

Szürkeskála (denzitásérték-hűség) vizsgálata és képminőség javítása a cone beam computer tomográfiai (CBCT) felvételeken

Ph.D. értekezés tézisei

Dr. Plachtovics Márk



***Szegedi Tudományegyetem
Klinikai Orvostudományi Doktori Iskola
Fogorvostudományi kutatások alprogram***

***Témavezető: Prof. Dr. Nagy Katalin
Doktori alprogram vezetője: Prof. Dr. Minárovits János***

***Szegedi Tudományegyetem
Fogorvostudományi Kar
Szájsebészeti Tanszék***

***2015
Szeged***

1 Bevezetés

Hatalmas áttörést jelentett az orvostudomány számára, amikor 1895-ben vákuumcsövekkel folytatott kísérletei során Wilhelm Konrád Röntgen felfedezte a röntgensugárzást. Orvosi alkalmazására már pár hónapon belül sor került. Az első fogászati röntgenfelvételt 1896 januárjában a német Otto Walkhoff készítette. 1972-ben Godfrey Hounsfield megalkotta az első computertomográfiai (CT) készüléket. 1989-ben elérhetővé vált az első spirál-CT-berendezés. További kutatások a Multi Slice CT (MSCT) vagy Multi Detector CT (MDCT) irányában folytak: 1998-ban a 4 szeletes, 2001-ben a 16 szeletes, 2004-ben a 64 szeletes készülék vált elérhetővé az orvosok számára. A cone beam CT (CBCT) technológiát eredetileg 1982-ben fejlesztették ki angiográfiai felhasználásra. Több mint egy évtized elteltével került sor a dentomaxillofaciális diagnosztikai alkalmazására. Végül 1997-ben elkészült az első ilyen célra tervezett berendezés, amely 1998-tól vált elérhetővé NewTom néven („NewTom” a rövidítése az angol „new tomography” kifejezésnek). A hagyományos CT-készülékekhez viszonyítva a dental CBCT-technológia felnyitja a relatív kisebb sugárterhelés mellett a magasabb képi felbontás és a kisebb és olcsóbb készülék. Ez a képalkotó diagnosztikai eljárás a fej-nyak régió csontképleteinek a vizsgálatára lett kifejlesztve, és Magyarországon már 2006 óta elérhető.

2 Célkitűzés

Ennek a kutatásnak a célkitűzése volt a szürkeskála (denzitásérték) pontosságának vizsgálata és a képminőség javítása a dentális CBCT-felvételeken. Ezek a vizsgálatok magukban foglalták a képalkotás folyamatának és a leképezést megelőző munkafolyamatoknak a tanulmányozását is, összehangolva a technológia korlátainak a csökkentésével és ezáltal a maximális rekonstruált képminőség elérésével. Ez a célkitűzés összhangban volt az ALARA (as-low-as-

reasonably-achievable) elvvel. Ez a XXI. század egyik legfontosabb orvosi képalkotási követelménye, amelynek értelmében az adott klinikai szituációnak megfelelően szükséges képminőség biztosítása mellett optimalizálni kell a páciensek röntgenfelvétellel járó sugárterhelését a lehető legalacsonyabb szintre. Ebből a célból különösen fontos mindig az adott sugárterhelés mellett a lehető legjobb képminőség elérése és biztosítása.

A fenti célkitűzés az alábbi három **kutatási terület** vizsgálatával, illetve optimalizálásán keresztül valósítható meg:

- A. A lehető legalacsonyabb szintre csökkenteni a rekonstruált képben a zajt;
- B. A mérések jelenlétének csökkentése;
- C. A képminőség javítása, illetve pontosabb szűrkeskáláértékek (denzitásérték-hányados) elérése.

A fenti három kutatási terület 4 tudományos publikációban valósult meg (**Publikáció: 1-4**).

Ezen célkitűzések 8 tézispontot eredményeztek, melyek az alábbi módon kapcsolódnak a 3 kutatási területhez és a 4 publikációhoz:

- 1. Tézispont:** A lehető legalacsonyabb szintre csökkenteni a rekonstruált képben a zajt (**Kutatási terület A**).

Ezen célkitűzés megvalósítható a leképzett térfogaton belüli drasztikus tömegcsökkentés révén (1. Publikáció).

- 2. Tézispont:** A lehető legalacsonyabb szintre csökkenteni a rekonstruált képben a zajt (**Kutatási terület A**).

