

A metacarpophalangealis ízületek vérellátása és a metacarpus fejecs porcborítéka különös tekintettel az ultrahangos képalkotásra

Doktori tézisek

Baksa Gábor

Semmelweis Egyetem Doktori Iskola
Operatív Orvostudományi Tagozat



Témavezető: Dr. Bálint Péter Vince, PhD, egyetemi tanár

Hivatalos bírálók: Dr. Heinzlmann Andrea, PhD, egyetemi docens

Dr. Kaszap Balázs, PhD, klinikai szakorvos

Komplex vizsga szakmai bizottság:

Elnök: Dr. Szendrői Miklós, DSc, ny. egyetemi tanár

Tagok: Dr. Tárnoki Dávid László, PhD, egyetemi docens

Dr. Lendvai Dávid, PhD, egyetemi adjunktus

Budapest

2024

1. Bevezetés

Az ízületi gyulladásal (arthritis) járó különböző mozgásszervi kórképek előfordulása az utóbbi évtizedekben mind a fejlett, mind a harmadik világ országaiban egyre gyakoribb. Amellett, hogy a betegek jelentős hányada hosszabb-rövidebb időre elveszíti munkaképességét, mindennapi életvitelüket is számottevően korlátozza a betegség. Az ízületi gyulladások - extraartikuláris szövődmények, gyógyszer mellékhatások - révén akár a beteg (korai) halálához is vezethetnek. Jellemzően ilyen kórkép az autoimmun eredetű reumatoid arthritis (RA). Nagyjából háromszor annyi nőt érint, mint férfit. Korai tünetei a reggeli ízületi merevség, az ízületi fájdalom, és ízületi duzzanat, melyek szimmetrikusan jelennek meg a kéz és láb ízületein, a csuklón és a bokán. A krónikus elváltozások közül jellemző az ízbelhártya (a synovium) hiperpláziája, a pannus-képződés ízületi deformitással, az ízületi porc károsodása, és a másodlagosan kialakuló csontdestrukció. A betegek egy részének tüdő-, keringési és/vagy a vérképzőrendszeri károsodás rövidíti meg az életét.

Ismert ugyanakkor, hogy a diagnózis korai megállapítása és a betegségnek az egyén állapotához -a betegség aktivitásához- igazított célértékű kezelése (T2T – treat-to-target) jelentősen javíthatja a prognózist. Az állapot felmérésére különböző pontozási rendszerek szolgálnak, amelyeknek azonban nem kötelező eleme a képalkotó diagnosztika. Napjaink ultrahang (UH) készülékei viszont már képesek a strukturális elváltozások nagyfelbontású (0,1mm) felismerésére, továbbá a véráramlás detektálásával -akár a kisebb erekben is- a gyulladás kezdeti fázisában jelentkező vazodilatáció, később pedig az angioneogenézis kimutatására. Az UH vizsgálat számos előnye mellett azonban fontos megjegyezni, hogy a képbeállítás szubjektívebb, mint más képalkotó módszerek esetén. Több ultrahangvizsgálati tanulmány hozott a mágneses rezonanciával (MRI)

összevethető eredményt a mozgásszervrendszer vizsgálatakor. Habár a legelső tünetek gyakran a kéz 2-5. metacarpophalangealis (2-5. MCP) ízületein jelentkeznek, mégis alig áll rendelkezésre adat ezen ízületek érrellátási anatómiájáról. Ismert, hogy az ízületek artériáit egy vagy két véna kíséri. Mivel az artériákkal technikailag egyszerűbb dolgozni és morfológiájuk is állandóbb, első megközelítésben elegendőnek ítéltük az artériás hálózat vizsgálatát. Ezért a 2-5. MCP-k vérrellátásának feltérképezését tűztük ki célul azzal a szándékkal, hogy már a betegség indulásakor értékelhető képalkotó diagnosztikai adatokat gyűjthessünk az UH-gal mint noninvazív vizsgálóeljárással. Fontos megjegyezni, hogy az UH és más képalkotó vizsgálatok során még manapság is gondot jelent az álpozitív leletek lehetősége. Annak érdekében, hogy az egészséges ízület anatómiaiilag feltérképezett normál ereinek az UH-gal való láthatóságát megítéljük, egészséges önkéntesek 2-5. MCP ízületeinek Doppler-szonográfiás szkennelése mellett döntöttünk.

