 2009a; Tucsek *et al.* 2007), a mérési eredményeinket összehasonlítottuk a csontméréstani vizsgálat eredményeivel. Az említett módszert részletesen külön fejezetben ismertetem (7.2.1. fejezet).

5. Anyag és módszer

A megfelelő mintatípus és módszer(ek) kiválasztása minden kutatás sarkalatos pontja. Az alábbiakban ismertetem az egyes vizsgálatokhoz gyűjtött minták származását. Az antropológiai vizsgálatokhoz érkező csontmaradványokat külön fejezetben nem részleteztem, mivel a PTE Igazságügyi Orvostani Intézetében az antropológiai vizsgálatokat egy-egy személyazonosítási ügghöz készítettem.

5.1. A MALDI-TOF/TOF tömegspektrométerrel végzett vizsgálatok anyaga

A recens csontminták a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Igazságügyi Orvostani Intézetében személyazonosítási céllal végzett antropológiai vizsgálataim anyagából származnak. Azoknál az eseteknél, amelyeknél a csontok állapota (jó megtartottság) lehetővé tette, elvégeztem az összes antropometriai mérést. A kémiai vizsgálatok eredményeit összehasonlítottam a metrikus nemmeghatározás, és a DNS vizsgálat (amelogenin) eredményeivel.

A csontkémiai vizsgálatokat a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Biokémia és Orvosi Kémia Intézetének Analitikai Biokémiai Tanszékén végeztem.

5.2. FT-IR spektroszkópiával végzett vizsgálatok anyaga

A *történeti csontmintákat* a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi Karának Embertani Tanszékéről kaptam. A mintáim 67,5%-a a Hódmezővásárhely-Gorzsa bronzkori

temetkezési helyről származik. A lelelőhely feltárása 1978-ban kezdődött, és napjainkig sem fejeződött be. A nagyszámú leletanyag feldolgozása, hasonlóan a feltáráshoz, jelenleg is tart. A többi mintám az i.e. 4900 és i.u. 1500 közötti időszakból, különböző ásásokról származik

A *recens csontminták* a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Igazságügyi Orvostani Intézetében végzett antropológiai vizsgálataimból és a DNS vizsgálatra érkezett csontmintákból származnak.

A kutatásom során fogászati kezelés céljából (pl.: fogszabályozás) eltávolított egészséges *fogak* mérését is elvégeztem. A fogfelszínen található bármilyen – kémiai szerkezetet módosító – elváltozás (caries) a vizsgálatból kizárást jelentett. A fogakat a Pécsi Tudományegyetem Klinikai Központ Fogászati és Szájsebészeti Klinikáról és a Kaposi Mór Oktató Kórház Szájsebészeti Osztályáról kaptam.

A méréseket a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Biokémia és Orvosi Kémia Intézetének Analitikai Biokémiai Tanszékén végeztem.

6. A minták előkészítése a kémiai vizsgálatokhoz

6.1. Mintaelőkészítés MALDI-TOF/TOF tömegspektrometriához

A csontot achát mozsárban 0,2 mm szemcsenagyságúra őröltem, az így nyert csontporból 0,50 g-ot mértem ki. Ehhez 1,00 cm³ víz-acetonitril (1/1 V/V) elegyét adtam. Az extrahálást ultrahangos fürdőben végeztem 10 percig, jéggel hűtve 25-35 C° fokon. A kivonatból 1 µl-t rozsdamentes acél mintatartó tálcára (Mtp 384 ground steel plate) cseppentettem, és beszáradás után elvégeztem a mérést.

A vizsgálatok során mátrixként α -ciano-4-hidroxi-fahéjsav (CHCA), valamint C₆₀ és C₇₀ fullerén telített toluolos oldatát alkalmaztam. A módszer kidolgozásánál a méréseket elvégeztem még 2,5-dihidroxi-benzoésav (DHB) és mustársav (SA) mátrixokkal is, amelyek eredményei teljes összhangban voltak az ismertetendő módszerek eredményeivel. A későbbi gyakorlatomban a DHB és SA mátrixot nem alkalmaztam.

6.2. Mintaelőkészítés FT-IR spektroszkópiához

6.2.1. A csontminták előkészítése

A minták előkészítése a *csontminták* lágyszövetborítottságától függően változott. A történeti minták lágyszöveti részei teljesen lebomlottak, ezért a csontok felszínét a földszennyeződés eltávolítása céljából desztillált vízzel, majd metanollal mostam. A tisztítás után a maradványokat szobahőmérsékleten szárítottam. A csontok felszínéről vízhűtés mellett gravír fúróval 0,3-0,5 g mennyiségű, átlagosan 2 µm szemcseméretű csontport nyertem.

A recens mintákról először eltávolítottam a csontthártyát és az egyéb lágyszöveteket (izomszövet). A porításhoz gravír fúrót és vízhűtést alkalmaztam, az átlagos szemcseméret 2 µm volt. Ezt a következő fázis, a zsírtalanítás és csíramentesítés követte. Eppendorf® csőbe 0,3-0,5 g csontport mértem be, amelyhez 1-1,5 ml metanolt adtam.

A csöveket szobahőmérsékleten 24 órán keresztül rázattam, majd a mintáról a metanolt pipettával eltávolítottam, és további háromszor metanollal mostam. Ezután a csontporhoz ismét 1-1,5 ml metanolt adtam, és a csöveket 12 órán át rázattam. A rázatás után a metanolt szobahőmérsékleten elpárologtattam.

A régészeti és igazságügyi mintákat kristályos foszforpentoxid mellett Eppendorf® csövekben 3-4 hétig exszikátorban szárítottam. Az exszikátor naponta két-háromszor egy-egy órán át vákuum szivattyúra helyeztem.

A kiszáritott csontporhoz (0,5 mg) 300 mg kálium-bromidot adtam, és a két anyagot achát mozsárban őröltem. Az őrleményből 80-90 atm nyomáson pasztillát készítettem.

6.2.2. A fogminták előkészítése

A *fogakat* szobahőmérsékleten Falcon® csövekben tároltam a feldolgozásig. Előkészítésként a fogak felszínét egyenként metanollal tisztítottam, majd a foggyökekről gravírfúróval a lágyszövet maradványokat eltávolítottam. A megtisztított felszínről vízhűtés mellett gravírfúróval 0,2 µm szemcseméretű csontport nyertem.

Eppendorf® csőbe 0,3-0,5 g csontport mértem be, melyhez 1-1,5 ml metanolt adtam. A csöveket szobahőmérsékleten 24 órán keresztül rázattam, majd a mintáról a metanolt pipettával eltávolítottam, és további háromszor metanollal mostam. Ezután a csontporhoz ismét 1-1,5 ml metanolt adtam, és a csöveket 12 órán át rázattam. A rázatás után a metanolt szobahőmérsékleten elpárologtattam. A metanolos mosást a csíra- és fehérjementesítés miatt végeztem.

A fogmintákat kristályos foszforpentoxid mellett Eppendorf® csövekben 3-4 hétig exszikátorban szárítottam. Az exszikátort naponta két-háromszor egy-egy órán át vákuum szivattyúra helyeztem. A kiszáritott csontporhoz (0,5 mg) 300 mg kálium-bromidot adtam és a két anyagot achát mozsárban őröltem. Az őrleményből 80-90 atm nyomáson pasztillát készítettem.

7. Az eredmények ismertetése

7.1. Az antropológiai vizsgálatok eredményei

A csontok vizsgálatánál (nem, életkor, fekvési idő meghatározás) elsősorban a Rudolf Martin egységesítette antropometriai metódusokat alkalmaztam. A csontokat részletesen megvizsgáltam, a bizonyítottan emberi és a kétséges eredetű csontokról is feljegyzést készítettem. A csontok felszínén látható elváltozásokat (égés, törés stb.) részletesen lejegyeztem (*lsd. 1. sz. demonstrációs ábra*).

Az alábbi alfejezetekben az eredményeimet a csontok metrikus elemzésekor tapasztalt problémákra fókuszálva ismertetem.

7.1.1. Az életkor és a genetikai nemek meghatározása

A koponya vizsgálata értékes információkkal segítheti az ismeretlen személy azonosítását. Elhalt magzat esetében, vagy gyermekkorban elhunytaknál a koponya csontosodásának mértékéből következtethetünk a biológiai életkorra. A tejfogak és a fogváltás vizsgálatával az eredmény pontosítható (Fazekas et al. 1978, Iscan 1989).

Felnőtteknél az életkor meghatározáshoz a koponyavarratok elcsontosodását vizsgáljuk. Az elcsontosodás mértékéből a biológiai életkor megbecsülhető (Acsádi et al. 1970, Klepinger

et al. 2006, Iscan *et al.* 2013). A koponyacsontok vizsgálatával egyes szerzők szerint a genetikai nemet 80%-os biztonsággal határozhatjuk meg. Amennyiben a mandibula is vizsgálható, ez az érték 85-95% (Harsányi *et al.* 1968). Más szerzők és a saját tapasztalatom alapján is a morfológiai elemzéssel végzett életkor és nemmeghatározás bizonyossággal határos valószínűséggel csak megfelelő számú mérőpont⁵ esetén lehetséges. Ellenkező esetben csak óvatos becslésre van lehetőségünk, ezért a véleményünk foka csupán valószínű lehet.



2. kép Részlet a PI 506/2009 sz. igazságügyi orvosszakértői véleményből

A csontokról minden esetben több nézetből felvételeket készítettem. A koponyát öt különböző irányból fényképeztem (2. kép). A felvételekhez a koponyát a normál fejtartásnak megfelelő frankfurti vízszintesben⁶ rögzítettem. A pontos beállítás a videoszuperprojekciónál használt állvány segítségével lehetséges. Bizonyos esetekben az öt irányt további két „fél ferde” felvétellel egészítettem ki, mivel a nyomozóhatóság a rabosításkor az elkövetőről három (szemből, profilból és fél ferde) nézetből készít felvételt.

⁵ A nem meghatározásánál különböző anatómiai pontokat osztályozzuk kinézetük szerint (hyperfeminin: -2, feminin: -1, indifferens: 0, masculin: +1, hypermasculin: +2). A becsült értékek átlagát vesszük, azaz minél több csontot vizsgálunk, annál nagyobb biztonsággal mondhatunk véleményt az elhunyt genetikai neméről.

⁶ A két oldali csontos külső hallójárat legmagasabb pontja és a kétoldali csontos szemüreg bemenet legalsó pontja által meghatározott horizontális síkot nevezzük német vagy frankfurti vízszintesnek (Harsányi *et al.* 1968).

Az eredményes személyazonosításhoz a fénykép dokumentáció és a Martin-féle indexek gondos megválasztása szükséges (*lsd. 2. sz. demonstrációs ábra*). A vizsgálataim során – a szuperimpozíciós eljárásoknál is vizsgálandó – mért és számolt koponya indexeket alkalmaztam (Bajnócky 1994).

A *fogak* vizsgálata a több millió variáció és az egyedi sajátosságok miatt részletes fogorvosi dokumentáció birtokában alkalmas az elhunyt személy azonosítására. A fogaknak lehetnek veleszületett (alaki, számbeli, méretbeli, szerkezeti, helyzeti, előtörési) rendellenességei. A szerzett rendellenességek a foglalkozási ártalmak, a balesetek, a mechanikai vagy a kémiai ártalmak okozta elváltozások. A variációk számát növelik a fogászati beavatkozások okozta morfológiai eltérések (*lsd. 3. sz. demonstrációs ábra*).

A fogazat értékes információt hordoz a biológiai életkor meghatározásához. Különbséget kell tennünk a fogváltás előtti és utáni időszak között. A fogváltás előtt az életkor meghatározást a fogcsíra fejlettsége, a bölcsességfogak előtörése, a zománc (dentatio) és a fogak fejlődése alapján végezzük (Foti *et al.* 2003, Nyárádi *et al.* 2005).

A teljes fogváltás után a fogak életkorfüggő változásait vizsgáljuk. Gustafson hat, az életkorhoz, a fogfejlődési rendellenességekhez és a fogászati beavatkozásokhoz köthető jelenséget vizsgált (Megyesi *et al.* 2006, Olze *et al.* 2012b, Zelles 2007). Az elváltozásokat 0-3 között osztályozta, majd a kapott értékek összegéből egy regressziós egyenes segítségével határozta meg az életkort. A Lamendin-féle életkor meghatározás három elváltozást vizsgál, azonban fogágybetegség esetén eredménye kétséges (Foti *et al.* 2001). Bizonyos elváltozások, mint a cement appositio, a másodlagos dentinképződés és a pulpakamra alakja a panoráma röntgen segítségével élő személyen is vizsgálható. Önmagában azonban életkor meghatározásra egyik módszer sem alkalmas (Olze *et al.* 2012a).

A medence hordozza – a koponyacsontok mellett – a legtöbb információt. Az ép medencegyűrű szögmeretei, átmérői és az ízesülési felszínei segítségével a genetikai nemre és életkorra vonatkozó kérdések könnyen megválaszolhatók. Sajnálatos módon teljes medencét csak ritkán állt módban vizsgálni. A csigolyák, a bordák, a kéz és a láb csontjai többnyire hiányosak, továbbá vizsgálatuk kevésbé informatív.

A hosszú *csöves csontokon* is találunk olyan morfológiai jegyeket, melyek a nemek elkülönítésben segítségünkre lehetnek. A nyomozati szempontból egyik legjelentősebb információt, a testmagasságot a csöves csontok hosszából (Martin 1) számítottam ki. A pontos méréshez mérőládát alkalmaztam. Helyszíni vizsgálatkor, kihantoláskor mérőszalag segítségével határoztam meg a csontok hosszát (3 kép).



3. kép Csövescsontok hosszának mérése

A testmagasság számolásához Martin a csontok hosszát használta, és a lágyrész korrekciót a kaukázusi típusra vonatkoztatta. Svojod az általa meghatározott lágyrész korrekciót nemtől függetlenül minden típusra alkalmazta. A legújabb szakirodalmi adatok már különbséget tesznek a két nem között, és az egyes típusokra külön módszert közölnek. Ily módon pontosabb eredményhez juthatunk.

A felkar és a combcsontok fejhez közelebbi végét a horizontális síkban felfűrészelve a szivacsos állomány csontgerendáinak szerkezete alapján Harsányi-Nemeskéri szerint megbecsülhetjük az elhunyt életkorát (4. kép).



4. kép Felfűrészelt comb- és felkarcsontok életkor meghatározáshoz

A szerzők mindkét csont esetében hat életkorfüggő morfológiai megjelenést írtak le (Harsányi *et al.* 1968, Iscan *et al.* 2013, Nemeskéri *et al.* 1958). Walker és Lovejoy a combcsont és a kulcscsont trabecularis szerkezetének életkorfüggő változását vizsgálta, és nyolc megjelenési formát különböztetett meg (Iscan *et al.* 2013, Walker *et al.* 1985). A vizsgálataim során Harsányi-Nemeskéri módszerét alkalmaztam.

7.1.2. Esetismertetés

2005-ben a Duna árterében ismeretlen személyazonosságú, önakasztott férfit találtak. A boncolást másik intézetben végezték. A boncolási jegyzőkönyvben korábbi műtét gyógyult hegének leírása nem szerepelt.

Két évvel később exhumálást rendeltek el. A kihantolást megelőző időszakban végzett rendőri adatgyűjtés során felmerült, hogy az ismeretlen személyként eltemetett holttest egy olyan férfi holtteste, akit bordatörés és kézsérülés miatt kórházban láttak el. A kihantolás célja: megállapítani, hogy a bordákon és a kéz csontjain látható-e régi törés gyógyulása utáni állapot. A kihantolás utáni újraboncolás során a sarokcsontban – a lágyrész-maradványok között nehezen felfedezhető – fémcsavarnak imponáló tárgyat találtunk.

A csontokat főzéssel megtisztítottam a lágyrész-maradványoktól, és elvégeztem az antropometriai elemzésüket. A fogstátusz: a fogazat hiányos, több fogon előrehaladott szuvasodás (a fogstátusz felvételénél az 5. sz. demonstrációs ábrán látható űrlapot használtam).

A testmagasság (a felkarcsont és a combcsont hossza alapján Martin szerint kiszámolva): 166-168 cm. Az életkor (a felkarcsont és a combcsont felfűrészelésével, Harsányi és Földes módszerével végzett meghatározás eredménye szerint): 40-45 év (5. kép)



5. kép Felfűrészelt comb- és felkarcsont

A lágyrészek eltávolítását követően a sarokcsontban három spongiosa csavart találtam, melyeket csontegyesítő műtét során helyeztek be (6. kép).



6. kép A bal sarokcsontban három spongiosa csavar, és csontos callussal gyógyult törés

A sarokcsonton talált csontegyesítő műtét utáni állapot ismeretében a rendőrség további adatgyűjtést végzett, és olyan röntgenfelvételeket szerzett be, amelyek között volt a sarokcsontról készített pre- és posztoperatív röntgenfelvétel is. A felvételek fél évvel az exhumált személy halála előtt készültek.

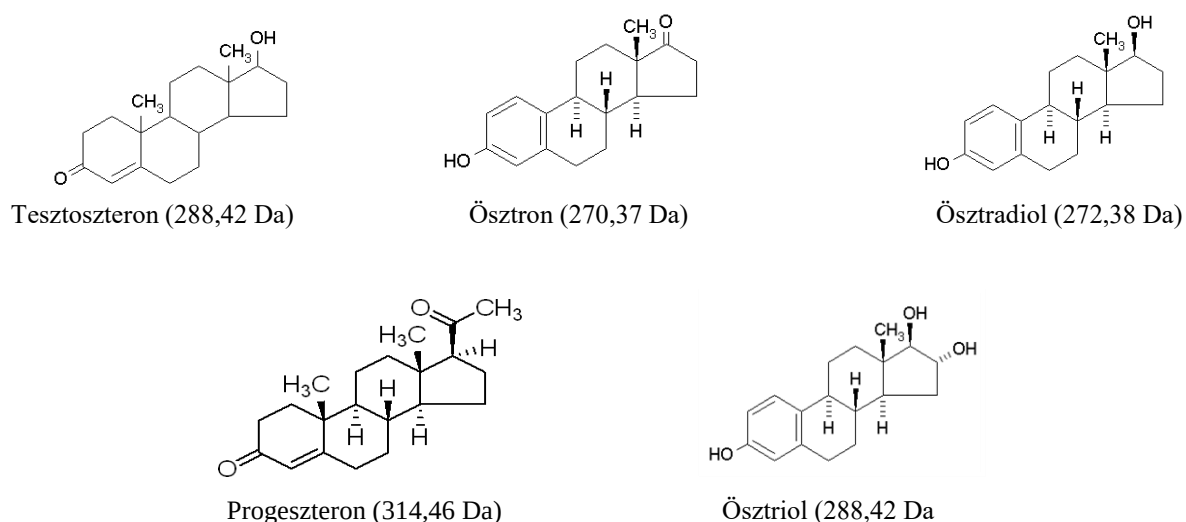
A PTE Radiológiai Klinikán a sarokcsontról digitális röntgen és CT felvételeket készítettünk. A felvételek elkészítéséhez a csontot olyan helyzetben kellett rögzíteni, amilyen helyzetben az operáció után készült felvételek idején volt. A CT felvétel elkészítésekor a háromdimenziós leképezési módszer segítségével a számítógép előtt pozícionálhattuk a képet. Az így készített felvételeket összehasonlítottam a rendelkezésemre bocsátott felvételekkel. (6. számú demonstrációs ábra). Lemértem a csavarok hosszát és az általuk bezárt szöget.