Ez a célkitűzés megvalósítható a készülék detektorának kalibrációja és a felmelegedési idő szakon keresztüli „steady-state” hőmérséklet elérése által (2. Publikáció).

3. **Tézispont:** A lehet legalacsonyabb szintre csökkenteni a rekonstruált képben a zajt (**Kutatási terület A**).
Ez a célt és megvalósítható a korábbinál sokkal pontosabb rekonstrukciós algoritmus használatán keresztül (4. Publikáció).
4. **Tézispont:** A m termékek jelenlétének csökkentése (**Kutatási terület B**).
A célt és megvalósítható a készülék detektorának kalibrációja és a felmelegedési idő szakon keresztüli „steady-state” hőmérséklet elérése által (2. Publikáció).
5. **Tézispont:** A m termékek jelenlétének csökkentése (**Kutatási terület B**).
Ez a célt és megvalósítható az ideális kontrasztanyag koncentrációjának a meghatározásán és alkalmazásán keresztül (3. Publikáció).
6. **Tézispont:** A képmínőség feljavításán keresztül a korábban elérhetőnél jobb, illetve pontosabb szürkeskálértékek (denzitásérték-hányados) elérése (**Kutatási terület C**).
A követelmény megvalósítható a leképzett térfogaton belüli drasztikus tömegcsökkentés révén (1. Publikáció).
7. **Tézispont:** Javítani a képmínőséget a korábban elérhetőnél jobb, illetve pontosabb szürkeskálértékek (denzitásérték-hányados) elérésével. (**Kutatási terület C**).
A célt és megvalósítható a készülék detektorának kalibrációja és a felmelegedési idő szakon keresztüli „steady-state” hőmérséklet elérése által (2. Publikáció).

- 8. Tézispont:** Javítani a képmin séget a korábban elérhet nél jobb, illetve pontosabb szürkeskálaértékek (denzitásérték-h ség) elérésével. (**Kutatási terület C**).

A célkit zés megvalósítható a korábbinál sokkal pontosabb rekonstrukciós algoritmus használatán keresztül (4. Publikáció).

3 Anyag és Módszer

A dentális CBCT képmin ségét csökkent három faktor, három tudományos vizsgálati területhez kapcsolódott. Az elvégzett és összefoglalt vizsgálatainkhoz kétféle képalkotási technika került felhasználásra: dental cone beam computertomográfia (CBCT), vagy más néven digitális volumentomográfia (DVT); és multi-detector computertomográfia (MDCT), alábbiakban felsorolt készülékekkel:

Vatec Picasso CBCT (E-WOO Technology Co., Ltd. (Factory No.2) 139-2, 138-2, Hagai-dong, Giheung-gi, Yongin-si, Gyeonggi-do Korea)

iCAT Classic CBCT (Imaging Sciences International (ISI), Hatfield, PA, USA).

KaVo 3D eXam CBCT (Imaging Sciences International (ISI), Hatfield, PA, USA).

GE MDCT (General Electric Medical Systems, LightSpeed VFX Ultra, Tokyo, Japan). MINDEN SZÁMOT BET VEL ÍRNI

Az alábbi vizsgálati anyagok kerültek felhasználásra ebben az *in vitro* vizsgálatban, a három kutatási terület vizsgálata során és a 4 publikációban:

ISI min ségbiztosítási fantom,
víz (fantom),

alsóállcsont-fantom csigolyával és csigolya nélkül (speciálisan el állítva),

- egy múmia eltávolított felső kis és nagy foga,
- cadaver fej vagy cadaver fejblokk.

A három tudományos vizsgálati terület, amelyet tételesen felsorolt a nyolc tézispont, 4 publikációt eredményezett az alábbi módon.