Az MCP-k késői károsodása a vaszkuláris változások mellett elsődlegesen a metacarpus-ok fejecset borító porcot érinti. Igazolták azt is, hogy ez a fő tényezője a funkcionális károsodásnak és ezáltal a munkaképesség és az önellátásra való képesség elvesztésének.

Az ízületi porc szerkezetéről évtizedek óta rengeteg ismerettel rendelkezünk. Tudjuk, hogy zónákra osztható, amelyek közül a legmélyebben fekvő meszes porc zóna az alatta fekvő subchondralis csonttal a vékony cementvonalon keresztül érintkezik. Ezt a zónát a többi porcállománytól a felszín irányában az árapály-vonal (tidemark) választja el. Különböző betegségek eltérő porczonekat károsíthatnak. RA-ban a porckárosodás minél korábbi felismerése komoly prognosztikai jelentőséggel bírhat. Jelenleg azonban egyetlen ismert képalkotó eljárás sem képes a porszerkezet nagyfelbontású vizsgálatára. Többnyire a porcboríték homogenitása, felszínének épsége és

különösen a porc vastagsága detektálható -módszerenként- eltérő megbízhatósággal. Az UH nem ionizáló, helyben, gyorsan és számos ízületen elvégezhető vizsgálatot tesz lehetővé. Az elmúlt közel két évtizedben a vizsgálati módszer validitását jelentősen megnövelte a helyes porcszkennelési és -mérési technika meghatározása, ami a vizsgálat „szabadkézi” jellegéből adódó hibákat nagyrészt ki tudta küszöbölni. Ezért és a felbontása révén -az MRI-vel ellentétben- a kisízületi porc vizsgálatában egyre elfogadottabb, jóllehet precizitását többen megkérdőjelezik. Nagyobb ízületek porcain úgy találták, hogy az UH már a vastag meszes porczóna tetejéről visszaverődik. A 2-5. MCP-k vonatkozásában nincs arról szakirodalmi adat, hogy az UH mekkora hányadát látja az ízületi porcnak és azt milyen pontossággal tudja mérni. Számottevően vékonyabb porc lévén, mint a korábban vizsgáltak, felvetődik, hogy az itt vélhetően vékony meszes zóna nem akadályozná a teljes porcvastagság megítélését. Másodlagos célul tűztük ki ezért azt, hogy cadavereken ezeknek az ízületeknek a metacarpalis porcait in situ vizsgáljuk UH-gal. Az így nyert mérési eredmények pontosságának megítélése céljából anatómiai illetve ex situ UH-, végül összehasonlító szövettani vizsgálatot végeztünk. Más ízületekben ismert, hogy a porcnak sem terhelése, sem a vastagsága nem állandó a porc különböző pontjain, ezért esetleges sérülékeny helyek feltárása céljából egy háromdimenziós porcvastagsági térkép megjelenítése mellett döntöttünk.

2. Célkitűzések

Tekintettel arra, hogy a 2-5. MCP ízületek a rheumatoid arthritis-nek mind a korai, mind pedig a késői fázisában gyakorta érintettek, továbbá vizsgálatuk tünettani, diagnosztikai és az alkalmazott terápia hatékonyságának megítélésében is komoly jelentőségű, munkám során az ízületi vaszkuláris változások UH-gal történő hiteles megítéléséhez elengedhetetlen éranatómiai ismeretek bővítését tűztem ki elsődleges célul.

Mivel a késői fázisban kialakuló súlyos porcdestrukció az ízületek definitív diszfunkcióját eredményezi, ugyanakkor a kezdődő károsodás minél korábbi felismerése jobb eredményű célzott terápiát tehet lehetővé, másodlagos célként a metacarpus fejecs üvegporcának az UH diagnosztika számára releváns vizsgálatát tűztem ki célul.