A röntgen felvételek alapján az elhunyt személyazonossága megállapítható volt, ezért a kémiai vizsgálatok elvégzését nem tartottam indokoltnak.

(Más módszerekkel elvégzett, eredményes személyazonosítás esetén önkényesen nem kezdeményezhetünk költségnövelő vizsgálatokat.)

7.2.1. Nem meghatározás MALDI TOF tömegspektrometriával

A női és férfi nemi hormonok szteránvázis vegyületek, amelyek prekursora a koleszterin. Molekulatömegüket és kémiai szerkezetüket a 7. ábra szemlélteti.



7. ábra A jelentősebb nemi hormonok

A szteránváz szerkezeti tulajdonságaiból következik, hogy a nemi hormonok rendkívül ellenállóak az agresszív környezeti hatásokkal szemben, azaz hosszú ideig megőrződnek. A nemi hormonok az élő szervezetben minden szövettípusban megtalálhatóak, kimutathatóak. A halált követően a csontszövet hosszú időszakon át megőrzi, mondhatni konzerválja a nemi hormonokat. XI. és XIII. század (Horváth 1982) közötti időszakból származó ásatag csontokból is kimutatható nemi hormon (Patonai 2005; Tucsek *et al.* 2007).

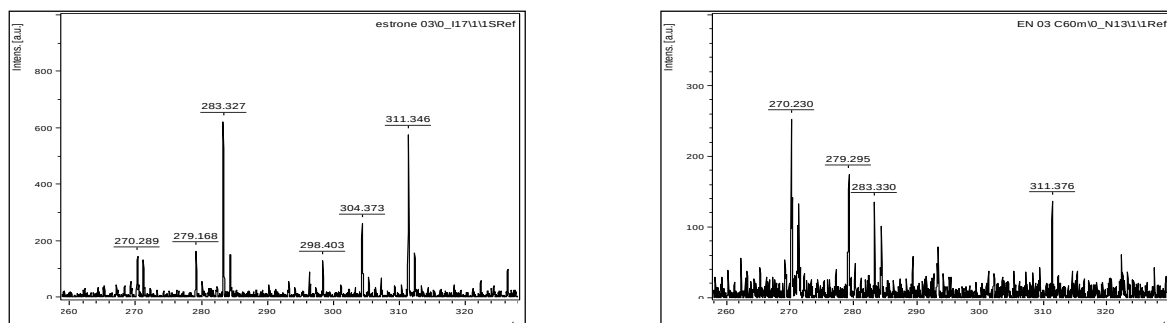
Ez az alapja annak, hogy a csontok kémiai vizsgálatával meghatározhatóak a nemi hormonok, és így a gentikai nemek is elkülöníthetőek.

7.2.2. Nemi hormon standard oldatok vizsgálata

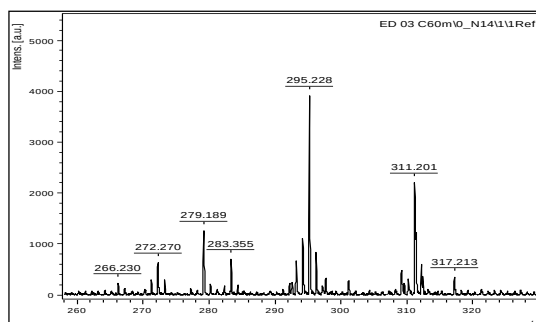
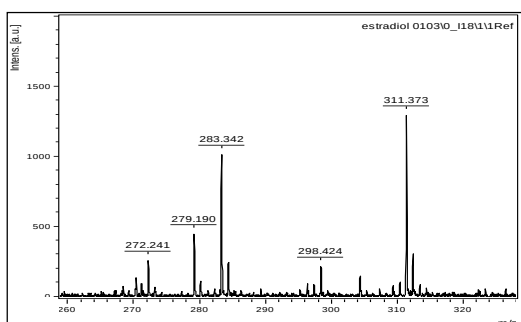
Az elemzéseket Bruker Autoflex II. típusú mátrix segített lézerdeszorpciós ionizációs technikát alkalmazó tandem repülési idő analizátoros (MALDI TOF/TOF) tömegspektrométerrel, reflektor detektálási módban végeztem. A vizsgálatok során az ionizáláshoz 337 nm-es nitrogén lézert alkalmaztam, átlagosan 1100-1200 lövés tömegspektrumát összesítettem.

A frekvencia 50 Hz, a gyorsító feszültség 20 kV, a késleltetési idő 80 ns volt. A tömegspektrumokat pozitív ionizációs módban, 50 és 1200 m/z tartományban regisztráltam. A módszer érzékenységének köszönhetően a detektálás határa femtomol nagyságrendű tartományban van. Az eredményeket a 6-10. ábrán mutatom be.

Az ösztromon esetében mindkét mátrixszal azonosítható a 270 Da tömegű $[M]^+$ gyök molekulaiion. A fullerén mátrix használatával az $[M]^+$ gyök molekulaiion relatív intenzitása növelhető (8. ábra).

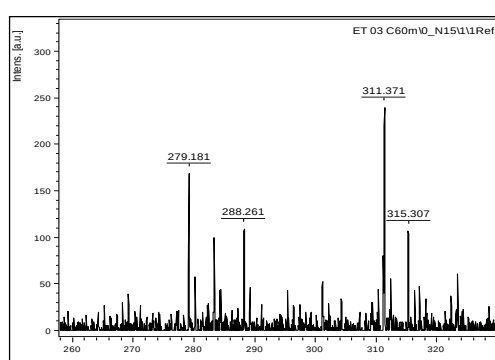
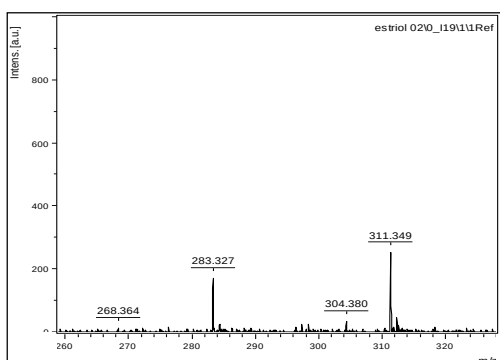


8. ábra Az ösztromon (270 Da) tömegspektruma
A) CHCA mátrixszal, B) C60 fullerén mátrixszal



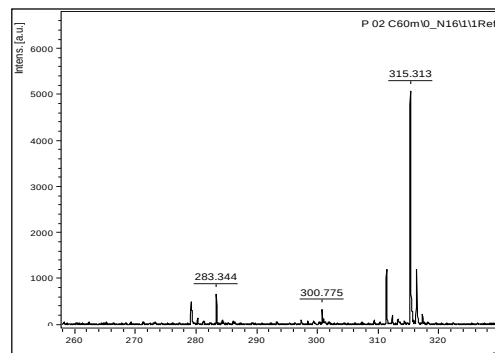
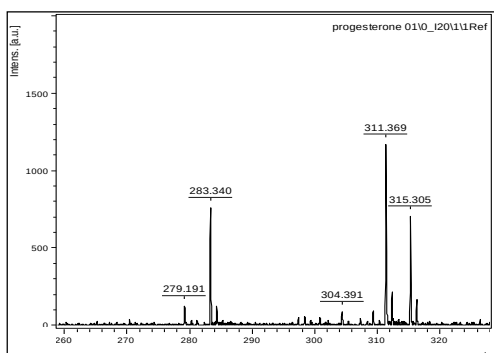
9. ábra Az ösztradiol (272 Da) tömegspektruma
A) CHCA mátrixszal, B) C60 fullerén mátrixszal

Az ösztradiol esetében mindkét mátrix használatával azonosítható $[M]^+$ gyök molekulaion. A 295 Da-nál nátriummal képzett $[M+23]^+$ kvázimolekulaion tömegspektrumát látjuk a 9/B. ábrán.



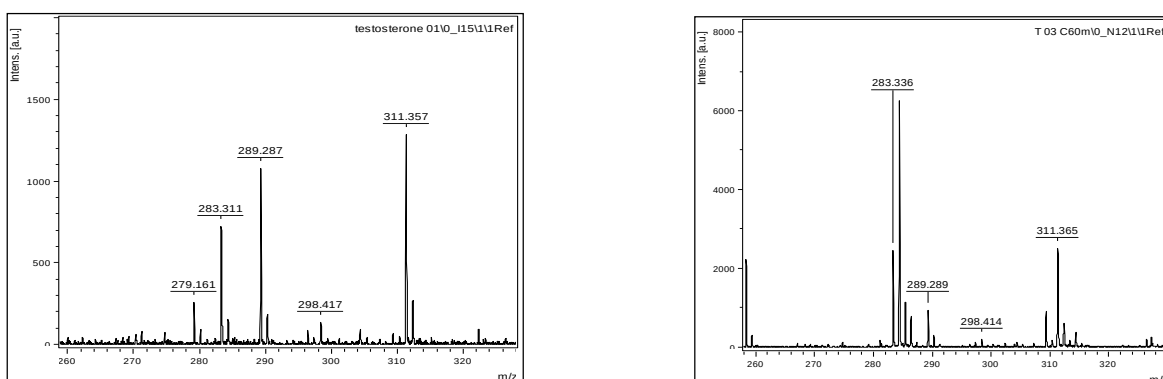
10. ábra Az ösztradiol (288 Da) tömegspektruma
A) CHCA mátrixszal, B) C60 fullerén mátrixszal

Az ösztradiol 288 Da-os gyök molekulaionja a fullerén alkalmazásánál megfigyelhető. A CHCA mátrixnál nem jelentkezik (10. ábra).



11. ábra A progeszteron (315 Da) tömegspektruma
A) CHCA mátrixszal B) C60 fullerén mátrixszal

A progeszteron mindkét mátrix alkalmazásával jól detektálható. A fullerénes mintánál a csúcs relatív intenzitása ebben az esetben is nagyobb, így kimutatásának alsó határa kisebb, kimutathatósága jobb. A 315 Da-nál megjelenő tömegspektrum a progeszteron $[M]^+$ gyök molekulaionja (11. ábra).



12. ábra A tesztoszteron (289 Da) tömegspektruma

A) CHCA mátrixszal, B) C60 fullerén mátrixszal

A 12. ábrán látható a legfontosabb férfi nemi hormon, a tesztoszteron tömegspektrometriás elemzése. A 289 Da tömegű $[M]^+$ gyök molekulaionja jól detektálható mindkét mátrixszal. A 289 Da-nál megjelenő tömegcsúcs aránya CHCA mátrix alkalmazásával növelhető, ezért tesztoszteron meghatározásnál célszerűbb ezt a mátrixot alkalmazni.

7.2.3. A MALDI TOF/TOF gyakorlati alkalmazása

A kémiai analízis eredményét és az esetek ismertetését csak az áttekinthetőség rovására lehet egymástól szétválasztani. Az ismétlések elkerülése céljából célravezetőbbnek találtam az esetek ismertetésével együtt közölni az analízis eredményét, valamint a következtetéseket. A 11-17. ábrán bemutatott tömegspektrumok orvosszakértői véleményhez készített csontkémiai elemzések eredményei.

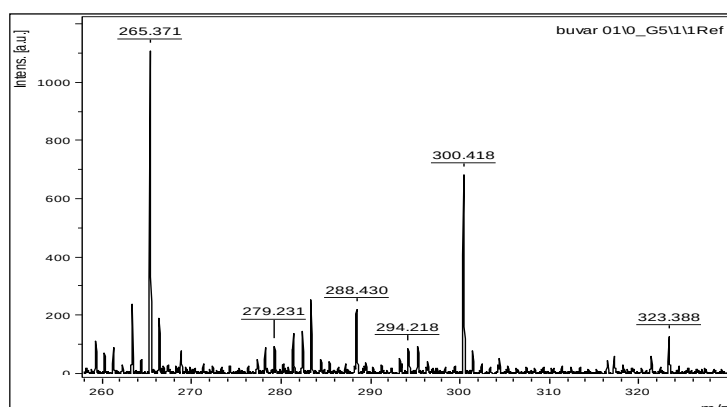
Az alábbiakban ismertetek három személyazonosítást az eset lényeges jellemzőivel, és a vélemény elkészítéséhez végzett másfajta szakértői vizsgálatok eredményének rövid összefoglalásával együtt.

A eset

2005. júniusában rossz megtartású emberi torzót fogtak ki a Dunából. A fej, a nyak és a felső végtagok hiányoztak. A boncolást és a torzó vizsgálatát más intézetben végezték. A boncolási jegyzőkönyv szerint az emberi maradvány nőtől származott. Az elhalt testmagasságát és életkorát csontméréstani módszerrel határozták meg. DNS vizsgálat nem készült. Vizsgálatra egy lágyrészekkel borított combcsontot kaptunk. A klasszikus antropometriai módszerrel a csont férfias jegyeket mutatott: a nemmeghatározáshoz kevés mérőpont állt rendelkezésemre. DNS vizsgálatához és hormon-meghatározáshoz vettem mintát a combcsontból.

Mivel a recens mintákban – ellentétben az ásatag csontokkal – sokkal nagyobb koncentrációban vannak jelen a nemi hormonok, a csontot nem aprítottam, hanem 1,00 g csontmintát egészben mértem ki. Az extrakciót és a mérést a 6.1. és 7.2.2. alfejezetekben ismertetett módszerrel végeztem el. A vizsgálatához CHCA mátrixot használtam. A vizsgálatok során 1150 lövés tömegspektrumát elemeztem. A tömegspektrumokat pozitív és negatív ionizációs módban, 100 és 700 m/z tartományban regisztráltam.

A 13. ábrán látható tömegspektrum elemzése alapján férfiként azonosítható a csontmaradvány. A tesztoszteronnak megfelelő 289 Da tömegű $[M]^+$ gyök ugyan nem látható, de ez azzal magyarázható, hogy a 17-es pozícióban található hidroxil csoport oxo csoporttá oxidálódott, és így a tesztoszteron 288 Da tömegű kvázimolekulaként detektálható.



13. ábra az A. eset (Dunából előkerült emberi torzó) MALDI TOF tömegspektruma

Az amelogenin vizsgálata megerősítette, hogy a maradvány férfitől származik.

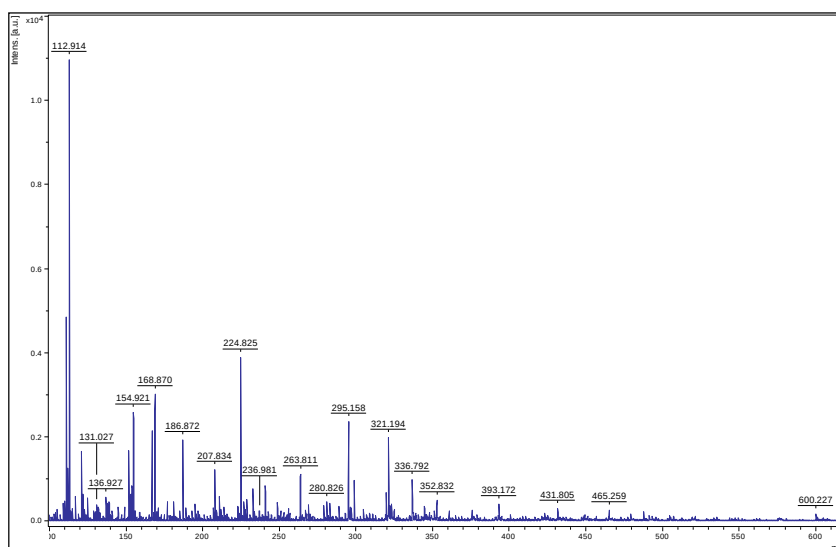
B eset:

2007. szeptemberében, a Duna árterében emberi felsőtest torzóját találták meg (7. kép). A rendőrség – nemmeghatározás céljából – rendelkezésünkre bocsátott egy 1,5x3 cm-es bordacsont-darabot. A rendőrség egy eltűnt fiatal fiú ügyében végzett adatgyűjtést. A vizsgálatot ez tette szükségessé. A DNS elemzés és a kémiai vizsgálat párhuzamosan folyt.



7. kép A Dunaparton – a rendőri helyszínelés során – készített fényképek

Az 1,5x3 cm-es csontmintát achát mozsárban, 0,2 mm szemcsenagyságúra őröltem. Az extrakciót és a mérést a már ismertetett módszerrel végeztem el. A vizsgálat során mátrixként C₇₀ fullerén telített toluolos oldatát alkalmaztam. A vizsgálatok során 1150 lövés tömegspektrumát elemeztem (14. ábra).



14. ábra B eset (a Duna árterében feltalált emberi maradvány) MALDI-TOF tömegspektruma

A tömegspektrumokat pozitív és negatív ionizációs módban, 100 és 700 m/z tartományban regisztráltam. 295 Da-nál az ösztadiol (272 Da) nátriummal képzett $[M+23]^+$ kvázimolekulaion tömegspektrumát látjuk. A 352 Da-nál jelentkező csúcs a progeszteron (314 Da) káliummal képzett $[M+39]^+$ kvázimolekulaion tömegspektruma. A tesztoszteronnak (288 Da) megfelelő ionizációs csúcs nem látható. 112-168 Da-os tartományban a különböző zsírsavak nátriummal és káliummal képzett kvázimolekulaionjának tömegspektrumát detektáltuk. A 600 Da-nál látható csúcs a mátrixként használt C_{70} fullerén tömegspektruma. A kémiai vizsgálatok alapján a csontmaradvány nőnemű elhunytól származik.

Az ártéri területek talaja magas huminsav tartalmú, amely agresszívan pusztítja a DNS-t. Ilyen körülmények között számolni kell azzal, hogy kevés izolálható DNS nyerhető ki, és hogy a vizsgálat esetleg sikertelen lesz.

A B esetben elvégzett DNS vizsgálat eredménye: Amelogenin XX.

C eset:

2008-ban – egy présház takarítása közben – a tulajdonos mumifikálódott emberi torzót talált. A torzó hossza (C7-L1) 33 cm, a bőrt dús, vöröses-barnás szőrzet borította.



8. kép C esetről készített bonctermi felvétel

Bal oldalon a második borda hiányzott; a gerinctől 2 cm-re a bal V. és VI. bordán csontos callussal gyógyult bordatörés. Jobb oldalon az V. bordán és a XIII. bordán – paravertebrálisan – callus. A gerincoszlopon scoliosis és gibbus.

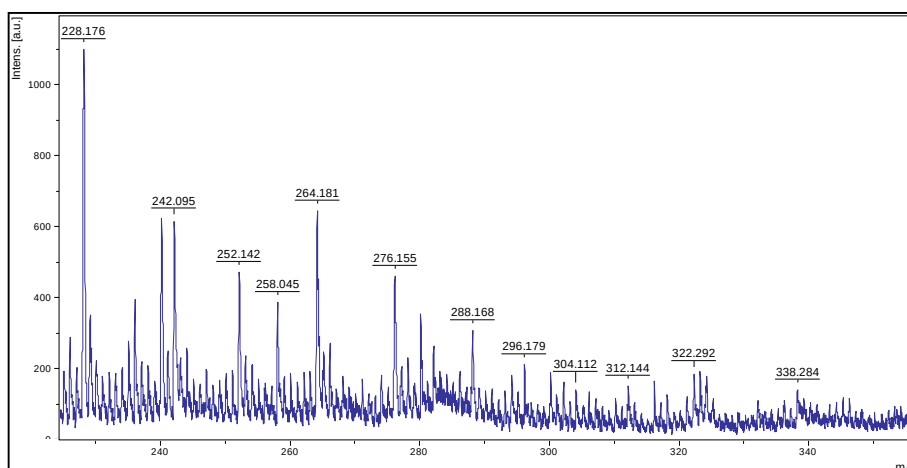
A humerus hossz alapján (34 cm) Martin szerint számított testmagasság: 165-169 cm. Az életkor – a felkarcsont felfűrészelésével, Harsányi-Földes módszerével – 70 év feletti.