- 1. Publikáció:** Picasso Pro dentális CBCT-készülék került képalkotási felhasználásra ebben a könyvfejezetben. A vizsgálat tárgya egy múmia eltávolított felső kis és nagy foga volt. A röntgensugárzás szóródásának csökkentése a leképzett térfogaton belüli drasztikus tömeg- és méretcsökkentés révén valósult meg, mivel a felvétel csak egy eltávolított fogról készült, és nem a fejben lévő fogról. Ezáltal jobb képminőség vált elérhetővé. Ez a tanulmány egy korábbi iCAT Classic és KaVo 3D eXam dentális CBCT-készülékkel végzett röntgensugár-szóródási vizsgálat felhasználásán alapult.
- 2. Publikáció:** Ebben a publikációba iCAT dentális CBCT- és GE MDCT-készülékekkel készített felvételek kerültek felhasználásra. A vizsgálat négy különböző kísérleti beállítással történt. Síkpanel-detektor hőmérsékletének és kalibrációjának a CBCT-felvételek képminőségére gyakorolt hatása került vizsgálatra. Ezért a felvételek a detektor melegezési idejével és anélkül, illetve kalibrációjával és annak elhagyásával készültek. Fontos kiemelni, hogy az MDCT-felvételeknél mért értékek képezték a „gold standard”-ot. A vizsgálat két lépésben állt:
Első: az ISI minőségbiztosítási fantom 4 mintájának (levegő ($1.29 \text{ kg/m}^3 = 0.00129 \text{ g/cm}^3$), low-density polyethylene (LDPE)

(0.92 g/cm³), acryl (1.18 g/cm³) és teflon (2.16 g/cm³) a Hounsfield egységben (HU) mért szürkeskálaértékei kerültek összehasonlításra a négy különböző kísérleti beállítással készített CBCT-felvételnél. *Második:* a rekonstruált felvétel térbeli felbontásának ellenőrzése céljából az ISI minőségbiztosítási fantom közepén elhelyezett vonalpármintázat vizsgálatára is sor került a 4-féle felvételi kondíció során.

- 3. Publikáció:** Ennek a publikációnak az anyaga 2 tudományos előadásban került korábban bemutatásra, az iCAT Classic CBCT-felvételek felhasználhatóságáról. Ennek megfelelően az előadás anyagának a célja egy mérési protokoll és az ideális kontrasztanyag-koncentráció meghatározása volt a dentális CBCT-felvételeken a leképzett térfogatban elhelyezett különböző tömegek esetében. A második kongresszusi előadás tartalmazta az arcartériák ellátási területeinek (angioszómáinak) anatómiai vizsgálatát. Ebben a vizsgálatban cadaver fejek és cadaver fejblokkok kerültek tanulmányozásra. A kikísérletezett módszerrel lehetségessé vált a termék jelenlétének a minimalizálása. Ebből a célból speciális kalibrációs sorozat került alkalmazásra különböző kontrasztanyag-koncentrációkkal, hogy elérjék a kontrasztanyaggal töltött erek maximális megjelenítését mind lágy szövetben, mind csontban. A cadaver fej és blokk modellezéséhez szükség volt egy speciális fantom elkészítésére is. Ehhez a fantommal végzett vizsgálathoz egy kontrasztanyaggal töltött minta anyagcsere került felhasználásra a CBCT-felvételek készítése során. A fantom ilyen alkalmazásának óriási előnye, hogy számtalan mérési sorozatot lehet készíteni különböző koncentrációjú és fajtájú kontrasztanyaggal. A megelőző vizsgálat során meghatározott koncentrációjú Microtrast kontrasztanyagoldat került

felhasználásra az erek feltöltéséhez a **3. Publikációban** közölt anatómiai vizsgálatban.

- 4. Publikáció:** Az ebben a publikációban ismertetett *in vitro* vizsgálatban ugyanazok a készülékek kerültek alkalmazásra, mint a **2. Publikációban**. Vízfantom és a már a **2. Publikációban** használt ISI min ségbiztosítási fantom vizsgálatára került sor, és mint a **2. Publikációban**, itt is az MDCT mérési eredményei jelentették a „gold standard”-ot. A felvételek készítése során a sequential cone beam computed tomography (SCBCT) leképzési mód is használatban volt. Ennek révén sokkal pontosabb szűrkeskálaértékeket (látszólagos denzitásértéket) és kisebb zajértékeket lehetett mérni a rekonstruált felvételekben, összehasonlítva más iCAT Classic CBCT-felvételi beállításokkal. A CBCT-képalkotás a Feldkamp-algoritmus különböz módosított változatait használja, és a magas denzitású képletek megjelenítését teszi lehet vé a hagyományos CT-csontablak megjelenítési beállításnak megfelel en. Ezáltal az olyan fantomok, melyek alacsonyabb denzitású mintákat is tartalmaznak, mint az acryl vagy az LDPE, nem vizsgálhatóak Feldkamp-algoritmust használó dentális CBCT-felvételekkel. Ezzel ellentétben, ugyanazt a berendezést, de SCBCT felvételi módot használva, a hagyományos CT-felvételek értékeihez közelebb álló, sokkal pontosabb denzitásértékeket mérhetünk az ISI min ségbiztosítási fantom mind a négy mintája esetében. Ezért ezek a kísérletek azzal a határozott céllal kerültek megtervezésre, hogy bizonyítsák azt, hogy az SCBCT felvételi mód tökéletesebb adatokat szolgáltat. Ezért ebben a vizsgálatban, melyet a **4. Publikáció** ismertet, ez az ISI min ségbiztosítási fantom került felhasználásra.