Kutatómunkám céljai ezért a következők voltak:

1. A 2-5. MCP ízületek artériás hálózatának anatómiai feltérképezése.
2. A feltérképezett erek átmérőjének meghatározása.
3. Egészséges önkéntesek ugyanezen ízületein az anatómiailag feltérképezett erek Doppler UH-gal való láthatóságának vizsgálata.
4. Az önkénteseken talált erek átmérőjének meghatározása.
5. A 2-5. MCP ízületek metacarpalis fejecsének porcvastagságának összehasonlítása cadaveren in situ UH-gal és anatómiai méréssel.
6. Cadaveren az MCP2-5. ízületek metacarpalis fejecsének porcvastagságát összehasonlítani in és ex situ UH-gal mérve.
7. Utóbbi esetben a porc vastagságának szövettani vizsgálattal való megmérése.
8. Cadaveren a teljes porcboríték vastagságának feltérképezése.

3. Módszerek

3.1. Vizsgálati alanyok

Az ízületek vérellátásának vizsgálatát az Anatómiai, Szövet- és Fejlődéstani Intézetnek felajánlott holttesteken, az „Oktatási és kutatási célra felajánlott holttestek kezeléséről szóló szabályzat” (65/2022. (IX.02.), az in vivo UH-vizsgálatokat egészséges önkénteseken, kellő tájékoztatás után, írott, beleegyezésük alapján végeztem.

3.2. Az ízületi erek anatómiai vizsgálata cadaveren

A 2-5. MCP ízületeken az artériás rendszer feltérképezését érkorróziós módszer illetve rétegmárás alkalmazásával végeztük el. 8 nő (55-84 év) és 4 férfi (48-94 év) összesen 19 kezével dolgoztunk (n=76 ízület). A kezeket 7-10 centiméterrel a csukló felett leválasztva az a. radialis-on és az a. ulnaris-on keresztül kanüláltuk. A kanülokön át fiziológiás sóoldattal előbb az erek átöblítését, majd azok Akemi Akepox (Akemi GmbH.) piros színű pasztával színezett Acrifix 2R 0190 (Evonik Industries AG.) műgyantával feltöltését végeztük. A korróziós készítménynek szánt 15 kezet (n=60 ízület) egyenként 2 liter vízbe helyeztük, és mindegyikhez Somat Gold 12 Actions (Henkel AG.) enzimátikus mosogatótablettát adva, az oldat hőmérsékletét 36 Celsius fokon tartva elvégeztük a lágyrészek emésztését, amely 6-10 hetet vett igénybe.

A rétegmárásos vizsgálathoz az előbbieik közül rögtön az érfeltöltést követően 4 kezet (n=16 ízület) -30 °C-ra fagyasztottunk, majd a 2-5. MCP ízületeket tartalmazó blokkokat készítettünk. Ezeket egy merev talpra erősített közös műanyag dobozban elhelyezve zselatinba ágyasztuk és -80 °C-ra fagyasztottuk. A teljes lefagyasztott blokkot a talpánál CNC forgácsoló berendezés (Kondia NCT B-640, NCT Industrial Electronics Ltd.)

munkasztalához rögzítettük, amelynek kalibrációját (3000 fordulat/perc, 50µm rétegvastagság) szakember végezte el. A CNC gép golyósorsó házára egy Canon EOS 5DS (Canon Ltd.) kamerát rögzítettünk, és minden eltávolított 50 µm-nyi réteg után az új felszínről nagyfelbontású (8688 x 5792 pixel, 600 dpi, 16,7MB/képfájl) képet készítettünk. A blokk hőmérsékletét a rétegmarás alatt szénsavhóval és folyékony nitrogénnel tartottuk alacsonyan. Az elkészült képeken Adobe Photoshop CS3 (www.adobe.com) szoftverrel a vörös színcsatorna kivonását követően Thermo Fisher Scientific Amira for Life Sciences 6.1 szoftver (www.fei.com) segítségével elvégeztük az ízületeket ellátó erek szegmentálását és az erek átmérőjének regisztrálását.

