

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

KAPOSVÁRI EGYETEM
ÁLLATTUDOMÁNYI KAR
Diagnosztikai és Onkoradiológiai Intézet

A doktori iskola vezetője:
PROF. HORN PÉTER
az MTA rendes tagja

Témavezető:
PROF. BOGNER PÉTER
egyetemi tanár

Társ-témavezető:
DR. MIKLÓSI ÁDÁM
hab. egyetemi docens, az MTA
doktora

FUNKCIONÁLIS ÉS DIFFÚZIÓS MÁGNESES REZONANCIA KÉPALKOTÁS INTRACRANIALIS ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI KUTYÁBAN ÉS EMBEREN MÓDSZERTANI ASPEKTUSOK

Készítette:
TÓTH LILLA

KAPOSVÁR
2011

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

A képalkotó diagnosztika fejlődése az utóbbi évtizedekben töretlen, a képalkotó vizsgálatok a medicina számos területén ma már nem nélkülözhetők. A fenti fejlesztés jelentős része nem jöhetne létre állatmodell kísérletek nélkül. Ugyanakkor fontos realizálni azt, hogy vannak olyan, az emberi szervezetre ártalmatlan vizsgálati módszerek, ahol állatkísérletekre nincs szükség, hiszen közvetlenül emberen kipróbálhatók, tesztelhetők. Ilyen módszer a mágneses rezonancia képalkotás (MRI) is. Az MR-módszerek jelentős része tehát a humán alkalmazás után kerül kipróbálásra az állatvizsgálatokban.

Az állatokon történő MR-képalkotásnak alapvetően két fő „indikációja” figyelhető meg: (1) az állatorvosi és állattudományi diagnosztikai célú vizsgálatok és (2) az állatmodell kísérletek.

Az alkalmazott kutatások mellett lehetőség van az adott állatfaj szervezetének pontosabb strukturális és funkcionális megismerésére is. A kutya viselkedésének háttérben álló agyi funkciók lokalizációjának megismerése rendkívüli kihívást és egyben lehetőséget jelent.

A funkcionális MRI (fMRI) lehetőséget teremt az agyban megjelenő idegi aktivitás neurofiziológiai alapokon történő vizualizálására, a különböző intracerebrális funkciók vizsgálatára. Rendkívül érzékeny a mérés alatti mozgásokra, ezért módszertanának egyik kardinális kérdése az alany mozgásának minimalizálása. A diffúziós MRI a vízmolekulák mozgásáról ad információt. A diffúziós mérésből származó két, jelentős diagnosztikai erővel bíró paraméter a látszólagos diffúziós együttható (ADC) és a frakcionális anizotrópia (FA).

A szakirodalmi adatok szerint kutyákkal eddig kisszámú funkcionális és intracranialis diffúziós MRI történt, kivétel nélkül altatásban.

CÉLKITŰZÉSEK

- 1.1. Egy új vizsgálati módszer kidolgozása, mely semmiféle kényszerítést (altatást, kábítást és/vagy rögzítést) nem alkalmazva alkalmas éber kutyák MR-képkalkotására.
- 1.2. Ugyanazon kutyák éber és altatott állapotában készült MR-felvételek minőségének összehasonlítása új módszerünk validálása céljából.
- 1.3. Éber, nem rögzített kutyák fMR-vizsgálata, a vitális központok, és lehetőség szerint bizonyos szociokognitív területek lokalizálása.
2. Hazánkban elsőként sugárterápiát megelőző, a sugárterápiás tervezést segítő humán funkcionális MRI készítése, melynek eredményeképpen csökkenthető az életminőséget befolyásoló funkcionális központok sugárterhelése.
3. Egy idegsebészeti műtétet megelőző humán fMRI bemutatása azzal a céllal, hogy a humán vonalon már rutin eljárásnak tekinthető vizsgálatot hol és hogyan lehetne adaptálni az állatorvosi képkalkotó diagnosztikába.
- 4.1. Egészséges kutyák agyáról diffúziós MR-felvételek készítése, majd látszólagos diffúziós koefficiens (ADC) és frakcionális anizotrópia (FA) értékek számolása, elemzése a hemiszférikus aszimmetria vonatkozásában. A módszer összehasonlítása emberen végzett hasonló vizsgálattal, különös tekintettel az alkalmazott kiértékelő program használhatóságára.
- 4.2. Egy tágult oldalkamrákkal, többféle betegséggel rendelkező kutya agyáról diffúziós MR-felvétel készítése, majd az azokból számolt ADC- és FA-értékek összevetése az egészséges kutyákban mért értékekkel.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálatainkat a Kaposvári Egyetem Diagnosztikai és Onkoradiológiai Intézetében végeztük. A képalkotás 1,5 Tesla térerejű Siemens zárt MR scannerrel (Magnetom Avanto, Siemens Medical Solutions, Erlangen, Németország), vezérlése Siemens Syngo szoftver segítségével történt.