4 Eredmények és megbeszélés

A disszertáció célja összhangban volt az ALARA (as-low-as-reasonably-achievable) elvvel, melynek értelmében az adott klinikai szituációnak megfelel képminőség biztosítása mellett szükséges optimalizálni a páciensnek a röntgenfelvétellel járó sugárterhelését a lehető legalacsonyabb szintre. Ebből a célból különösen fontos mindig az adott sugárterhelés mellett a lehető legjobb képminőség elérése és biztosítása. Ezért adott sugárterhelés mellett, dentális CBCT-felvételeken a szűrkeskáláérték pontosságának és a képminőségnek a javítása volt a célja ennek a disszertációnak.

1. **Tézispont:** Sikerült megvizsgálni egy eltávolított fog esetében a lágyszövet jelenlétét a gyökércsatornában és a pulpakamrában. Ez azért volt lehetséges, mert nem volt fej a vizsgált fog körül, következésképpen a tömeg a leképzett térfogatban, és ezáltal a röntgensugárzás szóródása nagymértékben lecsökkent. Ez az eredmény összhangban van a korábban publikált *in vitro* vizsgálatokkal, amelyek szerint a rekonstruált felvételnél a zaj mértéke a leképzett térfogaton belüli anyag nagyságának és tömegének a függvénye.
2. **Tézispont:** Bizonyította, hogy az előkészítő fázisnak fontos szerepe van az iCAT Classic dentális CBCT képképzésében. Ez magában foglalta az alkalmazott detektor melegedési folyamatát és a kalibrációját is, ezáltal csökkent a zaj a rekonstruált CBCT-képben az eredeti érték harmadára.
3. **Tézispont:** A zajt közelítőleg a harmadára vagy negyedére lehetett csökkenteni egy sokkal pontosabb rekonstrukciós algoritmus használatával (SCBCT), mely két külön körforgást foglalt magában, két eltérő magasságban párhuzamos helyzet

központi sugárnyalábbal a leképezés során. Például a dupla leképezés dentális CBCT-felvétel esetén 600 alapfelvétel helyett 2 különálló, 300 alapfelvételt tartalmazó adatbázis kerül felhasználásra, és ezáltal nem történik extra sugárterhelés. Ennek értelmében ez a képalkotó eljárás nem jelent kétszeres sugárterhelést.

4. **Tézispont:** Az eredmények igazolták, hogy az el készített fázisnak fontos szerepe van. Ez magában foglalta a melegedési folyamatát és a kalibrációt is, ezáltal az alkalmazott iCAT Classic detektor m kódését optimalizálta, és a m termékek jelenléte csökkent. A tézispont célkit zését a megvalósításában a két folyamat közül a detektor kalibrációja bír nagyobb jelent séggel, mint a melegedési idő .
5. **Tézispont:** Az eredmények igazolták, hogy az angioszómák feltérképezése során a kontrasztanyag-koncentráció kalibrálása nagyon hatékony módszer a m termékek csökkentésére a dentális CBCT-felvételeknél.
6. **Tézispont:** Eredmények igazolták, hogy dentális CBCT-felvételen egy eltávolított fog esetében a gyökércsatornában és a pulpakamrában is megjeleníthető a lágyszövet. Ez azért volt lehetséges, mert nem volt fej a vizsgált fog körül, következésképpen tömeg se volt körülötte a leképezett térfogatban, és ezáltal a röntgensugárzás szóródása nagymértékben lecsökkent. A röntgensugárzás szóródásának a csökkenése végső soron csökkenti a zajt a rekonstruált felvételen, ahogyan ez összhangban van az 1. Tézisponttal. Ezek a változások szintén növelik a kontrasztfelbontás mértékét

és ezáltal eredményeznek pontosabb denzitásérték-visszaadó képességet az alkalmazott dentális CBCT-készüléknél.