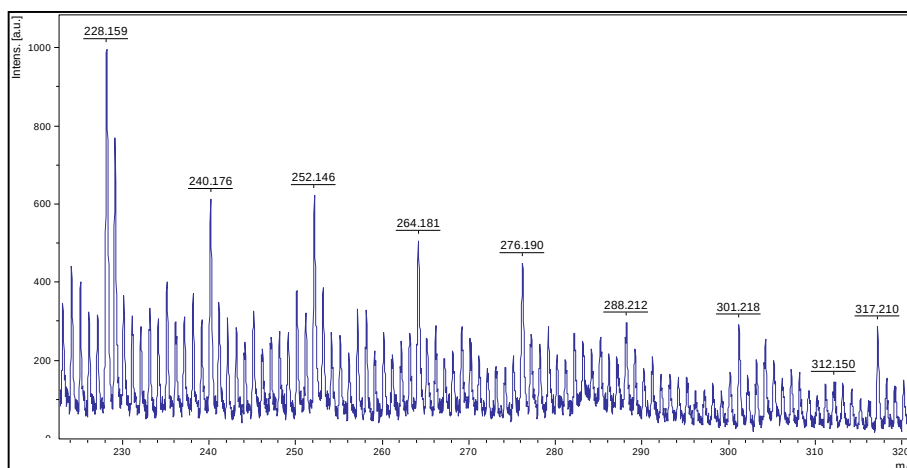
9. kép C eset, felfűrészelt felkarcsont, lágyrész maradványokkal

Az elhunyt nemét antropometriai módszerekkel nem tudtam megítélni, mivel elenyészően kevés mérőpont állt rendelkezésemre.

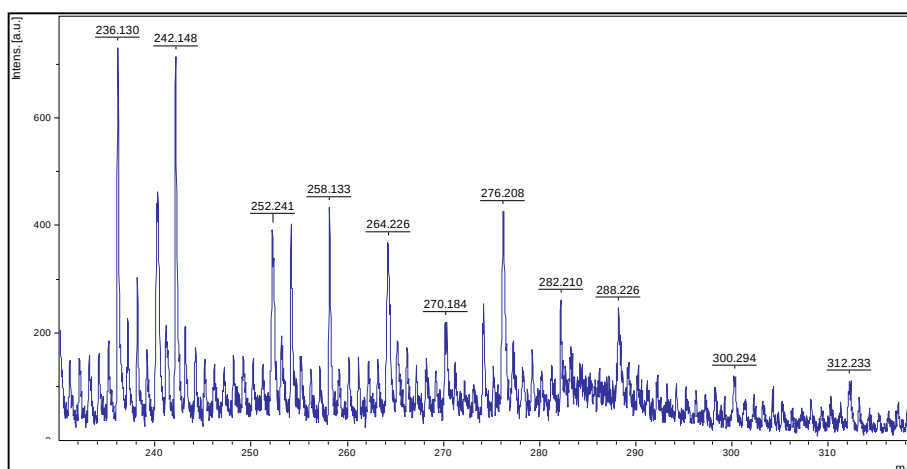
Mintát vettem a porcból, a csontból, az ízületi szalagból és a tüdőből. A fentebb említett feltételezésem alapján az őrlést elhagytam. Az extrakciót és a mérést a 6.1. és a 7.2.2. alfejezetekben ismertetett módszerrel végeztem. A vizsgálat során mátrixként C₇₀ fullerén telített toluolos oldatát alkalmaztam. Átlagosan 1100-1200 lövés tömegspektrumát összesítettem. A tömegspektrumokat pozitív és negatív ionizációs módban, 100 és 700 m/z tartományban regisztráltam.



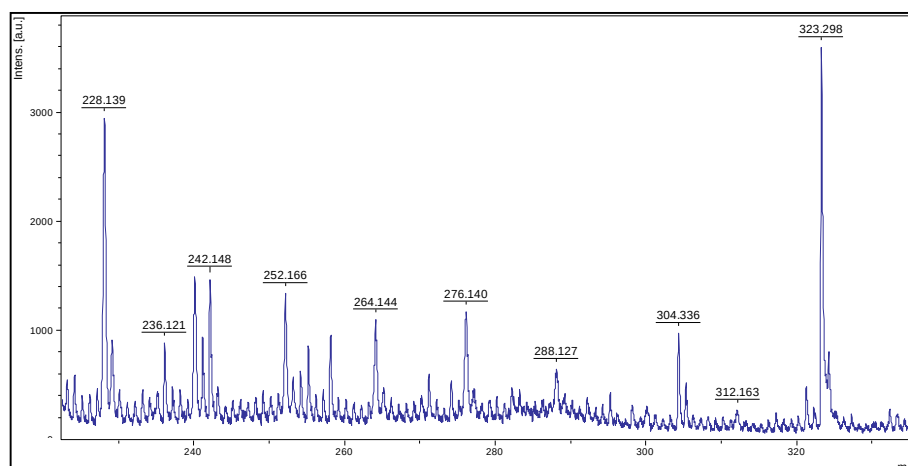
15. ábra Csigolya MALDI TOF tömegspektruma, pozitív detektálási módban



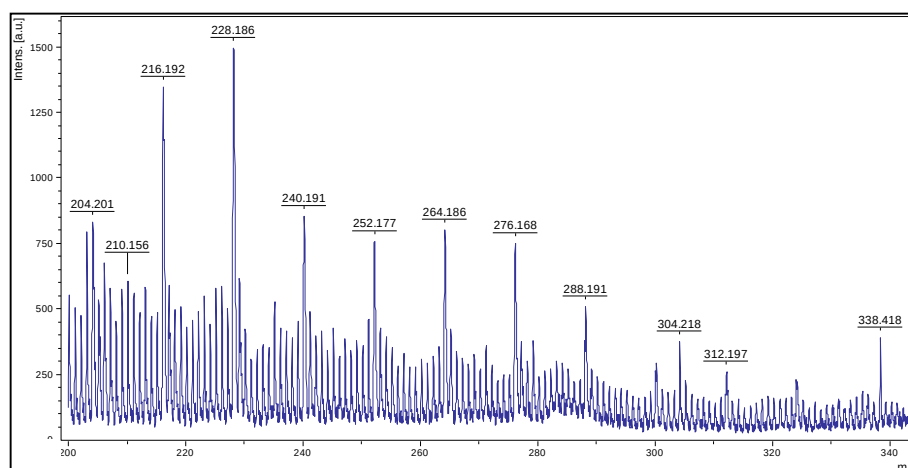
16. ábra Humerus fej MALDI TOF tömegspektruma, pozitív detektálási módban



17. ábra Pajzsporc MALDI TOF tömegspektruma, pozitív detektálási módban



18. ábra Légcsőporc MALDI TOF tömegspektruma, pozitív detektálási módban



19. ábra Tüdőszövet MALDI TOF tömegspektruma, pozitív detektálási módban

A minták közös származása miatt a különböző szövettípusok MALDI TOF tömegspektrumai közötti különbségek minimálisak. A környezet magas nátriumtartalma kedvez a szappanosodási folyamatoknak. Ilyen esetekben detektálható a 112-168 Da-os tartományban a különböző zsírsavak nátriummal és káliummal képzett kvázimolekulaionjának tömegspektruma.

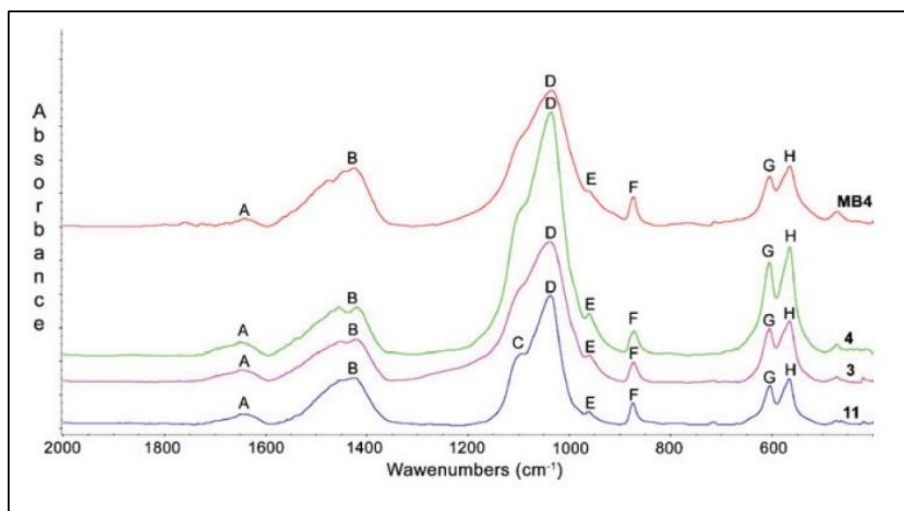
A női nemi hormonok közül az ösztadiol kálium adduktja 311 Da-nál látható, viszont relatív intenzitása elmarad a tesztoszteron nátriummal képzett kvázimolekulaion 312 Da tömegű spektrumához képest. Az ábrákon a tesztoszteron 289 Da tömegű $[M]^+$ gyök nem látható; ennek az lehet a magyarázata, hogy a 17-es pozícióban található hydroxi csoport

oxo csoporttá oxidálódott, és így a tesztoszteron 288 Da tömegű kvázimolekulaként detektálható. A 312 Da-nál a tesztoszteron (288 Da) nátriummal képzett $[M+23]^+$ kvázimolekulaion tömegspektrumát látjuk.

7.3. A fekvési idő meghatározása FT-IR spektrometriával

7.3.1. A csontminták vizsgálata FT-IR spektrometriával

A méréseket Impact 400 (Nicolet) FT-IR spektrométerrel analitikai tartományban ($400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$) végeztem. A 13 mm vastagságú KBr pasztillákat 7845 kPa nyomáson sajtoltam össze. A mérések előtt a készüléket kalibráltam és referenciaként KBr pasztilla spektrumát használtam. A mért értékeket az irodalmi adatokkal hasonlítottam össze.



20. ábra Egy régészeti és három recens csontminta FT-IR spektruma

A 20. ábrán látható abszorbania sávok: az amid I [A], a ν_3 karbonát [B], a ν_3 foszfát [C] [D], a ν_1 foszfát [E], a ν_2 karbonát [F], a ν_4 foszfát [G] [H]. A kristallizációs indexet Weiner és Bar-Yosef módszerével a 605 cm^{-1} és 565 cm^{-1} hullámszámokhoz tartozó abszorbania értékekből számoltam. A C/P arány pedig az 1428 cm^{-1} [B] és a 1042 cm^{-1} [D] hullámhosszhoz tartozó abszorbania értékekből származtatható. A recens mintákban a szerves anyagokra jellemző abszorbania értékek magasabbak, mint a régészeti mintákban. Az ásatag csontminták spektrumán a 1096 cm^{-1} hullámhossznál megjelenő abszorbania érték a karbonátban gazdag fluoroapatitra (francolite) jellemző. Ezt a recens mintáknál nem

találjuk. A 20. ábrán 1090 cm^{-1} körüli hullámhossztartományban látható „plató” változása mutatja a hidroxiapatit (dahllite) francolite átalakulást (Patonai *et al.* 2013)

FT-IR spektrometriával összesen 39 régészeti mintát vizsgáltam (*lsd. Melléklet 3. sz. táblázat*). A nem és életkor meghatározását a régészek és az antropológusok metrikus módszerekkel végezték.

A csontok felnőtt, idős és aggkorú elhunytaktól származtak. A maradványok nemek szerinti megoszlása: 20 férfi, 19 nő.

A radiokarbon kormeghatározás alapján a csontok fekvési ideje: i.e. 4900 – i.u. 1500. A *krisztallizációs index* átlaga: 3,25. A *karbonát-foszfát arány* átlaga: 0,24 (1. sz. táblázat).

	C.I.	C/P		C.I.	C/P
AB1	3,13	0,20	AB21	3,50	0,17
AB2	3,31	0,10	AB22	2,97	0,33
AB3	3,30	0,31	AB23	3,12	0,25
AB4	3,51	0,20	AB24	3,33	0,21
AB5	2,85	0,20	AB25	2,91	0,30
AB6	3,41	0,21	AB26	3,06	0,26
AB7	3,60	0,20	AB27	3,08	0,26
AB8	3,77	0,20	AB28	2,99	0,31
AB9	3,46	0,22	AB29	3,07	0,27
AB10	3,36	0,29	AB30	2,93	0,22
AB11	2,84	0,32	AB31	3,30	0,23
AB12	3,74	0,24	AB32	3,04	0,27
AB13	3,23	0,24	AB33	3,18	0,23
AB14	3,77	0,12	AB34	3,60	0,17
AB15	3,44	0,22	AB35	2,97	0,32
AB16	3,30	0,20	AB36	3,17	0,27
AB17	3,09	0,29	AB37	2,88	0,33
AB18	3,15	0,26	AB38	3,78	0,18
AB19	3,15	0,33	AB39	3,52	0,19
AB20	3,20	0,23	Átlag	3,25	0,24

1. sz táblázat Régészeti minták C.I. és C/P aránya

Összesen 36 recens csontot vizsgáltam. A minták nemek szerinti megoszlása: 22 férfi, 14 nő (ld. *Melléklet 4. sz. táblázat*). Ismert személyazonosság esetén a nemre és az életkorra vonatkozó nyomozati adatok birtokában antropológiai vizsgálatot nem végeztem. Ismeretlen személyazonosság esetén minden esetben történt részletes metrikus elemzés.

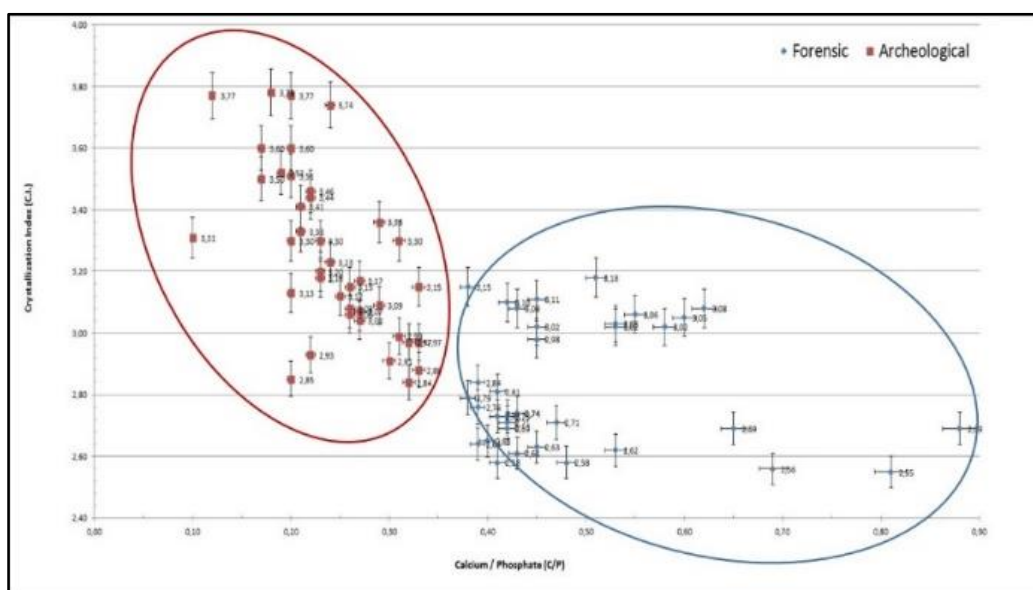
A vizsgált csontmaradványok életkora serdülő és aggkor közötti volt. A nyomozati adatok alapján a fekvési idő: 1-35 év közötti.

A krisztallizációs *inedex* átlaga: 2,82. A karbonát-foszfát arány átlaga: 0,48 (2.sz. táblázat).

	C.I	C/P		C.I	C/P
MB1	3,08	0,62	MB19	2,56	0,69
MB2	3,02	0,53	MB20	2,84	0,39
MB3	3,08	0,43	MB21	2,73	0,41
MB4	2,69	0,65	MB22	2,76	0,39
MB5	3,11	0,45	MB23	2,58	0,48
MB6	3,15	0,38	MB24	2,81	0,41
MB7	3,06	0,55	MB25	2,69	0,88
MB8	3,05	0,60	MB26	2,69	0,42
MB9	3,18	0,51	MB27	2,74	0,43
MB10	3,02	0,58	MB28	2,55	0,81
MB11	2,98	0,45	MB29	2,64	0,39
MB12	3,10	0,42	MB30	2,74	0,43
MB13	3,02	0,45	MB31	2,61	0,43
MB14	3,03	0,53	MB32	2,79	0,38
MB15	2,71	0,47	MB33	2,61	0,43
MB16	2,58	0,41	MB34	2,65	0,40
MB17	2,62	0,53	MB35	2,63	0,45
MB18	2,71	0,42	MB36	2,73	0,42
			Átlag	2,82	0,48

2. sz. táblázat Recens minták C.I. és C/P aránya

A 21. ábrán a régészeti és a recens csontok krisztallizációs indexét a karbonát-foszfát arány függvényében ábrázolva a történeti és igazságügyi minták különálló halmazt képeznek (Patonai *et al.* 2013).



21. ábra Régészeti és recens csontminták kristallizációs indexe a C/P arány függvényében

7.3.2. A fogak vizsgálata FT-IR spektrometriával

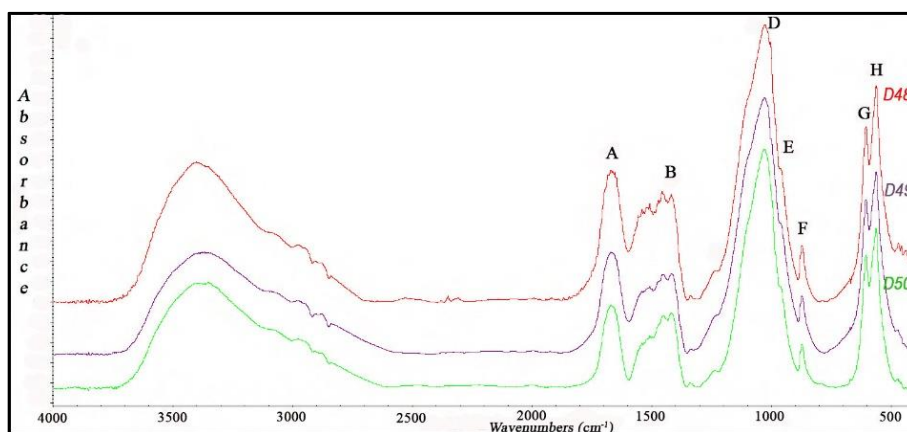
Összesen 52 foggyökeret (fogcsoportok: molaris 5, premolaris 5, metszőfog 5, bölcsességfog 36) dolgoztam fel; nemek szerint megosztásban 31 nő és 21 férfi beteg mintáját (lsd. Melléklet 5. sz. táblázat). A fogak eltávolítása és a vizsgálatok között eltelt rövid idő miatt a “fekvési idő” nem releváns.