2.1. Éber kutyák mágneses rezonancia képalkotása

Alanyok: Az új metodika kidolgozása során négy kutyát tréningeztünk (két szuka, két kan; egy golden és egy labrador retriever, két keverék).

Tréning: Új módszerünk lényege egy speciális tréningorozat volt, amely során a kutyákat lépésről-lépesre tanítottuk meg a mozdulatlanul fekvésre a kívánt testhelyzetben, valamint az MR scanner zajának, rezgésének elviselésére. A tanítás pozitív megerősítésen alapult (klikker-tréning), soha nem alkalmaztunk kényszerítést vagy egyéb negatív megerősítésen alapuló képzési technikákat. Az MR-vizsgálatra való felkészítés napi pár perces képzéssel egy kutyánál körülbelül egy-másfél hónapot vett igénybe.

Képalkotás: A kutyák éber állapotban, kábítás, altatás és fizikai rögzítés nélkül vettek részt a vizsgálatban. Az anatómiai felvételek készítéséhez különböző T₁- és T₂-súlyozott szekvenciákat használtunk.

Az éber és altatott állapotban készült felvételek minőségének összehasonlítása: Az éber illetve altatott (kontroll) állapotban készült felvételeket felhasználva ROI-alapú analízist végeztünk (Region of Interest, mintaterület). Három paramétert számoltuk egy adott kép minőségének jellemzésére („szürkeállományra jellemző jel/zaj érték”, „fehérállományra jellemző jel/zaj érték”, kontraszt), melyek statisztikai analízisével vizsgáltuk, van-e szignifikáns különbség az éber és az altatott állapotban készült képek minősége között.

2.2. Funkcionális mágneses rezonancia képalkotás éber kutyában

Képalkotás: T₁-súlyozott MP-RAGE szekvenciával strukturális felvételsorozatot készítettünk (TR = 1160 ms, TE = 4,24 ms, szeletvastagság = 0,8 mm, kibillentési szög = 15 °, mátrixméret = 384 × 512, 192 transzverzális síkú szelet). A funkcionális képalkotás során kétdimenziós single-shot Echo-Planar Imaging (EPI) szekvenciát használtunk (TR = 2000 ms, TE = 50 ms, szeletvastagság = 3,5 mm, kibillentési szög = 60 °, mátrixméret = 64 × 64, 19 transzverzális síkú szelet).

1. paradigma: jutalomfalat képe projektorról vetítve. A nyugalmi szakaszban szürke képernyőt, az aktív szakaszban a jutalomfalatot tartalmazó tányér/tál/zacskó képét vetítettük projektorról.

2. paradigma: szomatoszenzoros ingerlés. A nyugalmi szakaszokban a kutya hason feküdt, nem kapott semmilyen ingert vagy feladatot. Az aktív szakaszokban egy, a kutya számára ismerős ember simogatta a kutya hátát.

Adatfeldolgozás: FMRI adataink feldolgozásához a Statistical Parametric Mapping (SPM5) programot használtuk. Az előfeldolgozás után általános lineáris modellt (GLM) állítottunk fel, majd a szignifikáns szignálváltozások statisztikai detektálásához t-próbát használtunk.

2.3. Humán funkcionális mágneses rezonancia vizsgálatok

2.3.1. fMRI információk integrálása sugárterápiás tervezésbe – esetbemutató

Alanyunk: Harminckét éves nő epileptiform rosszullétekkel, a bal parietooccipitalis régiójában malignus daganattal. A posztoperatív

koponya MR-felvételeken reziduális tumor volt látható, ezért a kezelőorvosok sugárterápia mellett döntöttek.