3.3. Egészséges önkéntesek ízületi ereinek vizsgálata ultrahanggal

8 nő (21-76 év) és 2 férfi (31-59 év) mindkét kezének 2-5. MCP ízületein (n=80 ízület) GE Logiq E9 (General Electric Company) UH berendezés és GE L8-18i hockey stick (ua. gyártó) vizsgálófej használatával color-Doppler szkennelést végeztünk. A készüléket az ízületi kiserek vizsgálatához a GE szakembere kalibrálta (11.9 MHz, PRF 0.6, WF 54). Ízületenként csak a color gain értéket változtattuk egy elhanyagolhatóan szűk tartományon belül (15,5-19). Az önkéntesek a szkenneléshez minden ízület vizsgálata előtt a kezüket 4 percen keresztül 38°C-os vízfürdőben tartották. Az ereket először a kézhat felől lazán kinyújtott, enyhén abdukált ujjak mellett, majd tenyéri irányból ugyanilyen pozícióban, végül az 2. MCP ízületet a radialis, mígnem az 5.MCP ízületet az ulnaris tenyérszél felől is megvizsgáltuk. Az érszignálokat akkor fogadtuk el valósnak, ha azok valamelyik, az anatómiai feltérképezés során igazolt ér helyzetében jelentkeztek, illetve kizártuk a nyilvánvaló műtermékeket. A szignálok átmérőjét állóképeken, a készülék saját kaliperét használva mértük le.

Adataink statisztikai elemzéséhez az R Software v4.0.3-at (R Core Team, R Foundation for Statistical Computing) használtuk. A rétegmarásos vizsgálattal és a color-Doppler UH-gal nyert érátmérőket összevetettük kétmintás t-próbával, a minták normál eloszlásnak Shapiro-Wilk teszttel történt validálását követően.

3.4. Az ízületi porc in situ vizsgálata ultrahanggal

6 női cadaver összesen 11 kezének 2-5. MCP ízületein (n=44) végeztük el UH-gal a metacarpus fejecset borító porc vastagságának mérését. A vizsgált porcokat két csoportra osztottuk. Az első csoportban 3 cadaver 5 kezén (n=20 porc), 90°-ban behajlított ízületen, a porcboríték közepén, a nemzetközleg elfogadott iránymutatásoknak megfelelően, a porc és szöveti környezete határán megjelenő alsó magas echogenitású vonaltól (interface) a felső interface-ig mértünk, minden porcon kétszer. A mérésekhez Philips iU22 xMatrix készüléket és L15-7io lineáris vizsgálófejet használtunk. Ezeken az ízületeken a 3.5. alatt leírt vizsgálatokat is elvégeztük.

További 3 cadaver mindkét kezén (n=24 porc) az előbb leírtak szerint végeztük el az in situ porcvastagság mérést Philips Epiq 7G UH-készülék és L18-5 vizsgálófej használatával azzal a különbséggel, hogy a méréseket megismételtük a felső interface kivonásával is minden ízületen kétszer. Ezeken a porcokon a 3.6. és 3.7. pontban leírt vizsgálatokat is elvégeztük.

3.5. Az ízületi porc vizsgálata makroszkópos metszeteken

Az előbbieket közül 5 kezet (n=20 ízület) az UH szkennelés után lefagyasztottunk -12 °C-ra, majd az 2-5. MCP ízületeiket sagittális síkban átmetsztük. Az így kapott metszlapokat egy 12 megapixel Canon Eos 5D digitális kamerával (CANON Inc.) hitelesített mérőskála (Codman scientific) mellett lefotóztuk, és Adobe Photoshop CS5© szoftver használatával 3 különböző lokalizációban (dorsalisán, volarisán és centralisan) a porcok vastagságát lemértük. A kapott adatokat az in situ UH-gal nyert mérési eredményekkel a Statistical Package for the Social Sciences szoftver v.15.0 (SPSS) használatával hasonlítottuk össze.

3.6. Az ízületi porc ex situ vizsgálata ultrahanggal

A 3.4. pontban leírt további 6 kézről (n=24 ízület) eltávolítottuk az üvegporccal fedett metacarpus fejecset. A porcok csontvégeket ezután közvetlenül a porc mögött a sagittális középsíknak megfelelően dorsopalmarisan, valamint a frontális középsíkban radioulnaris irányban egy-egy 25G-s tűvel áttűztük, majd egyesével zselatinba ágyasztuk. A porcvastagság mérését ismét elvégeztük a Philips Epiq 7G UH-készülék és L18-5 vizsgálófej használatával a dorsopalmaris majd a radioulnaris jelölő tű síkjában, először a felső interface belemérésével, majd anélkül is, minden ízületen kétszer.