- 7. Tézispont:** Az eredmények igazolták, hogy a dentális CBCT-felvételeken az előkészítési fázis, mint amilyen az alkalmazott detektor melegedési folyamata és a kalibrációja, pontosabb szűrkeskála-értékeket eredményez. A detektor melegedése kisebb jelentőséggel bír, hiszen csak 7,4%-os javulást eredményezett, míg a detektor kalibrációja 13%-kal növelte a pontosságot. Ezzel szemben mindkettő együtt csak 15,7%-os javulást eredményezett.
- 8. Tézispont:** Az eredmények igazolták, hogy egy pontosabb rekonstrukciós algoritmus használata javít a szűrkeskálaérték pontosságán a rekonstruált dentális CBCT-képben. Nevezetesen ez a dupla leképzés átfedéssel történő folyamat, azaz a sequential cone beam computed tomography (SCBCT) alkalmazása. Számokban kifejezve ez a javulás a következő:
- teflon 27,8%
 - LDPE 68,7%
 - Víz 82,0%
 - Acryl 214,3%

Szükséges hangsúlyozni, hogy az iCAT Classic dentális CBCT-készüléket használva, csak az SCBCT algoritmus adott pozitív szűrkeskálaértékeket az acrylminta vizsgálata során. A mért szűrkeskálaérték 214,3%-os javulását a negatívról a pozitív értékre bekövetkezett változás adta. Ez a javulás a többi felvételnél alkalmazott Feldkamp-algoritmus, vagy annak változatai helyett használt SCBCT leképzés alkalmazásával vált elérhetővé.

5 Konklúzió

A különböző vizsgálati módszerek célja a képminőség javítása volt adott sugárterhelés mellett. A rekonstruált dentális CBCT-felvételek képminőségének legszembetűnőbb javulása, azaz a szűrkeskáláérték pontosságban és a zaj csökkenésében történt változás a sequential cone beam computed tomography (SCBCT) algoritmus alkalmazásával valósult meg. A jövőbeli fejlesztések potenciálisan ígéretes lépése a szoftverfejlesztéssel együtt dolgozva ezt az algoritmust beprogramozni új készülékekbe.

6 Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetet mond a tudományos vezetésért és támogatásért Professzor Dr. Nagy Katalinnak, a Szegedi Tudományegyetem Fogorvostudományi Kar dékánjának, nemzetközi kapcsolatokért felelős rektori felbízottak.

A szerző hálás a VIP Dentál Fogászati Röntgen és Cone Beam CT Képkalkító Centrumnak, hogy biztosította a hozzáférést modern röntgenberendezésekhez.

7 Irodalom

7.1 A disszertáció vizsgálataihoz közvetlenül nem kapcsolódó publikációk

Plachtovics M. A Digitális Volumetomográfia: Cone Beam CT-k a fogászatban, az arc-, állcsont- és szájszövetben. *MRadiol* 2009;83:254-262.

Plachtovics M. Gyakorlati tanácsok a digitális volumetomográfia implantológiai alkalmazásához I. *Implantológia* 2011;8:22-27.

Plachtovics M. Gyakorlati tanácsok a digitális volumetomográfia implantológiai alkalmazásához II. *Implantológia* 2012;9:30-38.

7.2 A disszertáció vizsgálataihoz közvetlenül kapcsolódó publikációk

1. Publikáció: Plachtovics M, Patonay L, Kerenyi T. Amir I Széchényi Pál foga mesél. Korszer fogvizsgálat DVT-vel. In: Széchényi Pál érsek emlékezete. Adalékok az életúthoz és a nagycenki múmia vizsgálatának eredményei. Universitas-Gy r Nonprofit Kft., 2012. Gy r, Hungary. ISBN 978-963-9819-95-5. pp. 136-141.

2. Publikáció: Plachtovics M, Goczán J, Nagy K. The effect of calibration and detector temperature on the reconstructed Cone Beam CT image quality. A study for the work-flow of the iCAT Classic equipment.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2015;119:473-480. doi: 10.1016/j.oooo.2014.12.009. Epub 2014 Dec 31. **IF: 1.46**

3. Publikáció: Molnar G, Plachtovics M, Baksa G, Patonay L, Mommaerts MY. Intraosseous territory of the facial artery in the maxilla and anterior mandible: Implications for allotransplantation.