Képalkotás: Az fMRI során single-shot EPI szekvenciát használtunk (TR = 3140 ms, TE = 50 ms, szeletvastagság = 4 mm, kibillentési szög = 60 °, mátrixméret = 64 × 64, 30 × 170 axiális síkú szelet). A strukturális felvételesorozatot készítéséhez MP-RAGE szekvenciát alkalmaztunk (TR = 1160 ms, TE = 4 ms, szeletvastagság = 0,8 mm, kibillentési szög = 15 °, mátrixméret = 512 × 432, 192 koronális síkú szelet).

Paradigmák: A vizsgálat során három paradigmát alkalmaztunk: a beszédértés központjának, a szomatoszenzoros kéregnek és egy kognitív agyi tevékenység által kiváltott aktiváció lokalizációja céljából.

Adatfeldolgozás: SPM5 szoftvert alkalmaztuk, mellyel az előfeldolgozás után általános lineáris modellt (GLM) állítottunk fel, majd a szignifikáns szignálváltozások statisztikai detektálásához t-próbát használtunk.

Sugárterápia tervezése: A tervezést sugárfizikusok végezték XiO (CMS Inc., St. Louis, MO, 4.34-es verzió) tervezőprogram segítségével. Három különböző módszerrel készültek tervek, melyek eredményét dózistérfigat hisztogramok segítségével hasonlítottuk össze.

2.3.2. fMRI információk felhasználása idegsebészeti műtét tervezéséhez – esetbemutató

Alanyunk: 31 éves férfi beteg, akinél az oldalkamrát kitöltő, a frontális, temporális lebenybe és a hátsó koponyagödörbe terjedő tumort találtak, melyet két lépésben műtéti úton parciálisan eltávolítottak. A reziduum növekedése miatt az idegsebészek újabb műtét elvégzését tervezték, melynek tervezéséhez kérték a funkcionális MR-vizsgálatot.

Képalkotás: A strukturális felvétel-sorozatot készítéséhez MP-RAGE szekvenciát alkalmaztunk (TR = 1160 ms, TE = 4 ms, szeletvastagság = 0,8 mm, kibillentési szög = 15 o, mátrixméret = 512 × 384, 192 koronális síkú szelet). Az fMRI-hez EPI szekvenciát használtunk (TR = 3020 ms, TE = 50 ms, szeletvastagság = 5 mm, kibillentési szög = 60 o, mátrixméret = 64 × 64, 30 × 170 axiális síkú szelet).

Paradigma: A mozgatókéreg lokalizációjához egy módosított „finger-tapping” vizsgálatot végeztünk, ahol a beteg nem csak az ujjait, hanem a kézfejét is mozgatta az aktív szakaszokban.

Adatfeldolgozás: Az adatok feldolgozását az „fMRI információk integrálása sugárterápiás tervezésbe” című résznél (2.3.1. alfejezet) ismertetett módon végeztük.

2.4. Diffúziós mágneses rezonancia képalkotás kutyában

Alanyok: Vizsgálatunkban 15 intracranialisan egészséges kutya vett részt (3 szuka, 11 kan; átlag életkor: $7,32 \pm 3,85$ év; egy kutyáról nincs adat).

Képalkotás: Spin echo EPI szekvenciát alkalmaztunk (TR = 10 000 ms, TE = 118 ms, szeletvastagság = 3 mm, kibillentési szög = 90 °, mátrixméret = 256 × 256, FoV = 300 mm², b = 700 s/mm²). A mért irányok száma 12 + 1 (b = 0 s/mm²) volt.

Adatfeldolgozás: Látszólagos diffúziós együttható (ADC) és frakcionális anizotrópia (FA) térképeket kalkuláltattunk a DTI Studio szoftver segítségével. ROI-alapú analízist végeztünk a frontális fehérállomány és laterális agykamra régiójában, majd mért ADC- és FA-értékeket elemeztük statisztikailag.

Egészséges vs. beteg kutya ADC- és FA-értékeinek összehasonlítása: Az esetlegesen megváltozott diffúziós viszonyok és a módszer beteg

állatokon való alkalmazhatóságának vizsgálata céljából az egészséges kutyák csoportjának átlagadatait összevetettük egy beteg kutyában mért átlag ADC- és FA-értékekkel.