Az infravörös spektrumok értékelésénél a C.I. és a C/P értéket vettem figyelembe, és az irodalmilag megadott sávok arányait vizsgáltam. A kristályosodási indexek közel egyenlőek, a legalacsonyabb 2,52 és a legmagasabb 2,99; a karbonát/foszfát arányok enyhe fluktuációt mutattak. A legalacsonyabb mért érték 0,26, a legmagassabb 0,48. (3.sz. táblázat).

	C.I	C/P		C.I	C/P
D1	2,90	0,32	D27	2,64	0,39
D2	2,62	0,37	D28	2,84	0,45
D3	2,73	0,41	D29	2,80	0,38
D4	2,68	0,34	D30	2,68	0,35
D5	2,87	0,34	D31	2,64	0,34
D6	2,66	0,27	D32	2,75	0,34
D7	2,77	0,26	D33	2,52	0,44
D8	2,65	0,40	D34	2,95	0,45
D9	2,61	0,41	D35	2,84	0,48
D10	2,61	0,32	D36	2,82	0,41
D11	2,62	0,28	D37	2,78	0,37
D12	2,64	0,42	D38	2,92	0,35
D13	2,76	0,32	D39	2,96	0,36
D14	2,61	0,41	D40	2,80	0,37
D15	2,72	0,35	D41	2,65	0,33
D16	2,68	0,32	D42	2,86	0,41
D17	2,75	0,34	D43	2,74	0,42
D18	2,78	0,36	D44	2,83	0,42
D19	2,76	0,40	D45	2,71	0,44
D20	2,72	0,35	D46	2,78	0,35
D21	2,92	0,31	D47	2,81	0,37
D22	2,84	0,36	D48	2,87	0,39
D23	2,67	0,37	D49	2,73	0,31
D24	2,99	0,40	D50	2,89	0,31
D25	2,76	0,31	D51	2,79	0,44
D26	2,77	0,35	D52	2,89	0,34
			Átlag	2,79	0,38

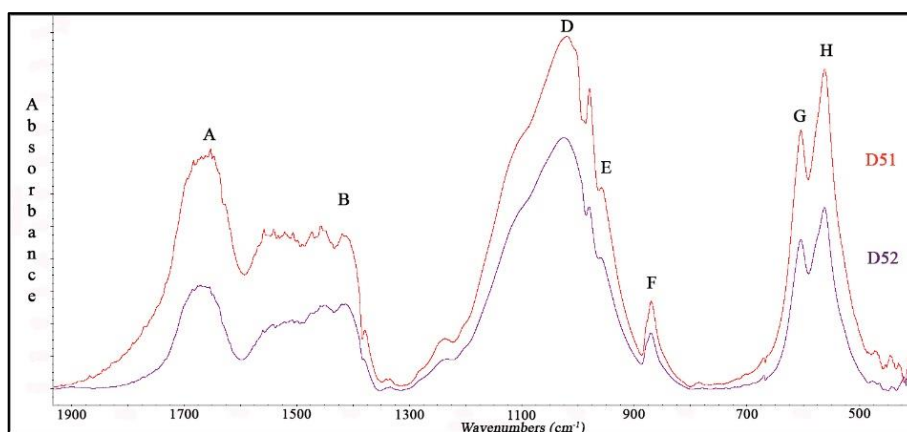
3.sz. táblázat A fogak C.I. és C/P aránya

A 22. és 23. ábrán látható abszorbanancia sávok: az amid I [A], a ν_3 karbonát [B], a ν_3 foszfát [C] [D], a ν_1 foszfát [E], a ν_2 karbonát [F], a ν_4 foszfát [G] [H]. A krisztallizációs indexet és a C/P arányt a korábban ismertetett módon számoltam. Egy beteg különböző fogmintáinak (pl.: D31-D32, D34-D35) FT-IR spektrumai meglehetősen hasonlóak. A D48, D49, D50 minták spektrumain a ν_3 PO_4^{3-} sávok és a ν_4 PO_4^{3-} sávok intenzitásaránya eltérő. A D49 és D50 mintáknál a ν_3 PO_4^{3-} sávok a ν_4 PO_4^{3-} sávoknál intenzívebbek, míg a D48 minta esetében a ν_3 PO_4^{3-}/ν_4 PO_4^{3-} sávok intenzitásaránya közel egy (22. ábra).



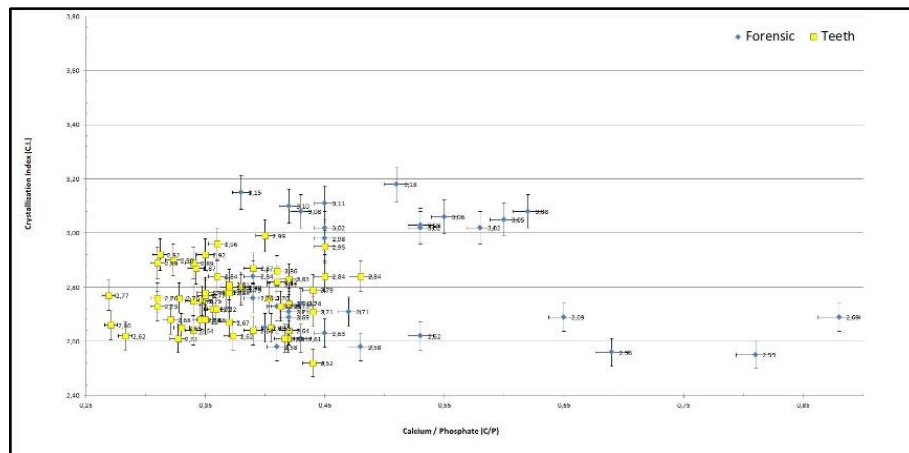
22. ábra Egy beteg különböző fogtípusainak FT-IR spektrumai

A D51 és D52 számú, férfi beteg fogmintáinak FT-IR spektrumain az amid I sávok intenzitása különbözik (23. ábra).



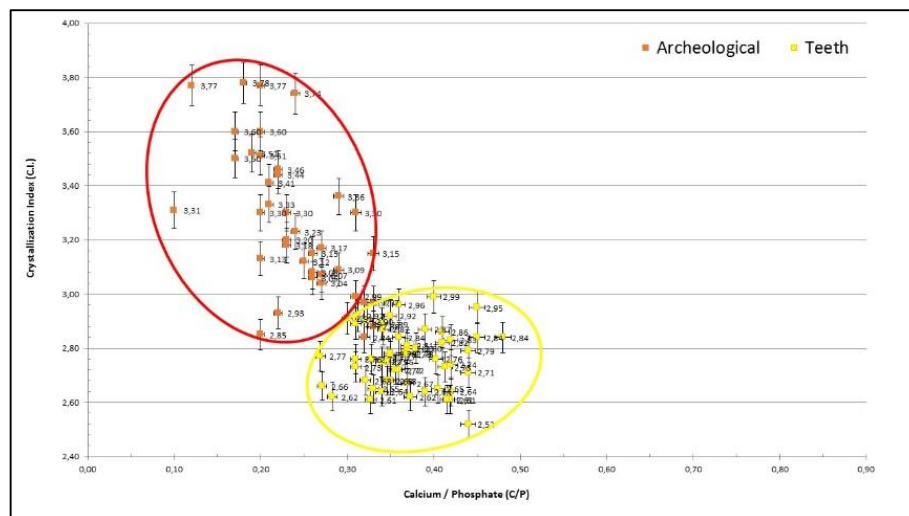
23. ábra Egy beteg két különböző fogtípusának FT-IR spektrumai

A francolit 1096 cm^{-1} hulláhosznál megjelenő abszorbanca értéke, hasonlóan az igazságügyi minták spektrumaihoz, intenzíven a fogaknál sem jelenik meg. A fogak és a recens csontok mérési eredményeit összehasonlítva a C.I. értékek között szignifikáns különbségek nincsenek. A csontok karbonát tartalma viszont magasabb, ezért a C/P arány is nagyobb.



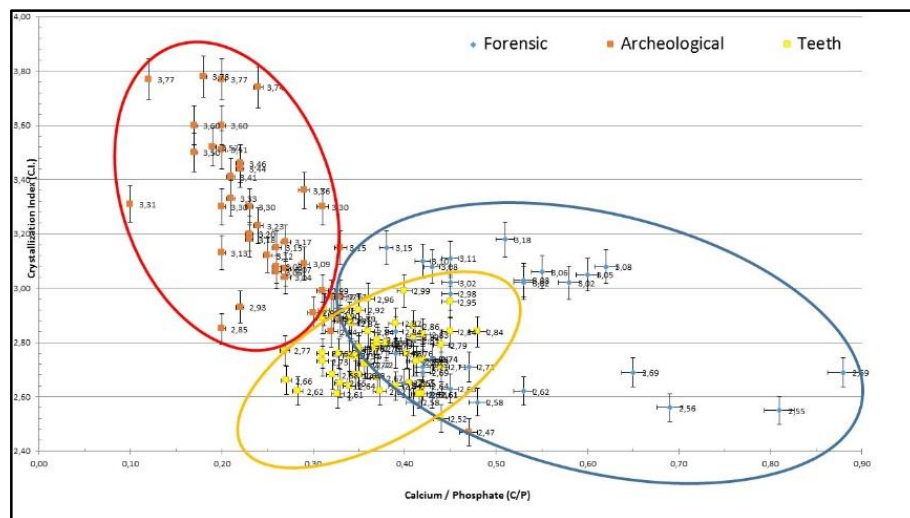
23. ábra A fogak és a recens minták krisztallizációs indexe a C/P arány függvényében

A fogak krisztallizációs indexének átlaga 2,79; a karbonát-foszfát aránya pedig 0,38. A fogminák és a recens csontok C.I. értékét ábrázolva a C/P arány függvényében a két mintatípus érdemben nem különül el (23. ábra).



24. ábra A régészeti minák és a fogak C.I. és C/P aránya

A régészeti minák és a fogak C.I. és C/P értékeit ábrázolva a két csoport jól elkülönül (24. ábra).



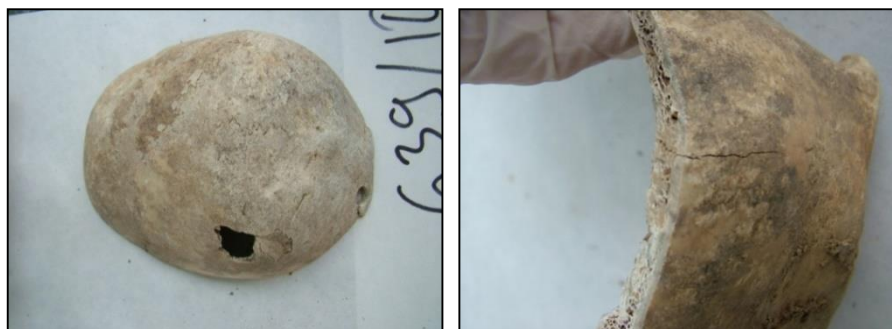
25. ábra A fogak, a régészeti és recens minták C.I. és C/P aránya

Ha a foggyökerek, a recens és régészeti csontminták C.I. és C/P értékeit egy diagrammon ábrázoljuk, akkor a fogak és a recens minták a régészeti mintáktól külön halmazt képeznek (25. ábra).

A fogak mérési eredményei között nem találtam életkor-, nem- és fogtípusfüggő különbséget.

7.3.3 Esetismertetés

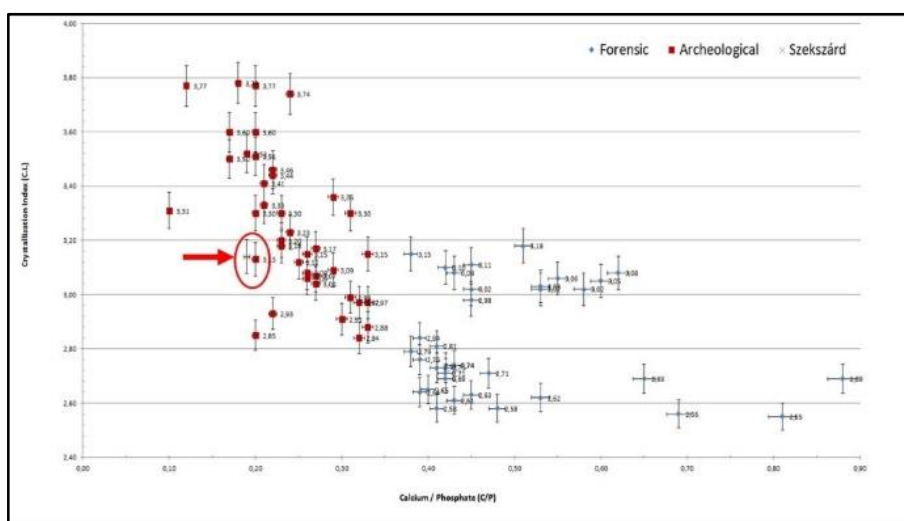
Szekszárd közelében a Baranyavölgyben fakitermelésen egy koponyát találtak. A helyszínelésen jelenlévő orvosszakértő véleménye alapján a fekvési idő kb. 5-30 év lehet. A helyszínen nem sikerült megállapítani a koponyán látható sérülés keletkezésének idejét (10. kép).



10. kép: A koponyán található sérülésekről készített fényképfelvétel

A Szekszárdi Rendőrkapitányság Bűnügyi Osztálya elrendelte antropológiai és DNS vizsgálat elvégzését, valamint igazságügyi orvosszakértői vélemény előterjesztését. A koponya földdel szennyezett rossz állapotú. Az antropológiai vizsgálathoz a boncoláskor szokásos módon a koponyát felfűrészeltem és a koponyatetőt eltávolítottam. A fűrészeléskor a halántékcsont eltört. A koponyaúrben agyagos, száraz földet találtam. Az arckoponya csontjai, a fogak, az alsó és felső állcsont hiányoztak. A koponyavarratok elcsontosodtak. A bal falcsonton látható 2,5x2,5 cm-es négyszög alakú anyagihiány benyomatos törés, amely feltehetően két különböző erőbehatás eredménye. A csontlemezekeken látható „behorpadást” közepesnél nagyobb erőbehatás okozhatta. A sérülések környezetében azonban nem láttam olyan elváltozást, amely valószínűsítene az élőben keletkezést. A töredékes koponya vizsgálata alapján a becsült fekvési idő 15-40 év közötti, valószínűbben meghaladja a 20 évet. A koponyavarratok alapján az elhunyt életkora 40-60 év közötti. A vizsgálható morfológiai jegyek (külső tarkócsonti gumó, csecsnyúlvány) alapján a koponya férfitől származhat.

Kutatási céllal a koponyából mintát vettem, és elvégeztem a kémiai vizsgálatot. A FT-IR spektroszkópiával mért értékeket (C.I.: 3,14 és C/P: 0,19) a kutatásom során mért régészeti és recens csontminták eredményeivel együtt ábrázoltam. Az 26. ábrán látható, hogy a vizsgált minta a történeti minták között helyezkedik el. Az eredmény megerősíti a morfológiai vizsgálatunk eredményeit.



26. ábra: A történeti, a recens minták és a „szekszárdi koponya” C.I. és C/P aránya

Az antropológiai vizsgálat eredményeit a DNS vizsgálat eredményei megerősítették.

8. Összefoglalás

A klasszikus antropológia szakirodalma napjainkban is új metrikus módszerekkel, és számos korábbi eljárásokat újraértékelő összefoglaló írással bővül. A morfológiai elemzések alapja a megfelelő mennyiségű és minőségű csont. A csontmaradványok komplex szemléletű elemzése feltétele a sikeres személyazonosításnak.

A részletes fogászati státuszt a szakirodalmban közölt módon, jegyzőkönyvben rögzítettem (Chomdej *et al.* 2006). A csontok elemzésekor meghatároztam a mintavételi helyzeteket, és mintát biztosítottam a későbbi vizsgálataimhoz (DNS vizsgálat, kémiai vizsgálatok). A csontmintákat a feldolgozásig hűtve tároltam. A vizsgálatok után a minták maradékát lefagyasztottam. Az emberi maradványok genetikai nemére, testmagasságára és életkorára vonatkozó eredményeimet antropológiai véleményben terjesztettem elő.

Eredménytelen esetben az egységes dokumentáció a későbbiekben – új nyomozati adatok birtokában – sikeres személyazonosításhoz vezethet. Az antropológiai jegyzőkönyv tervezésekor az Interpol DVI (Disaster Victim Identification) és az American Board of Forensic Odontology (ABFO) irányelveit vettem figyelembe⁷. Munkám során 12 csontmaradvány és 10 ismeretlen holttest azonosítását végeztem. Az alacsony esetszám miatt kívánatos lenne a csontmaradványok vizsgálatát kémiai és DNS vizsgálatok elvégzésére is alkalmas intézmény(ek)ben végezni.

Az igazságügyi orvostan gyakorlatában az elkövetők igyekeznek a holttestek darabolásával és/vagy égetésével a bizonyítékot eltüntetni. A temetetlen holttesten a mostoha környezeti tényezők és a vadállatok okoznak postmortális sérüléseket. E folyamatok eredményeként a csontok is károsodhatnak, megsemmisülhetnek. A vizsgálataim során többnyire nem állt rendelkezésemre megfelelő mennyiségű és minőségű csont, ezért az antropológiai vizsgálataim is korlátozott értékűek voltak.

⁷ ABFO Standards and Guidelines for Dental Age Assessment: <http://abfo.org/wp-content/uploads/2017/08/DAA-for-Web-9-27-18.pdf>; Disaster Victim Identification Guide: <https://www.cmu.edu/chrs/conferences/eppi/docs/Interpol%20DVI%20Guide.pdf>

A *MALDI TOF tömegspektrometriás* elemzések úgynevezett „ujjlenyomat technikával” készülnek, tehát a standardok tömegspektrumát hasonlítjuk össze különféle csontleletekből készült tömegspektrumokkal. A tömegspektrometria érzékenyebb, mint a folyadék kromatográfia (HPLC). Hátránya, hogy mennyiségi meghatározásra nem alkalmas. Előnye, hogy segítségével rövid idő alatt megbízható eredményhez juthatunk.

A tömegspektroszkópiára kifejlesztett nemmeghatározási módszer gyakorlati alkalmazhatóságát vizsgáltam. A méréseket négy bonctermi mintával kezdtem. A bonctermi minták esetében amelogenin meghatározást nem végeztem, mert a holttest vizsgálatával az elhunyt neme bizonyossággal meghatározható volt. A kémiai vizsgálat eredménye mind a négy esetben megegyezett a morfológiai vizsgálat eredményével.

A nemi hormonok meghatározása összesen 6 személyazonosítási ügyben 12 szövetmintából történt. Az analitikai kémiai vizsgálat és a DNS meghatározás párhuzamosan zajlott.

A recens csontminták őrlésénél a magas szervesanyag-tartalom miatt megengedhető a nagyobb szemcseméret. E különbség ellenére az előkészítés és a kivonás (extrakció) a régészeti mintákon alkalmazott módon történt, azaz a kifejlesztett módszer változtatást nem igényelt.

Az amelogenin meghatározás egy esetben sikertelen volt. A genetikai nemek a mérőpontok hiányában metrikusan 3 esetben nem voltak meghatározhatók (*lsd. Melléklet 6.sz. táblázat*).

A kémiai módszerrel meghatározott nemek az antropológiai és/vagy genetikai vizsgálatok eredményével megegyeztek. A szteránvázis vegyületek a környezeti hatásoknak az örökítőanyagoknál és fehérjéknél sokkal jobban ellenállnak, ezért a nemi hormonok meghatározása eredménytelen DNS izolálás esetén is elvégezhető.

A kontrollvizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy az analitikai kémiai vizsgálati módszer kiválóan alkalmas igazságügyi csontmaradványok nemének elkülönítésére. A kémiai vizsgálattal a csontméréstani módszerből adódó pontatlanság kiküszöbölhető. A genetikai vizsgálatokat a módszer nem helyettesíti, hiszen rokoni kapcsolat vizsgálatára nem alkalmas. A módszer azonban kiegészítheti, segítheti a genetikai elemzéseket, olyan esetekben, amikor

megfelelő mennyiségű örökítőanyag nem izolálható. Eredményeim korrelálnak a genetikai vizsgálatok eredményeivel.

A kémiai nemmeghatározás hátránya, hogy magas szintű technikai háttérrel igényel. A műszerek beszerzése és fenntartása nagy anyagi áldozatokkal jár.

Technikai nehézségként értékelendő, hogy nem megfelelően megválasztott mátrix megnehezítheti a tömegspektrum kiértékelését, ha a vizsgálandó molekulával azonos mérettartományban detektálható. A nagyszámú addukt képződése megnehezíti a spektrum helyes értelmezését. A mátrix megválasztásával, az extraktum szűrésével és centrifugálásával kiküszöbölhetjük a technikai nehézségeinket.

A módszer korlátainak és további lehetőségeinek megismeréséhez az esetszám növelését tervezem. Továbbá vizsgálataimat szeretném kiterjeszteni különféle megváltozott hormonális státusszal járó betegségben (pl.: hormonképző daganatok) szenvedő személyekből származó csontbiopsziás anyagok elemzésével.

Az *FT-IR spektroszkópia* alacsony mintaigényű, gyorsan elvégezhető vizsgálat. A minta előkészítése hosszabb időt igényel. A recens csontok a szerves anyagok mellett magas koncentrációban tartalmaznak vizet, amelyet az előkészítés során el kell távolítani. A magas víztartalom a mérési eredményt befolyásolja, emiatt a négy hétig tartó szárítási eljárást rövidíteni nem lehet.

A kristályszerkezete miatt érdekesnek ígérkező fogzománcot nem tudtam vizsgálni, mert az általam alkalmazott módon a zománc őrlésekor keletkezett hő a mintát károsította. Ugyanis a csontfelszín melegedése és égése befolyásolja a mérési eredményt (Mihályi *et al.* 2006, Schiegl *et al.* 2003, Stiner *et al.* 1995, Thompson *et al.* 2009). A magas hő okozta károsodások elkerülésére a legideálisabb a csöves csontok és a fogak -196 °C fokos folyószilikonban (cryomill) őrlése. Sajnos ilyen készülék használatára nem volt lehetőségem, ezért a csontok mellett a fogak gyökerét borító cementréteget vizsgáltam. Minden mintavételnél vízhűtést alkalmaztam.

A vizsgált történeti minták C.I. és C/P aránya nem mutatott életkorfüggő, vagy genetikai nemek közötti szignifikáns különbséget. Hasonlót tapasztaltam a recens mintáknál is.

Az adott mintaszám mellett nem találtam szignifikáns különbséget a két mért érték és a radiokarbon kormeghatározással meghatározott vagy a nyomozati adatokból ismeretes fekvési idők között. Az IR spektroszkópia pontos fekvési idő meghatározásra jelenleg nem alkalmas.

A régészeti minták FT-IR spektrumain a 1090 cm^{-1} hullámhosszhoz tartozó abszorbanancia érték (francolite) külön csúcsként jelenik meg. A recens csontminták és a fogminták spektrumain az F-apatitre jellemző abszorbanancia intenzitása alacsony, külön csúcs nem azonosítható. Ez a különbség is segítheti a régészeti és igazságügyi minták elkülönítését. A kristallizációs indexet a C/P arány függvényében ábrázolva a recens és a régészeti minták elkülönülnek (Patonai *et al.* 2013). Az FT-IR spektroszkópiával végzett vizsgálat alapján csupán valószínűségi véleményt adhatunk: azaz a vizsgált minta valószínűbben a recens vagy a történeti mintákhoz tartozik.

A fogak vizsgálatokor az irodalmi adatoknak megfelelő értékeket kaptam. A fogcement és a csontok C.I. és C/P aránya között szignifikáns különbséget nem találtam. A fogak mért értékei, hasonlóan a csontokhoz, elkülönülnek a régészeti mintáktól. Összegezve a fogak mérése a csöves csontokhoz hasonlóan alkalmazható.

Az FT-IR spektroszkópiával végzett C.I. és C/P megfelel a modern analitikai kémiai módszerek elvárásainak, azaz rutinszerűen alkalmazható, reprodukálható, és használható nagyszámú minta feldolgozására.

D-vitamin hiány esetén a csontok kalciumtartalma csökken, emiatt az egészséges csontokénál kisebb kristály képződik. A Paget-kórban kisebb és eltérő szerkezetű apatit-kristályokat találunk (Betts *et al.* 1980). Szifilisz és tuberkulózis fertőzés is hatással van a csontok kristályszerkezetére és szervesanyag-tartalmára (Nagy *et al.* 2008). Az eredmények értékelésénél a kórfolyamatok eredmény-módosító hatását is figyelembe kell vennünk.

A recens és régészeti minták számát növelve célom egy adatbázis létrehozása, amely segítségével meghatározható, hogy a vizsgált anyag régészeti vagy recens csontminta-e. Egy számítógépes program segítségével pedig számszerűsíteni lehetne az adott csoporthoz tartozás valószínűségét. A mintaszám növelésével további összefüggések (pl. pontos fekvési időmeghatározás) felderítése is lehetővé válna.

9. Új megállapítások tételes felsorolása

Egységes dokumentációt (antropológiai jegyzőkönyv) és mintavételi eljárást dolgoztam ki.

A csontmaradványok elemzését komplex módon (antropometria, analitikai kémia, genetika) végeztem.

A régészeti minták előkészítését módosítottam, és alkalmaztam a recens csontok vizsgálatánál.

Különböző analitikai kémiai módszereket (HPLC, MALDI-TOF, FT-IR) próbáltam ki, és elvégeztem a gyakorlati alkalmazásukhoz szükséges módosításokat.

Vizsgáltam, hogy felhasználhatók-e az egyes kémiai módszerek a személyazonosság megállapításánál.

Elsőként alkalmaztam MALDI-TOF tömegspektrometriát személyazonosítási ügyekben.

Az FT-IR spektrometriával végzett csontszerkezeti méréseket adaptáltam a recens minták vizsgálatához.

Kidolgoztam a fogászati és a recens csontminták előkészítését.

Elsőként alkalmaztam FT-IR spektrometriát igazságügyi személyazonosításnál.

Az általam alkalmazott kémiai módszerek segíthetik az igazságügyi orvosszakértő munkáját ismeretlen személyazonosságú csontmaradvány azonosításában.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Acsádi G., Nemeskéri J. (1970) History of human life span and mortality, Akadémiai kiadó, Budapest
2. Ambrose S. H., Krigbaum J. (2003): Bone chemistry and bioarcheology, *Journal of Anthropological Archeology*, 22 pp. 193-199
3. Bajnóczky I. (1994) A video-szuperprojekciós eljárás bizonyító értéke az egyedi személyazonosításban, Pécs, Kandidátusi értekezés
4. Betts F., Blumenthal N.C., Posner A.S. (1980): Bone mineralization, *Journal of Crystal Growth*, 53 pp. 63-73.
5. Berg S., Rolle R., Seemann H. (1981) Der Archäologe und der Tod, *Archäologie und Gerichtsmedizin*, Bucher Report, C.J. Bucher GmbH, pp. 145-153.
6. Bóna Á, Pápai Z, Maász G, Tóth G, Jámor É, Schmidt J, Tóth Cs, Farkas Cs, Márk L (2014) Mass spectrometric identification of ancient protein as potential molecular biomarkers for 2000-year-old osteogenic sarcoma, *PLoS One* 9:87215
7. Brätter P., Gawlik D., Rösick U. (1988) A wiew into the past: Trace element analysis of human bone former times, *HOMO*, 39 pp. 99-113.
8. Broca (1881) La torsion de l humerus et le tropometre, instrument destine a mesurer la torsion des os, Tanulmány (in Tessák)
9. Burger J., Hummel S., Hermann B. (2000) Paleogenetics and cultural heritage. Species determination and STR-genotyping from ancient DNA in art and artefacts, *Thermochimica Acta*, 365 pp. 141-146.
10. Burr B. D, Miller L., Grynblas M., Li J., Boyde A., Mashiba T., Hirano T., Johnston C.C. (2003) Tissue mineralization is increased following 1-year treatment with high doses of bisphosphonates in dogs, *Journal Bone*, 33 pp. 960-969.
11. Cattaneo C. (2006) Forensic antropology: developments of a classical discipline in the new millenium, *Forensic Science International*, 165 (2-3) pp. 185-193.
12. Chomdej T., Pankaow W., Choychumroon S. (2006) Intelligent dental identification system (IDIS) in forensic medicine, *Forensic Science International*, 158 pp. 27–38.

13. Clark M. A., Worell M. B., Pless J. E. (1997) Postmortem changes in soft tissues. In: Haglund W. D., Sorg M. H. (Eds.), *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*. Cleveland, Ohio CRC Press, pp. 151-164.
14. Cook G.T., MacKenzie A.B. (2014) Radioactive isotope analyses of skeletal materials in forensic science: a review of uses and potential uses, *International Journal of Legal Medicine*, 128(4) pp. 685-698.
15. Denys C. (2002) Taphonomy and experimentation, *Archaeometry* 44 (3) pp. 469-484.
16. Dobberstein R.C., Huppertz J., von Wurmb-Schwark N., Ritz-Timme S. (2008) Degradation of biomolecules in artificially and naturally aged teeth: implications for age estimation based on aspartic acid racemization and DNA analysis, *Forensic Science International*, 179 pp. 181-191.
17. Elődi P. (1981) *Biokémia*, Budapest, Akadémiai Kiadó
18. Evans W.E.D. (1963) *The chemistry of death. American in living chemistry*, Charles C. Thomas Publisher, Springfield, Illinois
19. Fazekas I.G., Kósa F. (1978) *Forensic fetal osteology*, Akadémiai kiadó, Budapest, pp. 232-277.
20. Forbes S. L., Stuart B. H., Dadour I. R., Dent B. B. (2004) A preliminary investigation of the stages of adipocere formation, *Journal of Forensic Sciences*, 49 pp. 566-574.
21. Foti B., Adalian P., Signoli M., Ardagna Y., Dutour O., Leonetti G. (2001) Limits of the Lamendin method in age determination, *Forensic Science International*, 122 pp. 101-106.
22. Foti B., Layls L., Adalian P., Guistiniani J., Maczel M. (2003) New forensic approach to age determination in children based on tooth eruption, *Forensic Science International*, 132 pp. 49-56.
23. Gegenbaur (1868) *Ueber die Drehung des Humerus*, Tanulmány (in Tessák)
24. Geraszimov M.M. (1971) *The face finder*, J. B. Lippincott, New York
25. Goreczky L. és Sós J. (1983) *Klinikai kémiai laboratóriumi zsebkönyv*, Medicina, Budapest
26. Gross J.H. (2004) *Mass spectrometry*, Springer-Verlag, Berlin
27. Guba F. (1988) *Orvosi biokémia*, Medicina, Budapest
28. Harsányi L. Földes V. (1968) *Orvosszakértői személyazonosítás, BM tanulmányi és kiképzési csoportfőnökség*, Budapest

29. Hermann B., Hummel S. (1994) *Ancient DNA*, Springer-Verlag, New York
30. Introna F., Di Vella G., Campobasso C. P. (1999) Determination of postmortem interval from old skeletal remains by image analysis of luminol test results, *Journal of Forensic Sciences*, 44 pp. 535-538.
31. Iscan M.Y. (1989) Age markers in the human skeleton, pp. 21-54.
32. Iscan M.Y., Steyn M. (2013) *The human skeleton in forensic medicine*, Springfield, Illinois
33. Jayaprakasha G.K., Sakariah K.K. (2002) Determination of organic acids in leaves and seeds of *Garcinia indica* (Desr.) by LC. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 28 pp. 379-384.
34. Kalfas H.I. (2001) Principles of bone healing, *Neurosurgical Focus*, 10(4) pp. 1-4.
35. Klepinger L.L. (2006) *Fundamentals of forensic anthropology*, Wiley-Liss, New Jersey
36. Knight B., Lauder I. (1969) Methods of dating skeletal remains, 41(3) pp. 322-341.
37. Kramer B., Shear J. (1928) Composition of Bone. II. Pathological Calcification. *The Journal of Biological Chemistry*, 79 pp. 121-123
38. Krompecher T., Brandt-Casadevall C., Horisberger B., Perrier M., Zollinger U. (2000) The challenge of identification following the tragedy of the Solar Temple (Cheiry/Salvan, Switzerland), *Forensic Science International*, 110 pp. 215-226.
39. Kolude B., Adeyemi B.F., Taiwo J.O., Sigbeku O.F., Eze U.O. (2010) The Role of Forensic Dentist Following Mass Disaster, *Annals of Ibadan Postgraduate Medicine*, 8 (2) pp. 111-117.
40. Kumar V, Cotran S.R., Robbins L.S. (1997) *A pathologia alapjai. Medicina*, Budapest
41. Kuzma M., Lóránd T., Rozmer Zs., Perjesi P. (2014) *Gyógyszerészi Kémia II. Gyakorlati praktikum*, Pécsi Tudományegyetem, Pécs, pp. 85-107.
42. Laval F., Lanéelle M.A., Déon C., Monsarrat B., Daffé M. (2001) Accurate molecular mass determination of mycolic acids by MALDI-TOF mass spectrometry, *Analytical Chemistry*, 73 pp. 4537-4544.
43. Lengyel I., Nemeskéri J. (1963) Application of Biomechanical Methods to Biological Reconstruction, *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie*, 54 pp. 1-56.
44. Lengyel I., Nemeskéri J. (1964) A csontvázletek dekompozíciójáról, *Anthropológiai Közlemények*, 8 (3-4) pp. 69-82.

45. Lengyel Imre (1972) A csontok kémiai elemzése. Antropológiai praktikum I. Szeged, pp. 140-198.
46. Lucae H. (1866) Die Stellung des Humeruskopfes zum Ellenbogengelenk beim Europäer und Neger, Archiv für Anthropologie
47. Maász G., Márk L. (2010) Mycobacteriális fertőzésekre jellemző biomarkerek tömegspektrometriai vizsgálata, MKE Analitikai napok, Budapest, 2010.01.28-29.
48. Machovich R. (2002) A kötőszövet és a hám struktúrfehérjei, Orvosi Biokémia. Medicina, pp. 566-573.
49. Maclaughlin-Black S. M., Herd R. J., Willson K., Myers M., West I. E. (1992) Strontium-90 as an indicator of time since death: a pilot investigation, Forensic Science International, 57(1) pp. 51-56.
50. Manjunath B. C., Chandrashekar B. R., Mahesh M., Vatchala Rani R. M. (2011) DNA profiling and forensic dentistry – a review of the recent concepts and trends, Journal of Forensic and Legal Medicine 18(5) pp. 191-197.
51. Martin R. (1893) Zur physischen Anthropologie der Feuerländer, Monographia (in Tessák)
52. Martin R., Saller K. (1959) Lehrbuch der Anthropologie I-III, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
53. Márk, L. (2000). 'The Chemical Analysis of Some Sarmatian Anthropological Finds from Cemetery at Madaras-Halmok (Hungary), British Association of Biological Anthropology and Funerary Archaeology. Schedule and abstracts. Bradford, pp. 21.
54. Márk L. (2002a) Chemical analyses of osteological remains from a Sarmatian period cemetery at Madaras-Halmok, Hungary Research Papers in Anthropology and Linguistics, 5 pp. 213–229.
55. Márk L., Muka A. (2002b) Talajtani elemzés a csengelei 57-es sírból. In: Horváth F.: A csengelei kunok ura és népe, pp. 350–352.
56. Márk L. (2002c) The chemical and bloodgroup analyses of paleoanthropological remains. Collegium Anthropologicum, 26 pp. 129.
57. Márk L. (2003) A Szarmata népesség temetkezési szokásáról, vegyészszemmel. A burial rite of Sarmatian population, in mirror of the chemist. Studia Archaeologica, 9 pp. 151–163.

58. Márk L. (2005) Osteochemical analyses of sarmatian skeletal remains from Hungary. *Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies*, 3 pp. 489–491.
59. Márk L. (2006) A csontkémiai vizsgálatok jelentősége és alkalmazása a történeti és igazságügyi antropológiában, doktori értekezés, Pécs
60. Márk L.; Patonai Z.; Váczy A.; Kajsza N.; Marcsik A. (2010a) Hormone Mass Fingerprinting: novel molecular sex determination of ancient human skeletal remains, Turbanti-Memmi I. (ed.) *Advances in Archaeometry*, Springer
61. Márk L.; Patonai Z.; Váczy A.; Lóránd T.; Marcsik A. (2010b) High-throughput mass spectrometric analysis of 1400-year-old mycolic acids as biomarkers for ancient tuberculosis infection, *Journal of Archaeological Science*, 37 pp. 302-305.
62. Megyesi M. S., Nawrocki S. P., Haskell N. H. (2005): Using accumulated degree-days to estimate the postmortem interval from decomposed human remains, *Journal of Forensic Sciences*, 50(3) pp. 618-626.
63. Megyesi M.S., Ubelaker D.H., Sauer N.J. (2006) Test of Lamendin aging method on two historic skeletal samples, *American Journal of Physical Anthropology*, 131(3) pp. 363-367.
64. Mihályi J., Mink J., Hajba L. (2006) Vértesszőlősi, alsó paleolit korból származó állatsontok vizsgálata FTIR és FT-Raman spektroszkópia módszerekkel, *Archeometriai Műhely*, 3 pp. 15-18.
65. Mikulicz (1878) Ueber individuelle Formdifferenzen am Femur und an der Tibia des Menschen, *Tanulmány (in Tessák)*
66. Miller M.L., Vairavamurthy V., Chance M.R., Mendelsohn R., Paschalis P.E., Betts F., Boskey L.A. (2001) In situ analysis of mineral content and crystallinity in bone using infrared micro-spectroscopy of the $\nu_4 \text{PO}_4^{3-}$ vibration, *Biochimica et Biophysica Acta*, 1527 pp. 11-19.
67. Mink J. (2004) Atom- és Molekulaspektroszkópia, *Az infravörös és Raman spektroszkópia alapjai*, Veszprémi Egyetem, Analitikai Tanszék, pp. 5-6.
68. Morris-Reich A. (2013) Anthropology, standardization and measurement: Rudolf Martin and anthropometric photography, *The British Journal for the History of Science*, 46(3), pp. 487-516.
69. Montskó G., Németh V., Pandur E., Nagy J., Patonai Z., Márk L. Paleoproteomics: determination of proteins and pathological biomarkers from bone remains, using

- MALDI TOF/TOF mass spectrometry (2006) XVI Semmelweis Symposium & VI. Conference on Cell Analysis, Budapest, Hungary, 2006.05.04-06, pp. 112.
70. Montskó G., Patonai Z., Kovács G.L., Márk L. (2009a) Mass spectrometric analysis of non-derivatized steroids in biological matrices, 6th International medical Postgraduate Conference, Hradec Kralove, Czech Republic, 2009.11.19-21, pp. 89.
 71. Montskó G, Váczy A, Maász G, Mernyák E, Frank É, Bay Cs, Kádár Z, Ohmacht R, Wölfling J, Márk L (2009b) Analysis of non-derivatised steroids by using matrix-assisted laser desorption/ionization time of flight mass spectrometry using C70-fullerene as matrix. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 395 pp. 869-874.
 72. Morris D.M., Finney W. (2004) Recent developments in Raman and infrared spectroscopy and imaging of bone tissue, *Spectroscopy*, 18 pp.155-159.
 73. Munro L. E., Longstaffe F. J., White C. D. (2007) Burning and boiling of modern deer bone: effects on crystallinity and oxygen isotope composition of bioapatite phosphate, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 249 pp. 90–102.
 74. Nagy G., Lóránd T., Patonai Z., Montsko G., Bajnóczky I., Marcsik A., Márk L. (2008): Analysis of pathological and non-pathological human skeletal remains by FT-IR spectroscopy, *Forensic Science International*, 175 pp. 55-60.
 75. Neis P., Hille R., Paschke M., Pilwat G., Schnabel A., Niess C., Bratzke H. (1999) Strontium90 for determination of time since death, *Forensic Science International*, 99(1) pp.47-51.
 76. Nemeskéri J., Harsányi L. (1958) A csontvázleletek életkorának meghatározási módszereiről és azok alkalmazhatóságáról, *Magyar Tudományos Akadémia Biológiai Csoportjának Közleményei*, 1(2) pp. 115-164.
 77. Nemeskéri J., Lengyel I. (1963) Újabb biológiai módszerek a történeti népeségek rekonstrukciójában, *MTA Biológiai Tudományok Osztályának Közleménye*, 6 (3-4) pp. 334-357.
 78. Nokes L., Madea B. (1997) Changes after Death, in Knight B. (ed.) *The Estimation of the Time Since Death in the Early Postmortem Period*. Edward Arnold, London, pp.221-225.
 79. Nyárádi Z., Mörnstad H., Olasz L., Szabo G. (2005) Age estimation of children in south-western Hungary using the modified Demirjian method, *Fogorvosi Szemle*, 98 (5) pp. 193-198.