J Craniomaxillofac Surg. 2012;40:180-184. doi: 10.1016/j.jcms.2011.03.019. Epub 2011 Apr 1. **IF: 1.61**

4. Publikáció: Plachtovics M, Bujtar P, Nagy K, Mommaerts MY. High-quality image acquisition by double exposure overlap in cone beam computed tomography.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2014;117:760-767. doi: 10.1016/j.oooo.2014.02.024. Epub 2014 Mar 13. **IF: 1.46**

Összesített impakt faktor: 4,53

7.3 Nem kapcsolódó közlemények

Pataky L, **Plachtovics M.** A Cone Beam CT-kr 1.
Dental Express 2006;9:3-6.

Plachtovics M. További érdekességek a 3D CBCT világából.
Dental Hírek 2009;13:28-30.

7.4 A disszertáció vizsgálataihoz közvetlenül kapcsolódó tudományos kongresszusi eladások

Plachtovics M, Turak O, Osvay M: Examination of cone beam CT imaging by radiation dose measurements. Oral Presentation at the 17th International Congress of DentoMaxilloFacial Radiology, 2009, Amsterdam, Netherland

M Plachtovics, G Molnar, G Baksa, MY Mommaerts. The use of Digital Volume Tomography (Cone Beam CT) for mapping of the angiosome of the face. Oral Presentation at the Congress of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery, 2010, Brugge, Belgium.

G Molnar, G Baksa, **M Plachtovics,** L Patonay, MY Mommaerts. Facial allotransplantation- Can the maxilla and mandibular symphysis survive on the facial artery? Oral Presentation at the Congress of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery, 2010, Brugge, Belgium.

DECLARATION

I am glad to declare that Dr. Mark Plachtovics may use, in his Ph.D. Dissertation, our joint paper entitled:

Intraosseous territory of the facial artery in the maxilla and anterior mandible: Implications for allotransplantation*

published in **Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery**

This anatomical study, which was published in the above paper, was to define the intraosseous vascular territory (angiosomes) of the facial artery. The question was whether it is possible, considering all the benefits, to use the so-called dental CBCT scan for the examination of this vascular system.

The following quotations are from published paper concerning the method used.

"The artery was injected with a barium sulfate/xanthan gum suspension (Microtrast, Guerbet GmbH, Sulzbach, Germany) in a gentle, pulsatile manner. Two milliliters of Microtrast, diluted with 8 ml tap water, was used in each head."

"Cone-beam computed tomography (CBCT) scans were taken with iCAT Classic (Imaging Sciences International, Hatfield, USA) from the 10 mandibular and maxillary segments. The slice thickness was 0.2 mm."

The above method for our joint paper was developed by Dr. Mark Plachtovics.

The aim of his method oriented study was to find a scanning protocol and contrast material concentration for dental CBCT to make a setup for 3D mapping of the angiosomes of the face. It was important for him to find the contrast material concentration range to differentiate the compact surface of the bone from the entering vessels through the nutritive foramina, but to reduce the artefacts. With his established procedure it was possible to minimize the presence of artefacts. For this reason, a special calibration process was developed by him varying different contrast material concentrations in order to achieve the maximal visibility of the contrast material filled vessels in soft tissues and bone. It was also necessary for him to create a special phantom to model both for the cadaver heads and the blocks instead of performing a real anatomical examination. For his preliminary study, contrast material filled plastic tubes were used in these phantoms during the dental CBCT acquisitions. The advantage of using these phantoms created the possibility to make several series of measurements using different concentrations of various types of contrast materials.

On the basis of his preliminary study a predetermined concentration of the Microtrast contrast material solution (Microtrast, Guerbet GmbH, Sulzbach, Germany) was used in the anatomical study of filled vessels.

All of these methods development work was carried out by Dr. Mark Plachtovics. Without the development such a method the above paper could not be publish. This paper appears as **Paper 3** in Thesis N° 5 in the dissertation of Dr. Mark Plachtovics.

I have not used and will not use in the future Dr. Plachtovics research work for any PhD dissertation which appeared in our joint paper as quoted above.

20 March 2015



Dr. Gyöngyvér Molnár
molnargyongyvermg@gmail.com

* Molnar G, Plachtovics M, Baksa G, Patonay L, Mommaerts MY. Intraosseous territory of the facial artery in the maxilla and anterior mandible: Implications for allotransplantation. *J Craniomaxillofac Surg.* 2012;(40)180-184. DOI: 10.1016/j.jcms.2011.03.019.