3.7. Az ízületi porc vizsgálata szövettani metszeteken

A 3.6. pontban leírt porcokat a szkennelést követően kiemeltük a zselatinból, és szobahőmérsékleten 8-14 napra 674ml desztillált víz, 376ml tömény hangyasav és 100g citromsav keverékében dekalcináltuk. A fejecseket ezután a dorsopalmaris jelölőtű síkjában elmetstettük, víztelenítést követően paraffinba ágyasztuk, és 4 µm vastagságú metszeteket készítettünk

hematoxillin-eozin festéssel. A metszeteken Zeiss LSM 780 lézer konfokális mikroszkóppal minden esetben a porc ízületi felszínétől indulva, de három különböző módon -a cementvonal legmélyebb és legmagasabb pontjáiig, illetve az árapály vonalig- mértük meg a porc vastagságát, 10-10 egymáshoz közeli lokalizációban.

3.8. A teljes porc vastagságának feltérképezése rétegmarással.

Egy 38 éves női cadavernek a csukló felett 8 cm-rel leválasztott bal kezét -30 °C-ra lefagyasztottuk, majd tenyerével felfelé egy műanyagedényben elhelyezve zselatinba ágyztuk. A blokkot -80 °C-ra lehűtve a 3.2. pontban leírt CNC berendezés munkaasztalához rögzítettük, és a már ismertetett módszerrel 100µm-es rétegvastagsággal elvégeztük a rétegmarást, illetve CANON EOS 5D Mark II digitális kamerával nagyfelbontású (3744x5616 pixel, 600 dpi) színes fényképeket készítettünk minden egyes rétegfelszínről. A képeket Adobe Photoshop CS3 (www.adobe.com), Thermo Fisher Scientific Amira for Life Sciences 6.1 (www.fei.com) és MeshLab (<https://www.meshlab.net>) szoftverrel dolgoztuk fel olyan módon, hogy az 2-5. MCP ízületek metacarpalis fejecsének porcát szegmentáltuk, és az így, virtuálisan leválasztott porcborítékokon létrehoztunk, egy a lokális porcvastagsággal korreláló szintérképet.

4. Eredmények

4.1. Az ízületi artériák anatómiai feltérképezése cadaveren

Technikai okokból hét ízületet kizártunk a vizsgálatból, így összesen 69 ízület artériás rendszerének feltérképezésén alapulnak eredményeink. Érkorróziós és rétegmarásos morfológiai vizsgálataink eredményei alapján a 2-5. MCP ízületek vérellátását egy metacarpalis és egy phalangealis területre osztottuk fel. A metacarpalis területet minden esetben két fő ág táplálta: a radialis (R) és az ulnaris (U) ág. Ezek a 2-4. MCP ízületeken legtöbbször az a. metacarpalis palmaris-ból (PMA), illetve az 5. MCP ízületen az a. palmaris digitalis propria-ból (PPDA) eredtek. Az R- és U-ágak jellemzően egy-egy fő laterális ágat adtak disztális irányba (MLA), amelyek gyakran az ízületi rés dorsalis kompartmentjébe is felkanyarodtak, egymással esetenként anasztomozist képezve. Az R- és U-ágak a metacarpus fejecs dorsalis oldalára felkúszva szintén gyakran anasztomizáltak, kialakítva a dorsalis arcadot (DA). A rétegmarásos vizsgálat nemcsak az artériás elágazódási mintázat leírására, hanem az egyes érágak által ellátott ízületi alkotók meghatározására is alkalmasnak bizonyult. Ennek alapján az MLA-knak az ízületi résbe kanyarodó, a dorsalis triangulumot ellátó végágát triangularis arcadnak (TA), az R- és U-ágakból azok kezdeti szakaszán leváló és a metacarpus fejecs két oldalán elhelyezkedő benyomatban futó ereket enthesialis ereknek (EB), a csontokba befürödő ágakat pedig enossealis ágaknak neveztük el. A rétegmarásos vizsgálat azt is megmutatta, hogy a csontba dorsalis és palmaris irányból, illetve mindkét oldalról belépő erek a csonton belül összeköttetésben vannak.