80. Olze A., Hertel J., Schutz R., Schmeling A. (2012a) Zementapposition als Kriterium der zahnärztlichen Altersschätzung, In: Rechtsmedizin, 22(2) pp. 106-109.
81. Olze A., Hertel J., Schutz R., Schmeling A. (2012b) Altersabhängigkeit der Sekundärdentinanlagerung im Pulpencavum, Rechtsmedizin, 22(5) pp. 374-378.
82. Patonai Z. (2005) Az analitikai kémia szerepe az emberi csontmaradványok vizsgálatában, Revista de Medicina Si Farmacie – Orvosi és Gyógyszerészeti szemle, 51:10:(1-1)
83. Patonai Z. (2013) Alkalmazott csontvizsgálati módszerek a PTE Igazságügyi Orvostani Intézetében, MIOT Esetbemutató Tudományos Ülés, Budapest, 2013.01.20.
84. Patonai Z., Maasz G., Avar P., Schmidt J., Lorand T., Bajnoczky I., Mark L. (2013) Novel dating method for distinguish forensic and archaeological human skeletal remains by using bone mineralization indexes, International Journal of Legal Medicine, 127(2) pp. 529-533.
85. Petra M., Anastassopoulou J., Theologis T., Theophanides T. (2005), Synchrotron micro-FT-IR spectroscopic evaluation of normal paediatric human bone, Journal of Molecular Structure, 733 pp. 101-110.
86. Prieto-Castello M. J. (2007) Application of biochemical and X-ray diffraction analyses to establish the postmortem interval, Forensic Science International, 172(2-3) pp. 112-118.
87. Procopio N., Williams A., Chamberlain A. T., Buckley M. (2018) Forensic proteomics for the evaluation of the post-mortem decay in bones, Journal of Proteomics, 177 pp. 21-30.
88. Reiche I., Favre-Quattropiani L., Calligaro T., Salomon J., Bocherens H., Charlet L., Menu M. (1999) Trace Element Composition of Archaeological Bones and Postmortem Alteration in the Burial Environment, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 150 pp. 656-662.
89. Renfrew C., Bahn P. (1999) Régészeti, Osiris Kiadó, Budapest
90. Ritz S., Turzynskib A., Schlitz H.W., Hollmann A., Rochholz G. (1996) Identification of osteocalcin as a permanent aging constituent of the bone matrix: basis for an accurate age at death determination, Forensic Science International, 770 pp. 13-26

91. Sastry T.P., Chandrasekaran A., Sundaraseelan J., Ramasastry M., Sreedhar R. (2007) Comparative study of some physico-chemical characteristics of osteoporotic and normal human femur heads, *Journal Clinical Biochemistry*, 40 pp. 907-912.
92. Scheuer L. (2002) Application of Osteology to Forensic Medicine, *Clinical Anatomy*, 15(4) pp. 297-312.
93. Schiegl S., Goldberg P., Pfretzschner H-U., Conrad N.J. (2003) Paleolithic burnt bone horizonons from Swabian Jura: Distinguishing between in situ fireplaces and dumping areas, *Geoarcheology: An International Journal*, 18(5) pp. 541-565.
94. Schiffer M.B. (1976) *Behavioral Archaeology*, Academic Press, New York-London
95. Schmid F. (1873) Ueber die gegenseitige Stellung der Gelenk- und Knochenaxen der vorderen und hinteren Extremität bei Wirbelthieren, *Tanulmány (in Tessák)*
96. Senn R. D., Stimson G. P. (2010) *Forensic Dentistry*, CRC Press, New York
97. Shear M.J., Kramer B. (1928) Composition of Bone. I. Analytical Micro Methods, *The Journal of Biological Chemistry*, 79 pp. 105-120.
98. Shemesh A. (1990) Crystallinity and diagenesis of sedimentary apatites, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54 pp. 2433-2438.
99. Siriboonpiputtana T., Rinthachai T., Shotivaranon J., Peonim V., Rerkamnuaychoke B. (2018) Forensic genetic analysis of bone remain samples, *Forensic Science International*, 284 pp. 167-175.
100. Sótonyi P. (2007), *Patológiai vizsgálatok szerepe az igazságügyi orvostanban*, Magyar Tudomány, pp.1007.
101. Smrčka V. (2005) Trace elements in bone tissue, Charles University in Prague, The Karolinum Press, Prague
102. Stiner M.C., Kuhn L.S. (1995) Differential burning, recrystallization, and fragmentation of archeological bone, *Journal of Archeological Science*, 22 pp. 223-237.
103. Stiner M.C., Kuhn S.L., Surovell T.A., Goldberg P., Meignen L., Weiner S., Bar-Yosef O. (2001) Bone preservation in Hayonim Cave (Israel): A macroscopic and mineralogical study, *Journal of Archaeological Science*, 28 pp. 643–659.
104. Sümegi B. (1997) *Biokémiai praktikum. Egyetemi jegyzet*, Pécs
105. Sweet D. (2010) Forensic dental identification, *Forensic Science International*, 201 (1-3), pp. 3-4

106. Swift B. (1998) Dating human skeletal remains: investigating the viability of measuring the equilibrium between ^{210}Po and ^{210}Pb as a means of estimating the post-mortem interval, *Forensic Science International*, 98(1-2) pp. 119-126.
107. Szabó Z., Ohmacht R., Huck C.W., Stögl W.M., Bonn G.K. (2005) Influence of the pore structure on the properties of silica based reversed phase packings for LC. *Journal of Separation Science*, 28 pp. 313-324.
108. Tessák K.Á. (1908) Ujabb adatok a felkar- és combcsont vonal-, terület- és szögméreteihez. *Kreisler J. nyomádájában, Breznóbánya*
109. Thompson T.J.U., Gauthier M., Islam M. (2009.) The application of a new method of Fourier Transform Infrared Spectroscopy to the analysis of burned bone, *Journal of Archeological Science*, 36 pp. 910-914.
110. Tóth G., Balázs B. (2005) Szerves vegyületek szerkezeti felderítése, *Műegyetemi Kiadó, Budapest*, pp. 60-73.
111. Tucsek Zs., Patonai Z., Bajnóczky I. (2007) Modern analitikai módszerek alkalmazása az antropológiában, *Folia Anthropologica*, 6 pp. 65-72.
112. Tzaphlidou M.; Zaichick V. (2002) Neutron activation analysis of calcium/phosphorus ratio in rib bone of healthy humans, *Applied Radiation and Isotopes* 57 pp.779-783.
113. Varga T. (2011) Személyazonosítás, Sótonyi P. (ed.) *Igazságügyi orvostan, Semmelweis Kiadó, Budapest*, pp. 364-365.
114. Vass A. A., Bass W. M., Wolf J. D., Foss J. E., Ammons J. T. (1992) Time since death determination of human cadavers using soil solution, *Journal of Forensic Sciences*, 37 pp. 1236-1253.
115. Vass A. A. (2010): The elusive universal post-mortem interval formula, *Forensic Science International*, 204 pp. 34-40.
116. Waite E.R., Collins M.J., Ritz-Timme S., Schutz H-W., Cattaneo C., Borrman H.I.M. (1999) A review of the methodological aspects of aspartic acid racemization analysis for use in forensic science, *Forensic Science International*, 103 pp. 113–124.
117. Walker R.A., Lovejoy C.O. (1985) Radiographic changes in the clavicle and proximal femur and their use in the determination of skeletal age at death, *American Journal of Physical Anthropology*, 68 pp. 67-78.

118. Weiner S., Bar-Yosef O. (1990) States of preservation of bones from prehistoric site in the Near East: A survey, *Journal of Archaeological Science*, 17 pp. 187-219.
119. Wright L.E., Schwarcz H.P. (1996) Infrared and isotopic evidence for diagenesis of bone apatite at Dos Pilas, Guatemala: Paleodietary implications, *Journal of Archaeological Science*, 23 pp. 933-944.
120. Yarbrough D. K., Hagermann E., Eckert R., He J., Choi H., Cao N., Le K., Hedger J., Qi F., Anderson M., Rutherford B., Wu B., Tetradis S., Shi W. (2009) Specific Binding and Mineralization of Calcified Surfaces by Small Peptides, *Calcified Tissue International*, 86 pp. 58-66.
121. Yoshino M., Kimijima T., Miyasaka S., Sato H., Seta S. (1991) Microscopical study on estimation of time since death in skeletal remains, *Forensic Science International*, 49 pp. 143-158.
122. Zaichick V.; Tzaphlidou M. (2003) Calcium and phosphorus concentrations and the calcium/phosphorus ratio in trabecular bone from the femoral neck of healthy humans as determined by neutron activation analysis. *Applied Radiation and Isotopes*, 58 pp. 623-627.
123. Zelles T. (2007) *Orálbiológia*, Medicina Könyvkiadó

MELLÉKLETEK

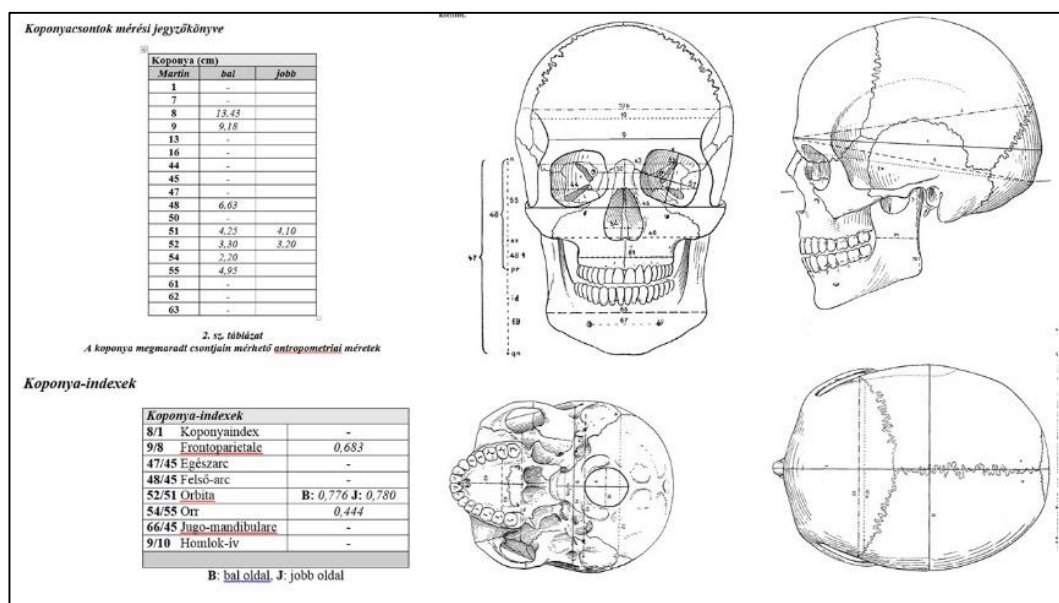
A csontok makroszkópos morfológiai jellemzői:

koponya		<i>ép</i>	<i>sérült</i>	<i>hiányos</i>
<u>mandibula</u>		<i>ép</i>	<i>sérült</i>	<i>hiányos</i>
csigolyák	nyaki			3 db
medence	keresztcsont	<i>ép</i>	<i>sérült</i>	<i>hiányos</i>
	<u>csipőcsont bal</u>	<i>ép</i>	<i>sérült</i>	<i>hiányos</i>
	<u>jobb</u>	<i>ép</i>	<i>sérült</i>	<i>hiányos</i>
	<u>szeméremcsont bal</u>	<i>ép</i>	<i>sérült</i>	<i>hiányos</i>
	<u>jobb</u>	<i>ép</i>	<i>sérült</i>	<i>hiányos</i>
alsó végtag	<u>combcsont bal</u>	<i>ép</i>	<i>sérült</i>	<i>hiányos</i>
	<u>jobb</u>	<i>ép</i>	<i>sérült</i>	<i>hiányos</i>
	sípcsont	<i>ép</i>	<i>sérült</i>	<i>hiányos</i>
	szárkapocs	<i>ép</i>	<i>sérült</i>	<i>hiányos</i>

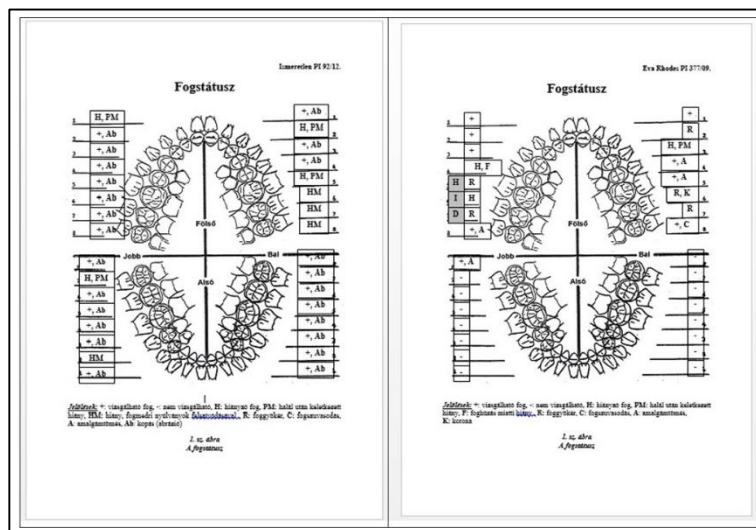
1. sz. táblázat

*A vizsgálatra érkezett (és biztosan emberi eredetű) csontok morfológiai jellemzői.
(Azokat a csontokat, melyeknek emberi eredete kétséges, a táblázatban nem tüntettük fel.)*

1. sz. demonstrációs ábra: Részlet a PI 377/2009 sz. igazságügyi orvosszakértői véleményből



2. sz. demonstrációs ábra: Részlet a PI 377/2009 sz. igazságügyi orvosszakértői véleményből



3. sz. demonstrációs ábra: Fogstátuszok személyazonosítási ügyekből

ANTROPOMETRIAI VIZSGÁLAT

(Dr. Patonai Zoltán)

Koponya:

Rossz állapotú, földdel szennyezett, a koponyatető – a boncoláskor szokásos módon – lefűrészelve, külön darabban. A koponyatető – a fűrészelés síkjában – a koponyacsontra pontosan illeszkedik. A koponyaur száraz, agyagos földdel kitöltött.

A koponyatetőn foltokban matt, szürkés színű, néhány helyen csontfényű fehér. A koponyáról a felső állcsont – az arckoponya – hiányzik. A koponyavarratok elcsontosodtak.

A fogstátusz:

Az alsó és felső állcsont hiánya miatt nem vizsgálható.

A koponya vizsgálata:

A koponya három darabban érkezett, a részek egymással összeilleszthetők. A homlokcsont kérgi részén és a halánték- és homlokcsont határán, mindkét oldalon törésvonal látható, mely valószínűleg a fűrészeléssel követően keletkezett. A koponyatető belső felszínén, borsnyi nagyságú csontelváltozások láthatóak, melyek utalhatnak az úgynevezett a. meningeal media aneurizmáira, de bizonyossággal határos valószínűséggel nem kizárható a T-transzformációs folyamatok oki szerepe. A koponyafedelet – a boncoláskor szokásos módon – eltávolították; a csontfelszín – a fűrészelésnek megfelelő síkban – sima. A bal falcsonton látható, benyomatos töréshez hasonló, anyaghiány valószínűsíthetően a halál után keletkezett.

Testmagasság-meghatározás

A koponya morfológiai vizsgálatával nem lehetséges a testmagasság meghatározása.

Életkor-meghatározás

Harsányi-Földes módszerével nem végezhető, mivel sem a combcsontok, sem a felkarcsontok nem álltak rendelkezésünkre.

A koponyatető belső felszínén a korona, a lambda és a sagittális varrat teljes lefutásában elcsontosodott. A koponyatető külső felszínén a korona és a lambda varrat teljes lefutásában elcsontosodott, a sagittális varrat részben, egy kb. 3-4 cm hosszú szakaszon látható.

A koponyavarratok alapján az elhunyt 40-60 év közötti lehetett.

Nem meghatározás

A koponyán fellelhető mérőpontok (külső tarkócsonti kiemelkedés, csacsnyúlvány) és a külső morfológiai jegyek vizsgálata alapján:

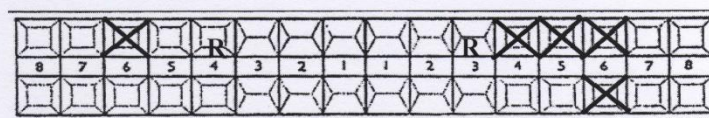
a koponya valószínűleg férfitől származhat.