3. EREDMÉNYEK

3.1. Éber kutyák mágneses rezonancia képalkotása

3.1.1. A tréning sikeressége

Az általunk kidolgozott tréningorozat hatékonynak bizonyult: a kutyák megtanulták a kívánt pozícióban való (rögzítés és kábítás nélküli) mozdulatlan fekvést. Az éber kutyák MR-képalkotása során az átlagos elmozdulás 0,5–1,0 mm és 0,1–2,0 fok között mozgott, ami átlagosan 5-6 perc alatt jött létre a kutyák fejhelyzetében.

3.1.2. Az éber és altatott állapotban készült felvételek minőségének összehasonlítása

Egyik paraméter esetében sem találtunk szignifikáns különbséget az éber és altatott állapotban készült felvételek értékei között.

3.2. Funkcionális mágneses rezonancia képalkotás éber kutyában

3.2.1. Jutalomfalat képe projektorról vetítve

Aktivációt kaptunk a nucleus caudatusban (emberben a jutalmazó rendszer része), illetve a lobus occipitalisban (látókéreg).

3.2.2. Szomatoszenzoros ingerlés

Aktiváció jelent meg a jobb oldali szomatoszenzoros kéregben és a nucleus caudatusban.

3.2.3. Módszertani tapasztalatok

Mindegyik alanyunk nyugodtan viselkedett az fMRI mérések alatt, soha nem mutattak abnormális mértékű félelmet. Számos szempontot figyelembe kellett venni az éber kutya fMR-vizsgálat tervezésekor és kiértékelése során.

3.3. Humán funkcionális mágneses rezonancia vizsgálatok

3.3.1. fMRI információk integrálása sugárterápiás tervezésbe – esetbemutató

Az fMRI eredménye:

Első paradigma: a legkiterjedtebb összefüggő aktivációt a jobb oldali középső temporalis gyrus területén kaptuk. A tumor és ödéma által érintett bal hemiszfériumban diszlokált aktivációt találtunk, az ödémától cranialis irányba kissé eltolva, a középső temporalis gyrusban.

Második paradigma: a legerősebb aktivációt a jobb féltekében kaptunk, a gyrus postcentralis alsó részén.

Harmadik paradigma: a legerősebben az alsó parietális, angularis, supramarginalis régióban, a lebenyek határterületén, az ödéma következtében kissé diszlokáltan történt aktiváció, valamint a hippocampus széli részén.

Rizikószervek definiálása: A funkcionális MRI eredménye alapján négy rizikószervert definiáltunk a tumorhoz képest kontra-laterálisan: a superior temporalis gyrus, a középső temporalis gyrus, a linguális gyrus és a superior frontális gyrus területén.

A sugárterápiás tervek összehasonlítása: Az fMRI információk felhasználásával készült 3D konformális, illetve IMRT terv alapján körülbelül 50%-kal kisebb átlag sugárdózist kaptak a funkcionális rizikószervek az fMRI információkat nem használó 3D tervhez képest.

3.3.2. fMRI információk felhasználása idegsebészeti műtét tervezéséhez – esetbemutató

A kiértékelés során lokalizálni tudtuk mindkét féltekében a mozgatókérgyet (precentralis gyrus). Az axiális síkú szeleteken jól látható volt, hogy a daganatos, térfoglaló folyamat nem érintette a mozgatóközpontot.

3.4. Diffúziós mágneses rezonancia képalkotás kutyában

3.4.1. ADC- és FA-értékek elemzése

A független változók tekintetében nem találtunk szignifikáns különbséget. Az átlag ADC- és FA-értékeket tekintve egyik területnél sem találtunk szignifikáns különbséget a jobb és bal oldali hemiszfériumban mért adatok között. A humán adatokkal való összevetés alapján a kutya és ember agyában mért ADC- és FA-értékek nagyságrendileg megfelelnek egymásnak.