A phalangealis ellátási területet jellemzően a PPDA vagy az a. palmaris digitalis communis (CPDA) táplálta. Oldalanként három fő ágból álló, igen konstans érmintázatot derítettünk fel: az ízületi rés palmaris oldalán a ligamentum transversum metacarpeum profundumot (angolul: palmar plate)

ellátó palmar plate artériát (PPA), ettől distalisan a tenosynovialis ágat (TA), végül a phalangealis arcadot (PA) határoztuk meg. A TA jellemzően két ágra válva a flexor inakat és a tenyéri oldal felől a proximalis phalanx bázisát táplálta. A kétoldali TA-k egymással az ínban belül minden esetben anasztomizáltak. A rétegmarás során készült képeken az egyes érágak átmérőjét is meghatároztuk.

4.2. Egészséges önkéntesek ízületi ereinek vizsgálata ultrahanggal

Eredményeink összesen 77 ízület color-Doppler módban történt szkennelésén alapulnak. Az esetek mintegy kétharmadában két érnek/érágnak megfelelő lokalizációban észleltünk Doppler-jelet: a DA-nak illetve a MLA-nak megfelelően. A vizsgált ízületek több, mint felében a PMA distalis szakasza is detektálható volt egy jellegzetesen homunculus formájú kötőszöveti tömörülés centrumában. A 2-3. MCP. ízületeken szignifikánsan gyakrabban mutattunk ki Doppler-jeleket, mint a 4-5. MCP ízületeken ($p < 0.0001$). Ugyanez a különbség megfigyelhető volt a kis, intraarticularis érágak szintjén is ($p=0.009$), de nem volt kimutatható a nagyobb, extraarticularis ereken ($p=0.1373$).

A Doppler szignálokon végzett méréseket összevetve a cadaver ereken nyert érátmérőkkel az UH minden ízületen szignifikánsan nagyobb értékeket mért ($p=0.0001$).

4.3. Az ízületi porc in situ vizsgálata ultrahanggal

A vizsgált 44 ízületből mindösszesen hármat zártunk ki, egy esetben az ízületen belüli légzárvány (bal 3. MCP), két esetben a porcon látható erózió miatt (bal 5. MCP és jobb 2. MCP). A fennmaradó 41 porcon jól azonosítható volt mindkét interface, amelyek között a porc egészséges viszonyokra jellemző echogenitást mutatott. A porcok kontúrja szintén ép volt.

4.4. Az ízületi porc vastagságának mérése makroszkópos metszeteken

A 4.3. pontban leírt ízületek közül 19-ből sagittalis síkú metszetet készítettünk. A porcok metszlapja makroszkóposan épnek tűnt. Egyetlen csontban találtunk egy szoliter cisztát, amely azonban nem akadályozta a porc vizsgálatát. Az in situ UH-gal nyert mérési adatokat a porc makroszkópos metszlapján felvett értékekkel összevetve nem találtunk szignifikáns különbséget a két eljárás eredményei között.

4.4. Az ízületi porc ex situ vizsgálata ultrahanggal

A fennmaradó 22 porcok metacarpus fejecset explantáltunk és beágyaztuk egyesével zselatinba. Jól azonosítható volt mindkét interface, amelyek között a porcok egészséges viszonyokra jellemző echogenitást mutattak. A porcok kontúrja szintén ép volt.

4.6. Az explantált ízületi porcok összehasonlító szövettani vizsgálata

Az elkészült szövettani metszeteken ép szöveti viszonyokat találtunk. A dorsovolaris jelölőtű által létrehozott csatorna valamennyi mérésre kiválasztott metszeten teljes hosszában ábrázolódott, igazolva az előzetes UH-os szkennelés síkjával való legjobb egyezést. A porcfelszín és a mérések szempontjából fontos zónahatárok továbbá a cement- és az árapályvonalak minden porcon jól differenciálhatók voltak. Az árapályvonalat egy cadaver

mindkét kezének összesen 5 porcán észleltük kettőzöttnek. A mérések azonban ezeken a porcokon is akadálytalanul elvégezhetőek voltak a kettő közül mindig csak a folyamatos lefutású tidemarkhoz viszonyítva.

Az in és ex situ UH-mérések adatait a szövettani anyagon nyert mérési eredményekkel összehasonlítva a legjobb egyezést az in situ mért porc felszín – árapályvonal távolsággal kaptuk.

Ujjugártól függetlenül az alsó meszes zóna a mérések helyén mintegy 20%-át adta a teljes porc vastagságnak.