Fekvési idő:

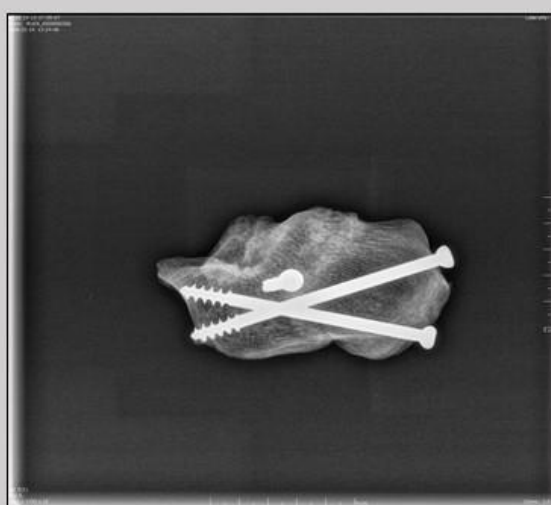
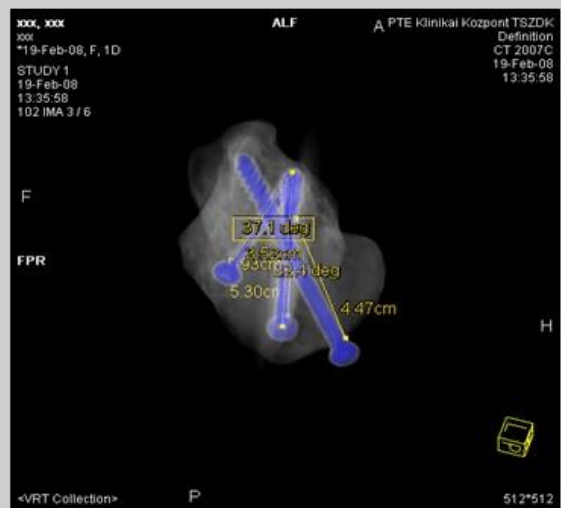
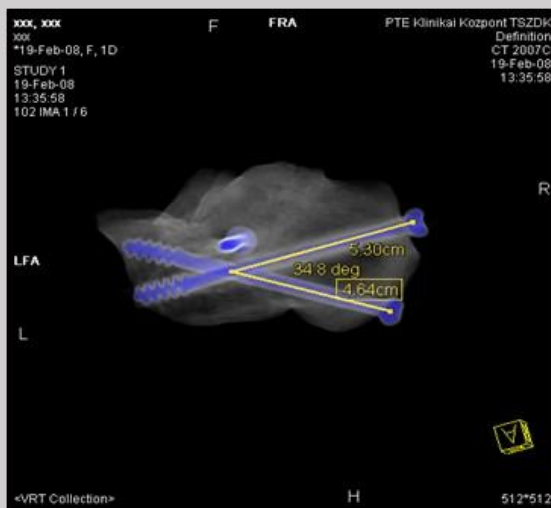
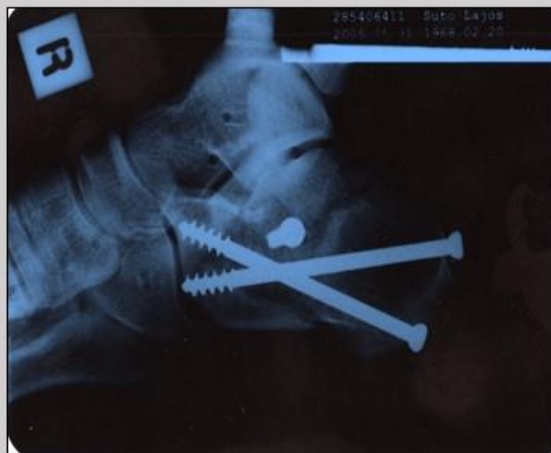
A koponyán található külső morfológiai jegyek alapján 15-40 év.

DNS vizsgálatra koponyacsontból több helyről biztosítottunk mintát.

4. sz. demonstrációs ábra: Koponya antropometriai vizsgálata



80



6. sz. Demonstrációs ábra

A felső sorban a posztoperatív képek láthatók, alattuk az általunk készített CT felvétel képei; a legalsó sorban az általunk készített digitális röntgenfelvétel látható.

Minta szám	Származási hely	Sír	Minta	Életkor	Nem	Fekvési idő	C.I	C/P
TB01	Sükösd-Ságod	19c	Háti csigolya	Adult	♀	600-700 A.D.	2,84	0,73
TB02	Sükösd-Ságod	19b	Borda	Adult	♀	600-700 A.D.	2,39	0,66
TB03	Bácsalmas-Homokbánya	39c	Háti csigolya	Mature	♂	1500-1600 A.D	2,62	0,25
TB04	Bácsalmas-Homokbánya	39b	Borda	Mature	♂	1500-1600 A.D	2,50	0,43
TB05	Bélmegyer-Csomoki domb	65c	Háti csigolya	Mature	♀	700-800 A.D.	2,59	0,75
TB06	Bélmegyer-Csomoki domb	65b	Borda	Mature	♀	700-800 A.D.	2,77	0,58
TB07	Csongrád-Ellés	183c	Háti csigolya	Mature	♂	1000-1200 A.D	2,40	0,34
TB08	Csongrád-Ellés	183b	Borda	Mature	♂	1000-1200 A.D	2,38	0,44
TB09	Csongrád-Ellés	183/12	Ágyéki csigolya	Mature	♂	1000-1200 A.D	2,36	0,27
TB10	Csongrád-Ellés	183	Borda	Mature	♂	1000-1200 A.D	2,32	0,47
TB11	Felgyő-Ürmös tanya	205c	Háti csigolya	Adult	♀	700-800 A.D.	2,41	0,35
TB12	Felgyő-Ürmös tanya	205b	Borda	Adult	♀	700-800 A.D.	2,41	0,35
Átlag							2,49	0,46

1. sz. táblázat *M. tuberculosis* fertőzött csontok C.I. és C/P aránya

Minta szám	Származási hely	Sír	Minta	Életkor	Nem	Fekvési idő	C.I	C/P
S12	Szeged-Vár	2	Háti csigolya	Mature	♀	1300-1700 A.D.	3,46	0,27
S22	Nyárlőrinc	330	Háti csigolya	Mature	♀	1100-1500 A.D.	2,63	0,56
S32	Nyárlőrinc	375	Háti csigolya	Adult	♂	1100-1500 A.D.	2,56	0,57
S42	Fővnyes	36	Háti csigolya	Mature	♂	1500-1600 A.D	2,83	0,33
Átlag							2,87	0,43

2. sz. táblázat *Treponema pallidum* fertőzött csontok C.I. és C/P aránya

Minta szám	Származási hely	Sír	Életkor	Nem	Fekvési idő
AB1	Hódmezővásárhely-Gorzsa	16	Senile	♀	4900-4400 BC
AB2	Mezőkövesd Patakrájáró	4/a	Adult	♂	4400-4000 BC
AB3	Szeged III Homokbánya	15	Adult	♀	2500-1800 BC
AB4	Algyő Barakktábor	4	Mature	♂	700-450 BC
AB5	Szegvár Oromdűlő	918	Adult	♀	200-400 AD
AB6	Hódmezővásárhely-Kishomok	89	Mature	♂	400-500 AD
AB7	Szegvár Oromdűlő	740	Adult	♀	500-600 AD
AB8	Székkutas Kápolnadűlő	30	Adult	♀	700-800 AD
AB9	Szeged III Homokbánya	100	Senile	♂	800-900 AD
AB10	Esztergályhorváti-Báránd	284	Senile	♀	800-900 AD
AB11	Szegvár Oromdűlő	617	Mature	♀	900-1000 AD
AB12	Derekegyháza Ibolyás	13	Senile	♂	1000-1100 AD
AB13	Csengele Bogárhát	57	Adult	♂	1200-1300 AD
AB14	Hódmezővásárhely-Gorzsa	350	Adult	♀	1400-1500 AD
AB15	Hódmezővásárhely-Gorzsa	114	Senile	♀	4900-4400 BC
AB16	Hódmezővásárhely-Gorzsa	164	Adult	♀	4900-4400 BC
AB17	Hódmezővásárhely-Gorzsa	174	Adult	♂	4900-4400 BC
AB18	Hódmezővásárhely-Gorzsa	194	Adult	♂	4900-4400 BC
AB19	Hódmezővásárhely-Gorzsa	24	Adult	♂	4900-4400 BC
AB20	Hódmezővásárhely-Gorzsa	254	Juvenile	♀	4900-4400 BC
AB21	Hódmezővásárhely-Gorzsa	274	Mature	♂	4900-4400 BC
AB22	Hódmezővásárhely-Gorzsa	284	Adult	♀	4900-4400 BC
AB23	Hódmezővásárhely-Gorzsa	294	Senile	♂	4900-4400 BC
AB24	Hódmezővásárhely-Gorzsa	314	Adult	♂	4900-4400 BC
AB25	Hódmezővásárhely-Gorzsa	344	Adult	♂	4900-4400 BC
AB26	Hódmezővásárhely-Gorzsa	394	Adult	♂	4900-4400 BC
AB27	Hódmezővásárhely-Gorzsa	434	Adult	♀	4900-4400 BC
AB28	Hódmezővásárhely-Gorzsa	484	Adult	♀	4900-4400 BC
AB29	Hódmezővásárhely-Gorzsa	54	Mature	♂	4900-4400 BC
AB30	Hódmezővásárhely-Gorzsa	504	Mature	♀	4900-4400 BC
AB31	Hódmezővásárhely-Gorzsa	574	Adult	♀	4900-4400 BC
AB32	Hódmezővásárhely-Gorzsa	584	Senile	♂	4900-4400 BC
AB33	Hódmezővásárhely-Gorzsa	604	Adult	♂	4900-4400 BC
AB34	Hódmezővásárhely-Gorzsa	614	Adult	♀	4900-4400 BC
AB35	Hódmezővásárhely-Gorzsa	634	Adult	♀	4900-4400 BC
AB36	Hódmezővásárhely-Gorzsa	644	Mature	♂	4900-4400 BC
AB37	Hódmezővásárhely-Gorzsa	664	Adult	♀	4900-4400 BC
AB38	Hódmezővásárhely-Gorzsa	674	Adult	♂	4900-4400 BC
AB39	Hódmezővásárhely-Gorzsa	684	Adult	♂	4900-4400 BC

3. sz. táblázat Régészeti csontminták

Minta szám	Származási hely	Életkor	Nem	Minta szám	Származási hely	Életkor	Nem
MB1	Mohács	Adult	♂	MB19	Dunaújváros	Juvenile	♀
MB2	Bátaszék	Adult	♂	MB20	Komló	Adult	♂
MB3	Kalocsa	Adult	♂	MB21	Pécs	Senile	♂
MB4	Mohács	Adult	♀	MB22	ismeretlen	Adult	♂
MB5	Pécs	Adult	♀	MB23	Mohács	Adult	♀
MB6	Pécs	Adult	♀	MB24	ismeretlen	Adult	♂
MB7	Pécs	Adult	♂	MB25	Pellérd	Adult	♂
MB8	Pécs	Senile	♂	MB26	Pécs	Senile	♂
MB9	Pécs	Adult	♂	MB27	Pécs	Senile	♂
MB10	Pécs	Senile	♂	MB28	Pécs	Senile	♀
MB11	Pécs	Senile	♀	MB29	Pécs	Adult	♂
MB12	Pécs	Mature	♀	MB30	Pécs	Adult	♂
MB13	Pécs	Adult	♀	MB31	Pécs	Adult	♂
MB14	Pécs	Mature	♀	MB32	Pécs	Adult	♂
MB15	Zalaegerszeg	Mature	♂	MB33	Pécs	Senile	♀
MB16	Zalaegerszeg	Mature	♂	MB34	Pécs	Adult	♂
MB17	Zalaegerszeg	Mature	♀	MB35	Pécs	Adult	♂
MB18	Szigetvár	Adult	♀	MB36	Pécs	Adult	♀

4. sz. táblázat Recens csontminták

Kód	Minta szám	Fogtípus	Életkor	Nem	Kód	Minta szám	Fogtípus	Életkor	Nem
D1	1	<i>metsző</i>	63	♀	D27	29	<i>bölcesség</i>	23	♀
D2	2	<i>bölcesség</i>	28	♂	D28	30	<i>bölcesség</i>	20	♀
D3	3	<i>bölcesség</i>	24	♂	D29	31	<i>bölcesség</i>	36	♂
D4	4	<i>bölcesség</i>	24	♂	D30	32	<i>bölcesség</i>	19	♀
D5	5	<i>premolaris</i>	45	♀	D31	33A	<i>metsző</i>	48	♀
D6	6	<i>premolaris</i>	51	♂	D32	33B	<i>metsző</i>	48	♀
D7	7	<i>bölcesség</i>	17	♂	D33	34	<i>bölcesség</i>	25	♀
D8	8	<i>bölcesség</i>	33	♀	D34	35A	<i>bölcesség</i>	30	♀
D9	9	<i>bölcesség</i>	29	♂	D35	35B	<i>bölcesség</i>	30	♀
D10	10	<i>bölcesség</i>	25	♀	D36	36A	<i>molaris</i>	28	♂
D11	11	<i>bölcesség</i>	26	♀	D37	36B	<i>molaris</i>	28	♂
D12	12	<i>bölcesség</i>	21	♀	D38	38	<i>bölcesség</i>	23	♂
D13	13	<i>metsző</i>	15	♀	D39	39	<i>bölcesség</i>	16	♂
D14	15	<i>bölcesség</i>	36	♂	D40	40	<i>bölcesség</i>	23	♀
D15	16	<i>bölcesség</i>	28	♂	D41	41	<i>bölcesség</i>	21	♂
D16	17	<i>bölcesség</i>	30	♂	D42	42	<i>bölcesség</i>	41	♀
D17	18	<i>bölcesség</i>	21	♀	D43	43	<i>bölcesség</i>	21	♀
D18	19	<i>bölcesség</i>	42	♂	D44	44	<i>bölcesség</i>	20	♀
D19	20	<i>bölcesség</i>	21	♂	D45	45	<i>premolaris</i>	29	♀
D20	21	<i>bölcesség</i>	22	♀	D46	46	<i>bölcesség</i>	19	♀
D21	22	<i>bölcesség</i>	22	♀	D47	47	<i>bölcesség</i>	26	♀
D22	23	<i>bölcesség</i>	30	♂	D48	48A	<i>bölcesség</i>	69	♀
D23	24	<i>metsző</i>	57	♂	D49	48B	<i>premolaris</i>	69	♀
D24	25	<i>bölcesség</i>	27	♀	D50	48C	<i>premolaris</i>	69	♀
D25	27	<i>bölcesség</i>	30	♀	D51	49A	<i>molaris</i>	58	♂
D26	28	<i>bölcesség</i>	57	♀	D52	49B	<i>molaris</i>	58	♂

5. sz. táblázat Fogminták

Minta megnevezés	Antropometria	DNS (amelogenin)	Kémiai vizsgálat (nemi hormon)
Csontmaradvány (Bátaszék) 1	♂	♂	♂
Csontmaradvány (Bátaszék) 2	♂	♂	♂
Csontmaradvány (Kalocsa)	♂	♂	♂
Csontmaradvány (Bonyhád)	♀	minimális mennyiségű izolált DNS	♀
Dunából kifogott torzó (Harta)	kevés mérőpont miatt nem vizsgálható	♂	♂
Holttest (bonctermi minta) 1	♀	ismeret volt az elhunyt neme	♀
Holttest (bonctermi minta) 2	♂	ismeret volt az elhunyt neme	♂
Holttest (bonctermi minta) 3	♀	ismeret volt az elhunyt neme	♀
Holttest (bonctermi minta) 4	♀	ismeret volt az elhunyt neme	♀
Bordacsont darab (Kalocsa)	mérőpont hiányában nem vizsgálható	♀	♀
Mumifikálódott holttest (Pellérd) csontszövet (csigolya)	kevés mérőpont miatt egyértelműen nem vizsgálható	♂	♂
Mumifikálódott holttest (Pellérd) csontszövet (felkarcsont)	kevés mérőpont miatt egyértelműen nem vizsgálható	♂	♂
Mumifikálódott holttest (Pellérd) belsőszerv (tüdő)	kevés mérőpont miatt egyértelműen nem vizsgálható	♂	♂
Mumifikálódott holttest (Pellérd) izületiszallag	kevés mérőpont miatt egyértelműen nem vizsgálható	♂	♂
Mumifikálódott holttest (Pellérd) gégeporc	kevés mérőpont miatt egyértelműen nem vizsgálható	nem történt mintavétel	♂
Mumifikálódott holttest (Pellérd) légcsőporc	kevés mérőpont miatt egyértelműen nem vizsgálható	nem történt mintavétel	♂
Mumifikálódott holttest (Pellérd) bőrszövet	kevés mérőpont miatt egyértelműen nem vizsgálható	♂	nem történt mintavétel
Mumifikálódott holttest (Pellérd) szőrképlet	kevés mérőpont miatt egyértelműen nem vizsgálható	♂	nem történt mintavétel

6. sz. táblázat Genetikai nemek elkülönítésének eredménye

K Ö S Z Ö N E T N Y I L V Á N Í T Á S

Ezúton szeretném hálámat kifejezni feleségemnek, Juditnak és fiamnak, Jeromosnak, hogy fizikailag és szellemileg segítették eddigi munkámat.

Köszönettel tartozom Dr. Wiegand Norbert egyetemi docensnek, a Traumatológiai és Kézsebészeti Klinika vezetőjének, aki számos vizsgálat elvégzéséhez nyújtott lehetőséget számomra.

Tiszteletteljes elismerés illeti meg Dr. Márk Lászlót, a Biokémia és Orvosi Kémia Intézet egyetemi docensét, aki az analitikai kémiai és az antropológiai kutatások iránt érzett hivatástudatával hozzájárult tudományos szemléletmódom fejlődéséhez, és vizsgálataim elvégzéséhez.

Köszönettel tartozom e két nagyszerű embernek azért, hogy olyan új kutatási módszerek kifejlesztésénél segítettek munkámat, melyek az igazságügyi antropológia területén előrelépést jelentenek.

Köszönet illeti meg Dr. Lóránd Tamást, a Biokémia és Orvosi Kémia Intézet nyugalmazott egyetemi docensét, aki oktatóként a gyakorlataim során a kémia iránti szeretetre és alaposságra nevelt. Köszönöm, hogy áldozatos munkájával és tudásával házzájárult kutatásaim eredményeihez.

Hálával tartozom Prof. Dr. Bajnóczky Istvánnak, a PTE ÁOK Igazságügyi Orvostani Intézet egykori egyetemi tanárának, hogy tanítványai között tartott számon. A nehezebb időszakban mindig számíthattam támogatására, és tudásával segítette munkámat. Kedves István hálás vagyok azért a tudásért és a szakmai alázatért melyet tőled tanulhattam!

Végül – de nem utolsó sorban – köszönetet mondok szüleimnek, testvéreimnek és barátaimnak, amiért a nehezebb időszakokban kitartásra ösztönöztek, őszintén kritizáltak, és a véleményüket mindig megosztották velem.