3.4.2. Egészséges vs. beteg kutya ADC- és FA-értékeinek összehasonlítása

Demonstráltuk, hogy mód van beteg állat agyában is ADC- és FA-értékek mérésére; a beteg kutya ADC- és FA-értékei eltértek az egészségesekétől.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

Egy világviszonylatban is új vizsgálati módszert dolgoztunk ki kutyákon, mellyel lehetőség nyílik éber, nem rögzített kutyák teljesen noninvazív MR vizsgálatára. Az általunk betanított kutyákról éber és altatott állapotban készült strukturális felvételek minősége között nem találtunk szignifikáns különbséget, és az fMRI során többféle modalitásban értelmezhető aktivációkat kaptunk. Ezzel a módszerrel vizsgálva a kutyát számos olyan kérdésre választ kaphatunk, melyek megválaszolására altatott, kábított állatok esetén nincs lehetőség.

Emberen végzett tanulmányunk eredményei azt mutatták, hogy az fMRI információk integrálhatók a konvencionális 3D alapú sugárkezelés tervezésébe, így lehetővé válik a funkcionális területek megkímélése a célterület maximális ellátása mellett.

Másik humán fMR-vizsgálatunk is eredményesnek bizonyult, mert a beteg kooperációjával lokalizálni tudtuk mindkét féltekében a mozgatóközpontot, ami az idegsebészeti beavatkozás tervezésénél plusz információt jelentett.

A kutyákon végzett intracranialis diffúziós MR-vizsgálatunk eredménye több szempontból is hasonló az Intézetünkben embereken végzett diffúziós MRI eredményéhez: nem találtunk sem az ADC-, sem az FA-értékek esetében a hemiszférikus aszimmetriára utaló különbséget, a kutyában mért értékek nagyságrendileg megfeleltek a humánnak. A DTI Studio alkalmazsának bizonyult a kutyaagy diffúziós felvételeinek értékelésére, bár a három vizsgálati sík képminősége között jelentős különbséget találtunk, ami nehezítette az egyes képletek lokalizálását.

5. ÚJ KUTATÁSI EREDMÉNYEK

- 1.1. Semmiféle kényszerítést (altatást, kábítást és/vagy rögzítést) nem alkalmazó vizsgálati módszert dolgoztunk ki, mely alkalmas éber kutyák MR képalkotására. Ismereteink szerint ilyen mértékben noninvazív kutya MR-képalkotást mi végeztünk a világon elsőként.
- 1.2. Igazoltuk új vizsgálati módszerünk alkalmazhatóságát ugyanazon kutyák éber és altatott állapotban készült MR-felvételeinek összehasonlításával.
- 1.3. Különböző ingereket alkalmazva éber, nem rögzített kutyákban végeztünk funkcionális MR-vizsgálatokat.
2. Elemeztük, hogy a humán klinikai praxisban rutinszerűen működő funkcionális és diffúziós MR-vizsgálatok mennyire és milyen adaptációkkal alkalmasak kutyák vizsgálatára.
3. Módszertani tapasztalatokat gyűjtöttünk bizonyos, a humán gyakorlatban alkalmazott fMRI és DTI kiértékelő eljárások használhatóságáról kutyában.
4. Egészséges kutyák agyáról diffúziós MR-felvételeket készítettünk, majd látszólagos diffúziós koefficiens (ADC) és frakcionális anizotrópia (FA) értékeket számoltunk a frontális fehérállomány és a laterális agykamra területén elhelyezett jobb és bal oldali mintaterületeken (ROI-kban). A kapott értékeket az aszimmetria vonatkozásában elemeztük, és humán adatokkal is összevetettük.

6. JAVASLATOK (ELMÉLETI ÉS GYAKORLATI FELHASZNÁLÁS)

6.1. Kutatási eredményeink elméleti és gyakorlati hasznosítása

Az általunk kidolgozott tréningorozat eredményeképpen lehetőség nyílik éber kutyák rögzítés és altatás nélküli MR vizsgálatára. Így olyan stimulációk is kivitelezhetőek, melyre az altatott állatok esetében nincs lehetőség. Nem kell számolni az állat rögzítéséből eredő stresszel, az anesztetikumok agyi aktivációt módosító hatásával, és állatvédelmi szempontok sem szólnak ellene.

Az éber kutyák MR-képkalkotása során szerzett módszertani tapasztalataink felhasználhatóak akár más fajok hasonló vizsgálataihoz, különös tekintettel a paradigma-tervezésre és az adatok kiértékelésre.

A dolgozatomban bemutatott két humán fMRI irányt mutat e vizsgálóeljárás állatorvosi célú képkalkotó diagnosztikába való adaptációs lehetőségeit illetően.