4.7. A teljes ízületi porcboríték vastagságának feltérképezése

A rétegmarásos eljárással feldolgozott kézen épnek imponáló porcokat találtunk. A porcboríték vastagságának szintérképes ábrázolása segítségével a 2-3. ujj sugarakon egy meglehetősen szabályos, a frontális síknak megfelelő zonális tagozódást tapasztaltunk. Mindkét esetben egyértelműen elkülönült egy centralis zóna, amely az előbbi pontokban leírt UH-mérések helyét is tartalmazta. Ettől dorsalis és palmaris irányban egyaránt meghatározható volt egy intermedier zóna, továbbá a porc kézháti és tenyéri széléig terjedően egy perifériás zóna. Az utóbbi porca bizonyult a legvastagabbnak, a centrális zóna pedig a legvékonyabbak. A 2. és a 4. ujjon a perifériás zóna dorsovolaris irányban kiterjedtebb volt a 3. ujj felé mutató széleken, míg nem a kisujj porcán csaknem eltűnt. Ezen utóbbit a centralis zóna igen kiterjedt volt, különösen az ulnaris oldalon.

5. Következtetések

1. Anatómiai vizsgálómódszereinkkel leírtuk a 2-5. MCP ízületeket ellátó artériákat. Egy metacarpalis és egy phalangealis ellátási területet határoztunk meg. Az előbbit az a. metacarpalis palmaris, utóbbit az a. palmaris digitalis communis vagy propria táplálta.

2. Az MCP ízületekben meglehetősen konstans érmintázatot találtunk néhány variánssal és meghatározott anasztomózisokkal.

3. Egészséges önkénteseken a 2-3. MCP ízületeken szignifikánsan gyakrabban találtunk erek jelenlétére utaló Doppler-jelet, mint a 4-5. ízületeken, és ez a különbség az intraarticularis kiserek szintjén is kimutatható volt.

4. Az anatómiai anyagon és az in vivo nyert érátmérőket összevetve az UH minden esetben szignifikánsan magasabb értékeket mért.

4. Cadaver ízületeken in situ UH-vizsgálattal, majd anatómiai módszerrel közvetlenül is mérve összevetettük a 2-5. metacarpus fejecsek porcának vastagságát. A két módszerrel kapott eredmények nem mutattak szignifikáns eltérést.

5. További cadaver ízületek 2-5. metacarpus fejecsen a porc vastagságát in majd ex situ UH-gal, végül szövettannal feldolgozva is lemértük. Kimutattuk, hogy a klinikai mérési helyzetet legjobban szimuláló in situ UH-mérések a porcfelszín és az árapály vonal távolságát közelítették meg a legpontosabban, vagyis az UH a vizsgált kisízületeken sem „látja” a meszes porcónát.

6. Rétegmarásos vizsgálattal cadaver 2-5. MCP ízületeken leírtuk, hogy a metacarpus fejcsének porcborítéka vastagságának változása alapján a frontalis síkba eső centralis, illetve ennek két oldalán intermedier és perifériás zónákra tagolható. A 2-3. ízületek porca hasonló vastagsági megoszlást mutatott. Az 5. ujjugár porcán a perifériás zóna gyakorlatilag hiányzott.

6. Saját publikációk jegyzéke

A disszertációhoz kapcsolódó publikációk

Mandl P, Supp G, **Baksa G**, Radner H, Studenic P, Gyebnar J, Kurucz R, Niedermayer D, Aletaha D, Balint PV, Smolen JS. Relationship between radiographic joint space narrowing, sonographic cartilage thickness and anatomy in rheumatoid arthritis and control joints. *Ann Rheum Dis*. 2015 Nov;74(11):2022-7. doi: 10.1136/annrheumdis-2014-205585. Epub 2014 Jun 24. PMID: 24962872. **IF: 12,384**

Baksa G, Czeibert K, Sharp V, Handschuh S, Gyebnar J, Barany L, Benis S, Nyiri G, Mandl P, Petnehazy O, Balint PV. Vascular supply of the metacarpophalangeal joint. *Front Med (Lausanne)*. 2022 Oct 20;9:1015895. doi: 10.3389/fmed.2022.1015895. PMID: 36341235; PMCID: PMC9630748. **IF: 3,9**