KÖZLEMÉNYEK

Összesített impakt faktor: 8,939

Független hivatkozások száma: 94

A témában megjelent közlemények

1. **Patonai Z.:** Az analitikai kémia szerepe az emberi csontmaradványok vizsgálatában, *Revista de medicina siFarmacie- Orvosi és Gyógyszerészeti Szemle*, vol. **51**: 10, Supliment 1–1. (2005)
2. Montskó G., Németh V., Pandur E., Nagy J., **Patonai Z.**, Márk L. Paleoproteomics: determination of proteins and pathological biomarkers from bone remains, using MALDI TOF/TOF mass spectrometry XVI Semmelweis Symposium & VI. Conference on Cell Analysis, Budapest, Hungary, 2006.05.04-06, pp. 112 (2006)
3. Tucsek Zs.; **Patonai Z.**; Bajnóczky I. Modern analitikai módszerek alkalmazása az antropológiában, *Folia Anthropologica* (2007)
4. Nagy G.; Lóránd T.; **Patonai Z.**; Montskó G.; Bajnóczky I.; Marcsik A.; Márk L.: Analysis of pathological and non-pathological human skeletal remains by FT-IR spectroscopy, *Forensic Science International* **175**: 55–60 (2008)
IF: 1.928, Idézetek száma: 47
5. Montskó G., Patonai Z., Kovács G.L., Márk L. Mass spectrometric analysis of non-derivatized steroids in biological matrices, 6th International medical Postgraduate Conference, Hradec Kralove, Czech Republic, 2009.11.19-21, pp. 89 (2009)
6. Márk L.; **Patonai Z.**; Váczy A.; Lóránd T.; Marcsik A.: High-throughput mass spectrometric analysis of 1400-year-old mycolic acids as biomarkers for ancient tuberculosis infection, *Journal of Archaeological Science* **37**: 302-305 (2010)
IF: 1.710, Idézetek száma: 19
7. Márk L.; **Patonai Z.**; Váczy A.; Kajsza N.; Marcsik A.: Hormone Mass Fingerprinting: novel molecular sex determination of ancient human skeletal remains In: Turbanti-Memmi I. (ed.) *Advances in Archaeometry*, Springer (2011) isbn: 978-3-642-14677-0
Idézetek száma: 1

8. **Patonai Z.**, Maasz G., Avar P., Schmidt J., Lorand T., Bajnóczky I., Márk L.: Novel dating method for distinguish forensic and archaeological human skeletal remains by using bone mineralization indexes, *International Journal of Legal Medicine* **127(2)**:529-33. (2013)

IF: 2,597, Idézetek száma: 19

A témában tartott előadások

1. Márk L., Bajnóczky I., Marcsik A., **Patonai Z.**: Csontkémiai elemzések jelentősége az igazságügyi és a történeti antropológiában, XI. Nemzetközi Tudományos Diákköri Konferencia, Marosvásárhely, 2004.03.25-28. (*Abstract*) (2004)
2. **Patonai Z.**: Az analitikai kémia szerepe az emberi csontmaradványok vizsgálatában, XII. Nemzetközi Tudományos Diákköri Konferencia, Marosvásárhely, 2005.04.21-24. (*Előadás*) (2005)
3. Montskó G., Németh V., Pandur E., Nagy J., **Patonai Z.**, Márk L.: Paleoproteomika: Fehérjék és pathológiás biomarkerek azonosítása humán csontmaradványokból MALDI TOF TOF tömegspektrometriával, Sümeg, (*Poszter*) (2006)
4. Márk L., **Patonai Z.**, Marcsik A.: High-throughput Mass Spectrometric Determination of Ancient Pathological Biomarkers, 16th European Meeting of the Paleopathological Association, Fira, Greece, 2006.08.28-09.01. (*Abstract*) (2006)
5. Márk L., **Patonai Z.**, Bajnóczky I.: Molecular Aspects of Forensic and Paleoanthropological Remains, XXth Congress of International Academy of Legal Medicine, Budapest, 2006 08. 23-26. (*Abstract*) (2006)
6. Montskó G., Németh V., Pandur E., Nagy J., **Patonai Z.**, Márk L.: Paleoproteomics: Determination of proteins and pathological biomarkers from human bone remains using MALDI TOF/TOF mass spectrometry, 5. Magyar Sejtanalitikai Konferencia, Budapest, 2006. 05. 4–6. (*Poszter*) (2006)
7. Jámor É., **Patonai Z.**, Váczy A., Márk L.: High-throughput mass spectrometric analysis of natural steroids, 9th Symposium on Instrumental Analysis, Pécs, 2008. 06. 29.–07. 02. (*Poszter*) (2008)

8. Jám bor É., Németh V., **Patonai Z.**, Marcsik A., Márk L.: Paleopathological Proteomics of Ancient Human Diseases, 17th European Meeting of the Paleopathology Association, Copenhagen, Dánia, 2008. 08. 25.–27. (*Poszter*) (2008)
9. Márk L., **Patonai Z.**, Váczy A.: Hormone Mass Fingerprinting: A novel molecular technique for sex determination, 16th Congress of European Anthropological Association, Odense, Dánia, 2008. 08. 28–31. (*Poszter*) (2008)
10. **Patonai Z.**, Boros M. A., Márk L., Bajnóczky I., Huszár A.: Nem-meghatározás analitikai kémiai módszerrel személyazonosítási ügyekben, II. Tematikus Interdiszciplinális Szakértői Fórum, X. Fiatal Igazságügyi Orvossalakértők Fóruma, Kaposvár, 2009.10.16-17. (*Előadás*) (2009)
11. Montsko G., **Patonai Z.**, Kovacs L. G., Márk L.: Mass spectrometric analysis of non-derivatized steroids in biological matrices, 6th International Medical Postgraduate Conference, Educational Centre of the Medical Faculty in Faculty Hospital, Hradec Kralove, Csehország, 2009.11.19-21. (*Előadás*) (2009)
12. **Patonai Z.**, Boros M. A., Bajnóczky I., Huszár A., Márk L.: Analitikai kémiai módszerek alkalmazhatósága igazságügyi személyazonosítási ügyekben, Magyar Kémikusok Egyesülete, Fiatal Analitikusok Előadóülése, Budapest, 2010.02.25. (*Előadás*) (2010)
13. Jambor E., Boros-Major A., Bona A., **Patonai Z.**, Pálfi Gy., Mark L.: Molecular diagnosis of Mycobacterial infections by using lipid biomarkers, 28th Informal Meeting on Mass Spectrometry, Kőszeg, 2010.05.2-6., (*Poszter*) (2010)
14. **Patonai Z.**, Márk L., Nagy G., Boros M. A., Bajnoczky I.: Analitikai kémiai módszerek személyazonosításnál és tömegkatasztrófáknál, Programul de cooperare Transforontaliera Ungaria-Romania 2007-2013, Tömegszerencsétlenségek áldozatainak azonosítása jobb feltételekkel, Debrecen, 2010.05.17-21., (*Előadás*) (2010)
15. Nagy G., **Patonai Z.**, Bajnóczky I.: Igazságügyi DNS vizsgálati módszerek személyazonosításnál tömegkatasztrófáknál, Programul de cooperare Transforontaliera Ungaria-Romania 2007-2013, Tömegszerencsétlenségek áldozatainak azonosítása jobb feltételekkel, Debrecen, 2010.05.17-21., (*Előadás*) (2010)
16. Aslaksen S. H., **Patonai Z.**, Maász G., Márk L., Hosszú F., Marcsik A., Nagy G.: DNA phenotyping of ancient skeletal remains from Gorzsa burial ground, ISABS Conference

- in Forensic, Anthropologic and Medical Genetics and Mayo Clinic Lectures in Translational Medicine, Bol, Island of Brač, Croatia, 2011.06.20-24. (*Poszter*) (2011)
17. Simon G., Heckman V., **Patonai Z.**, Poór S. V., Bajnóczky I., Huszár A., Nagy G.: DNA analysis from burned human remains, 7th ISABS Conference in Forensic, Anthropologic and Medical Genetics and Mayo Clinic Lectures in Translational Medicine, Bol, Island of Brač, Croatia, 2011.06.20-24. (*Poszter*) (2011)
 18. **Patonai Z.**, Nagy G., Lóránd T., Márk L., Bajnóczky I.: Infravörös spektroszkópia lehetséges alkalmazása humán csontmaradványok fekvési idejének meghatározására – Esetbemutató, MIOT Esetbemutató Tudományos Ülés, Budapest, 2012.01.20. (*Előadás*) (2012)
 19. **Patonai Z.**: Alkalmazott csontvizsgálati módszerek a PTE Igazságügyi Orvostani Intézetében, MIOT Esetbemutató Tudományos Ülés, Budapest, 2013.01.20. (*Előadás*) (2013)

Egyéb témában megjelent közlemények

1. Rácz E, Könczöl F, Tóth D, **Patonai Z.**, Porpáczy Z, Kozma Z, Poór VS, Sipos K.: PCR-based identification of drowning: four case reports, International Journal of Legal Medicine **130(5)**:1303-7 (2016)
IF: 2,382, Idézetek száma: 8
2. Kőhalmi L., Fogarasi K., Schneider P., **Patonai Z.**: A pontos orvosi szakkifejezések használatának fontossága a büntetőeljárásban, Magyar Jog 65:2 pp. 86-93. (2018)
3. Bán Á., **Patonai Z.**, Fogarasi K., Schneider P., Boda R., Gergely P.: Fogászati sérülésekről készült látletelek komplex terminológiai, fogászati és igazságügyi orvosszakértői elemzése, Orvosi Hetilap 159(51) pp. 2154-2161. (2018)
IF: 0,322
4. Schneider P., **Patonai Z.**, Gergely P., Fogarasi K.: Könnyű testi sértés vagy emberölési kísérlet?: Pontatlan orvosi szakkifejezések használatának hatása a büntetőeljárás kimenetelére, Belügyi Szemle, 9 pp. 147-163. (2018)
5. Fogarasi K., Schneider P., **Patonai Z.**: Die Rolle von Diagnosen im medizinischen Fachsprachenunterricht, In: Vičič P., Gajšt N., Plos A. (ed) 10th International Language Conference on The Importance of Learning Professional Foreign Languages for

Communication between Cultures, 20 and 21 September 2018, Celje, Slovenia, Conference Proceedings, University of Maribor Press, 1 pp. 107-120, isbn 978-961-286-252-7 (2019)

6. Halász R., **Patonai Z.**, Fogarasi K.: Arztbriefe: Die Beschreibung Gegenwärtiger Beschwerden Analyse deutschsprachiger Formulierungsvorschläge in Musterarztbriefen, In: Vičič P., Gajšt N., Plos A. (ed) 10th International Language Conference on The Importance of Learning Professional Foreign Languages for Communication between Cultures, 20 and 21 September 2018, Celje, Slovenia, Conference Proceedings, University of Maribor Press, 1 pp. 129-146, isbn 978-961-286-252-7 (2019)
7. Vértes J., **Patonai Z.**, Wiegand N., Rodek Gy. Myastheniás krízis intenzív terápia ellátása. (Esetismertetés), MAITT (in press)
8. **Patonai Z.**, Patczai B., Wiegand N.: A fagyási sérültek ellátása, MATROKPLASZT (under review)

Egyéb témában tartott előadások

1. Jegesy A., Könczöl F., Simon G., Heckmann V., Kricskovics A., **Patonai Z.**, Bajnóczky I., Huszár A.: Célkeresztben van-e a rokkantság? (Van-e új a nap alatt?), Magyar Élet- és Egészségbiztosítási Orvostani Társaság XVI. Kongresszusa, Kecskemét, 2011.05.19-21. (Előadás) (2011)
2. **Patonai Z.**, Oszter A., Bajnóczky I., Kálmán E., Huszár A.: Kérdéses boncolások, boncolások kérdései biztosítási szempontból, Magyar Élet- és Egészségbiztosítási Orvostani Társaság XVI. Kongresszusa, Kecskemét, 2011.05.19-21. (Előadás) (2011)
3. **Patonai Z.**, Tibold A., Bajnóczky I., Könczöl F.: Fogyatékkal élő egészségügyi dolgozó felelősség biztosítása, Magyar Élet- és Egészségbiztosítási Orvostani Társaság XVII. Kongresszusa, Siófok, 2012.05.17-19. (Előadás) (2012)
4. **Patonai Z.**: Fedett mellkasfali sérülést követően kialakult Streptococcus okozta Septicus Shock Syndroma, PTE-ÁOK Szakosztály - Tanulságos esetek fóruma, Pécs, 2012.11.05. (Előadás) (2012)

5. **Patonai Z.**, Kajtár B., Bajnóczky I., Könczöl F.: Új “trend”? (Avagy a törvényt is lehet a “pénzügyi helyzet” alapján értelmezni?), Magyar Élet- és Egészségbiztosítási Orvostani Társaság XVIII. Kongresszusa, Szolnok, 2013.05.09-11. *(Előadás) (2013)*
6. Rácz E., Poór V. S., Pandur E., **Patonai Z.**, Könczöl F., Porpáczy Z., Sipos K.: Egy különleges vízbefulladásos eset diagnózisának igazolása PCR alapú módszerrel, 43. Membrán-Transzport Konferencia, Sümeg, 2013.05.21-24. *(Előadás) (2013)*
7. Faiz A., **Patonai Z.**: Perilunaris ficamról, IX. Szekszárdi Baleseti Sebészeti Nap, Szekszárd, 2014.11.22. *(Előadás) (2014)*
8. **Patonai Z.**, Horváth A., Simon G., Heckmann V., Könczöl F.: Bántalmazott gyermek traumatológiai ellátása, X. Szekszárdi Baleseti Sebészeti Nap, Szekszárd, 2014.03.28. *(Előadás) (2014)*
9. **Patonai Z.**, Vértes J., Bajnóczky I., Andriska I.: Folt a zsákon”, avagy LMWH rendelés a járó- és fekvőbeteg ellátásban, Magyar Élet- és Egészségbiztosítási Orvostani Társaság XIX. Kongresszusa, Budapest, 2014.09.11-13. *(Előadás) (2014)*
10. Dusa G., **Patonai Z.**, Lábás Z., Andriska I.: Combnyaktörések kezelése osztályunkon 17 éves anyagunk bemutatása, XI. Szekszárdi Baleseti Sebészeti Nap, Szekszárd, 2014.11.07. *(Előadás) (2014)*
11. **Patonai Z.**, Dusa G., Nyárády J.: Boka instabilitások diagnosztikája, kezelése, XII. Szekszárdi Baleseti Sebészeti Nap, Szekszárd, 2015.03.06. *(Előadás) (2015)*
12. Vértes J., Kövesdi K., **Patonai Z.**, Rodek Gy.: Myastheniás krízis intenzív terápiás ellátása – esetismertetés, Magyar Aneszteziológiai és Intenzív Terápiás Társaság 43. Kongresszusa, Siófok, 2015.05.28-30. *(Előadás) (2015)*
13. **Patonai Z.**, Dusa G., Bábel Z.: Humerus proximális vég töréseknél szerzett első tapasztalataink Nyárády-féle velőűrszeg használatával, XIII. Szekszárdi Baleseti Sebészeti Nap, Szekszárd, 2015.10.13. *(Előadás) (2015)*
14. **Patonai Z.**, Dusa G., Bábel Z., Andriska I.: Nyárády-féle velőűrszeg indikáció proximális humerus töréseknél XIV. Szekszárdi Baleseti Sebészeti Nap, Szekszárd, 2016.03.18. *(Előadás) (2016)*
15. **Patonai Z.**, Dusa G., Bábel Z., Andriska I.: Régen beültetett protézisek szövődményei, és azok ellátásának lehetőségei, XIV. Szekszárdi Baleseti Sebészeti Nap, Szekszárd, 2016.10.11. *(Előadás) (2016)*

16. **Patonai Z.**, Patczai B., Börner O. M., Kromek L., Nőt L. G., Till J.: Kezdeti tapasztalataink a kétoldali alsó végtagi fagyási sérülések ellátásában, XXII. Dél-Magyarországi Traumatológus Kongresszus, Szeged, 2017.06.09-10. (*Előadás*) (2017)
17. **Patonai Z.**, Dandé A., Simon G., Mester S.: Jelentéktelen bőrsérülés után kialakult fascitis necrotisans és toxicus shock szindróma, Magyar Traumatológus Társaság 51. Kongresszusa, Pécs, 2017.09.14-16. (*Előadás*) (2017)
18. **Patonai Z.**, Simon G.: Jehova tanúi ellátásának jogi problémái és lehetőségei a traumatológus szemével, Magyar Traumatológus Társaság 51. Kongresszusa, Pécs, 2017.09.14-16. (*Előadás*) (2017)
19. Fogarasi K., Simon G., **Patonai Z.**: Orvosi dokumentációs hibák nyelvészeti okai és következményei, Magyar Traumatológus Társaság 51. Kongresszusa, Pécs, 2017.09.14-16. (*Előadás*) (2017)
20. **Patonai Z.**, Patczai B., Wiegand N.: Kétoldali alsóvégtagi fagyási „sérülések” ellátásáról egy eset kapcsán, PTE-ÁOK Szakosztály - Tanulságos esetek fóruma, Pécs, 2017.09.25. (*Előadás*) (2017)
21. Gergely P., Schneider P., Bán Á., Fogarasi K., Boda R., **Patonai Z.**: The role of clinical documentation in forensic and criminal legal assessment of tooth loss and other dental injuries, 26th International Meeting On Forensic Medicine Alpe-Adria-Pannonia, Pula, Horvátország, 2018.05.30-2018.06.02. (*Előadás*) (2018)
22. **Patonai Z.**, Gergely P., Simon G., Bán Á., Boda R., Schneider P., Fogarasi K.: A fej-nyak régiót érintő sérülések igazságügyi orvosszakértői megítélésének nehézségei, Magyar Igazságügyi Orvosok Társasága XVI. Nemzetközi Konferenciája, Pécs, 2018.08.30-09.01. (*Előadás*) (2018)
23. **Patonai Z.**, Wiegand N. Patczai B.: Szemléletváltás a fagyási sérültek ellátásában, Magyar Ortopéd Társaság és Magyar Traumatológus Társaság 52. Kongresszusa, Győr, 2018.06.28-30. (*Előadás*) (2018)
24. Fogarasi K., Schneider P., **Patonai Z.**: Die Rolle von Diagnosen im medizinischen Fachsprachenunterricht, 10th International Language Conference on The Importance of Learning Professional Foreign Languages for Communication between Cultures, Celje, 2018.09.20-21. (*Előadás*) (2018)

25. Halász R., **Patonai Z.**, Fogarasi K.: Arztbriefe: Die Beschreibung Gegenwärtiger Beschwerden Analyse deutschsprachiger Formulierungsvorschläge in Musterarztbriefen, 10th International Language Conference on The Importance of Learning Professional Foreign Languages for Communication between Cultures, Celje, 2018.09.20-21. (*Előadás*) (**2018**)

7. sz. melléklet

DOKTORI ÉRTEKEZÉS BENYÚJTÁSA ÉS NYILATKOZAT A DOLGOZAT
EREDETISÉGÉRŐL

Alulírott

név: DR. PATONAI ZOLTÁN

születési név: PATONAI ZOLTÁN

anyja neve: EGRI MÁRTA

születési hely, idő: VÁRPALOTA, 1983. 07. 16.

ANALITIKAI KÉMIAI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA
HUMAN CSONTMARADVA NYOK VIZSGÁLATA BÀN

című doktori értekezésemet a mai napon benyújtom a(z)

PTE ETK EGÉSZSÉGTUDOMÁNYIDoktori Iskola

EGÉSZSÉGTUDOMÁNY KATARTERÜLET Programjához/témacsoportjához

Témavezető(k) neve: DR. MÁRK LÁSZLÓ, DR. WIEGAND NORBERT

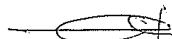
Egyúttal nyilatkozom, hogy jelen eljárás során benyújtott doktori értekezésemet

- korábban más doktori iskolába (sem hazai, sem külföldi egyetemen) nem nyújtottam be,
- fokozatszerzési eljárásra jelentkezésemet két éven belül nem utasították el,
- az elmúlt két esztendőben nem volt sikertelen doktori eljárásom,
- öt éven belül doktori fokozatom visszavonására nem került sor,
- értekezésem önálló munka, más szellemi alkotását sajátomként nem mutattam be, az irodalmi hivatkozások egyértelműek és teljesek, az értekezés elkészítésénél hamis vagy hamisított adatokat nem használtam.

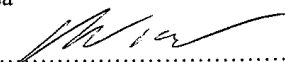
Dátum: 2019. 05. 21.



doktorjelölt aláírása



témavezető aláírása



társtémavezető aláírása