A diffúziós MRI kiértékeléshez használt DTI Studio alkalmas a kutyaagy diffúziós felvételeinek értékelésére.

6.2. Továbblépési lehetőségek

A bemutatott humán fMRI állatorvosi diagnosztikai felhasználásra való adaptációja Intézetünk reális célja lehet. Ezen ellátás képkalkotó diagnosztikai protokolljának része lehet az fMRI is az intracranialis eseteknél.

A kutyákon végzett diagnosztikai MR-vizsgálatok során a diffúziós szekvenciák segíthetnek egyes patológiás elváltozások kimutatásában. Ezek a szekvenciák szélesebb körben alkalmazhatók állatkísérletek során is, például a sugárterápiás eljárásoknál a beavatkozás biológiai hatásainak kimutatására.

7. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBŐL MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

Tudományos közlemények

Közlemény idegen nyelven

- › KOVÁCS, Á. – TÓTH, L. – GLAVÁK, CS. – LAKOSI, F. – HADJIEV, J. – BAJZIK, G. – VANDULEK, CS. – REPA, I.: Integrating functional MRI information into radiotherapy planning of CNS tumors-early experiences. *Pathology and Oncology Research*, 2011. 17(2): 207–217. (IF₂₀₀₉: 1.152)

Közlemények magyar nyelven

- › TÓTH L. – PETRÁSI ZS. – BOGNER P.: A mágneses rezonanciás képalkotás (MRI) alkalmazási lehetőségei az állattudományokban. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 2008. 130(4): 247–254. (IF: 0.088)
- › TÓTH L. – GÁCSI M. – MIKLÓSI Á. – BOGNER P. – REPA I.: Neuroetológia – avagy a kutyák viselkedésének tanulmányozása funkcionális MRI-vel. *Animal welfare, etológia és tartástechnológia*, 2008. 4(2): 700–706.
- › WALTER N. – HORVÁTH I. – VANDULEK CS. – BERÉNYI E. – BOGNER P. – TÓTH L.: Hemisphaericus aszimmetria megjelenése a humán agy diffúziós paramétereiben. *Clinical Neuroscience (Idegyógyászati Szemle)*, 2009. 62(3–4): 136–140.

Könyv, könyvfejezet

Könyvfejezet magyar nyelven

- › TÓTH L. – BOGNER P. – MIKLÓSI Á. – GÁCSI M. – REPA I.: Kutyák (*Canis familiaris*) szociális kogníciójának vizsgálata fMRI segítségével – egy induló kutatás első lépései. In: MUND K. – KAMPIS GY. (szerk.): *Tudat és*

elme. A 16. magyar kognitív tudományi konferencia előadásai. Budapest: Typotex, 2007. 209–220. o.

Absztraktok

Hivatkozható absztraktok idegen nyelven

- › **TÓTH, L.** – GÁCSI, M. – MIKLÓSI, Á. – BOGNER, P. – REPA, I.: Awake dog brain MRI. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*, 2009. 4(2): 50. **(IF: 0.698)**
- › KOVÁCS, Á. – LAKOSI, F. – GLAVÁK, CS. – ANTAL, G. – HADJIEV, J. – **TÓTH, L.** – LIPOSITS, G. – TOLLER, G. – REPA, I.: Integrating Functional MRI Information into Radiotherapy Planning of CNS Tumors. [Poster. 29th Congress of European Society for Therapeutic Radiology and Oncology. Barcelona/Spain, 12–16th September 2010.] *Radiotherapy and Oncology*, 2010. 96(Suppl. 1): 263. **(IF₂₀₀₉: 4.343)**

Konferenciakiadványban megjelent absztraktok idegen nyelven

- › **TÓTH L.** – GÁCSI M. – MIKLÓSI Á. – BOGNER P. – REPA I.: Brain MRI of awake dog – the methodological aspects = Éber kutya MRI, módszertani vonatkozások. [Magyar Neuroradiológiai Társaság 16. kongresszusa. Debrecen, 2007. október 25–27.] In: *Magyar Neuroradiológiai Társaság 16. kongresszusa absztraktok*. 48–49. o. (Angol és magyar nyelven is megjelent)
- › **TÓTH, L.** – GÁCSI, M. – MIKLÓSI, Á. – BOGNER, P. – REPA, I.: The methodological aspects of awaken dog brain MRI. [Poster. Joint East and West Central Europe ISAE Regional Meeting. Bratislava/Slovakia, 15–17th May 2008.] In: *Proceedings of Joint East and West Central Europe ISAE Regional Meeting*. P. 59.
- › **TÓTH, L.** – KOVÁCS, Á. – GLAVÁK, CS. – LAKOSI, F. – HADJIEV, J. – WALTER, N. – REPA, I. – BOGNER, P.: Integrating functional MRI information into 3D based conformal radiotherapy planning of CNS tumors