A disszertációhoz nem kapcsolódó (legfontosabb 10 – D1 besorolású és/vagy utolsó szerzős) publikációk

Shahbazi A, Mueller AA, Mezey S, Gschwindt S, Kiss T, **Baksa G**, Kisnisci RS. Is the collateral circulation pattern in the hard palate affected by cleft deformity? *Clin Oral Investig*. 2024 Apr 26;28(5):277. doi: 10.1007/s00784-024-05627-0. PMID: 38668852; PMCID: PMC11052802. **IF: 3,1**

Meszáros C, Kurucz P, **Baksa G**, Alpar A, Ganslandt O, Brandner S, Barany L. Topographical anatomy of the subthalamic region with special interest in the human medial forebrain bundle. *J Neurosurg*. 2024 Mar 15:1-11. doi: 10.3171/2024.1.JNS232066. Epub ahead of print. PMID: 38489821. **IF: 3,5**

Shahbazi A, Sculean A, **Baksa G**, Gschwindt S, Molnár B, Vág J, Bogdán S. Intraosseous arterial alteration of maxilla influencing implant-related

surgeries. Clin Oral Investig. 2023 Sep;27(9):5217-5221. doi: 10.1007/s00784-023-05141-9. Epub 2023 Jul 17. PMID: 37460902; PMCID: PMC10492683. **IF: 3,1**

Eördögh M, **Baksa G**, Grimm A, Bárány L, Petneházy Ö, Reisch R, Schroeder HWS, Briner HR, Hosemann W. Three-dimensional structure of the basal lamella of the middle turbinate. Sci Rep. 2021 Sep 9;11(1):17960. doi: 10.1038/s41598-021-97331-2. PMID: 34504200; PMCID: PMC8429674. **IF: 4,997**

Czeibert K, **Baksa G**, Grimm A, Nagy SA, Kubinyi E, Petneházy Ö. MRI, CT and high resolution macro-anatomical images with cryosectioning of a Beagle brain: Creating the base of a multimodal imaging atlas. PLoS One. 2019 Mar 7;14(3):e0213458. doi: 10.1371/journal.pone.0213458. PMID: 30845177; PMCID: PMC6405067. **IF: 2,74**

László CJ, Szűcs Z, Nemeskéri Á, **Baksa G**, Szuák A, Varga M, Tassonyi E. Human cadavers preserved using Thiel's method for the teaching of fibreoptically-guided intubation of the trachea: a laboratory investigation. Anaesthesia. 2018 Jan;73(1):65-70. doi: 10.1111/anae.14104. Epub 2017 Nov 1. PMID: 29090731. **IF: 5,879**

Eordogh M, Grimm A, Gawish I, Patonay L, Reisch R, Briner HR, **Baksa G**. Anatomy of the sphenopalatine artery and its implications for transnasal neurosurgery. Rhinology. 2018 Mar 1;56(1):82-88. doi: 10.4193/Rhin17.181. PMID: 29166425. **IF: 3,354**

Urban IA, Monje A, Wang HL, Lozada J, Gerber G, **Baksa G**. Mandibular Regional Anatomical Landmarks and Clinical Implications for Ridge

Augmentation. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2017 May/Jun;37(3):347-353. doi: 10.11607/prd.3199. PMID: 28402345. **IF: 1,249**

Szűcs Z, László CJ, **Baksa G**, László I, Varga M, Szuák A, Nemeskéri Á, Tassonyi E. Suitability of a preserved human cadaver model for the simulation of facemask ventilation, direct laryngoscopy and tracheal intubation: a laboratory investigation. *Br J Anaesth*. 2016 Mar;116(3):417-22. doi: 10.1093/bja/aev546. PMID: 26865134. **IF: 6,238**

Lendvai D, Morawski M, Négyessy L, Gáti G, Jäger C, **Baksa G**, Glasz T, Attems J, Tanila H, Arendt T, Harkany T, Alpár A. Neurochemical mapping of the human hippocampus reveals perisynaptic matrix around functional synapses in Alzheimer's disease. *Acta Neuropathol*. 2013 Feb;125(2):215-29. doi: 10.1007/s00401-012-1042-0. Epub 2012 Sep 9. PMID: 22961619; PMCID: PMC6485544. **IF: 9,777**