(Case study) = Funkcionális MRI információ integrálása a modern 3D alapú, nagy pontosságú sugárterápiás tervezésbe (Esetbemutatás). [Magyar Neuroradiológiai Társaság 17. kongresszusa. Pécs, 2008. november 6–8.] In: *Magyar Neuroradiológiai Társaság 17. kongresszusa. Absztraktkötet.* 34–35. o. (Angol és magyar nyelven is megjelent)

Hivatkozható absztraktok magyar nyelven

- › **TÓTH L.** – GÁCSI M. – MIKLÓSI Á. – BOGNER P. – REPA I.: Éber kutyák MR-vizsgálata – humán analógia? [Poszter. Magyar Radiológus Társaság 24. kongresszusa. Pécs, 2008. június 26–28.] *Magyar Radiológia*, 82(3–4): 143.
- › KOVÁCS Á. – HADJIEV, J. – LAKOSI F. – LIPOSITS G. – **TÓTH L.** – GLAVÁK CS. – REPA I. – BOGNER P.: A központi idegrendszeri tumorok 3D alapú, funkcionális MRI információon alapuló besugárzástervezése. Korai tapasztalatok. [Magyar Sugárterápiás Társaság 9. kongresszusa. Pécs, 2009. május 21–23.] *Magyar Onkológia*, 2009. 53: 205.
- › WALTER N. – VANDULEK CS. – BERÉNYI E. – BOGNER P. – **TÓTH L.**: Hemisphaericus aszimmetria megjelenése a humán agy diffúziós paramétereiben. [Magyar Radiológusok Társaságának 25. kongresszusa. Kaposvár, 2010. július 1–3.] *Magyar Radiológia*, 2010. 84(2): 115.

Konferenciakiadványban megjelent absztraktok magyar nyelven

- › FELDMANN Á. – KOTÉK GY. – **TÓTH L.** – MIKE A. – PFUND Z. – TRAUNINGER A. – KOVÁCS N. – ILLÉS ZS. – BOGNER P. – NAGY F.: A funkcionális MRI kutatási és klinikai diagnosztikus alkalmazásai. [„Tudat és elme” 14. MAKOG konferencia. Tihany, 2006. január 25–27.] In: „*Tudat és elme*” 14. MAKOG konferencia absztraktkötet. 9. o.
- › **TÓTH L.** – GÁCSI M. – MIKLÓSI Á. – BOGNER P. – REPA I.: Éber kutya MRI. Magyar Etológiai Társaság 10. jubileumi kongresszusa. [Göd, 2007.

november 30 – december 1.] In: *Magyar Etológiai Társaság 10. jubileumi kongresszusa*. 23–24. o.

Előadások

Előadások magyar nyelven

- › KOVÁCS Á. – **TÓTH L.** – BAJZIK G. – LAKOSI F. – VANDULEK CS. – HADJIEV, J. – GLAVÁK CS. – REPA I.: Az fMRI alapú 3D besugárzástervezés lehetőségei agyi besugárzások esetén. *Magyar Radiológusok Társaságának 25. kongresszusa*. Kaposvár, 2010. július 1–3.
- › KOVÁCS Á. – **TÓTH L.** – VANDULEK CS. – HADJIEV, J. – REPA I.: A központi idegrendszeri tumorok 3D-alapú, funkcionális MRI információon alapuló besugárzás tervezése. *MRE szakasszisztensi továbbképzés*. Budapest, 2010. november 16.

Ismeretterjesztő közlemény

TÓTH L.: fMRI alkalmazása a kutatásban, Ha a vizsgálat tárgya a kutya agya. *Élet és Tudomány*, 2006. 61(49): 1542–1544.