

A képkotó diagnosztika jövőképe: egy nézőpont

Fórizs Szabolcs, Philips Magyarország Kft.

A címben megjelölt – és a nézőpont szóval némileg oldott – témakör mérhetetlenül átfogó, egyetlen rövid cikk keretein belül semmiképpen nem tárgyalható a teljesség igényével. A képkotó diagnosztikai berendezések fejlesztői, gyártói oldaláról a szerző mégis megpróbál összefoglalni néhány talán triviális, néhány sokak számára azonban kevésbé ismert ismeretet, feltételezve, hogy a rendszerbe foglalás az orvosi, felhasználó oldal részére is nyújthat segítséget, eligazodást ezen a rohamosan fejlődő orvos-mérnöki határterületen. Sok témakörben a jelenlegi állapotról szól az összefoglaló, másról a várható fejlődési irányokról. Tekintve azonban a sokszor követhetetlen iramú technikai fejlődést és az egyes térségek közötti különbséget ezen fejlesztések adoptálási szintjében, amit mint jelen technikai szintet fogok említeni, az másoknak még talán a néhány éves jövő.

BEVEZETŐ

Kezdjük talán azzal, hogy mi is a képkotó diagnosztika? A latin eredetű diagnosztika, avagy magyarul kórisme, valamilyen tünet, tünetcsoport alapján történő betegség felismerés, megállapítás, pozitív vagy negatív eredménnyel. A képkotó diagnosztika ezen tevékenység alcsoportja, amikor is leképezhető tünetek alapján történik a diagnosztizálás. A napi gyakorlatban a képkotó diagnosztika alatt általában az emberi szem által, külsőleg nem látható régiókról történő képkotás értendő. Főbb fajtái a nem látható elektromágneses hullámhossztartományokon (infravörös illetve leggyakrabban röntgen tartomány) történő képkotás, az akusztikus hullámok terjedésén és visszaverődésén alapuló képkotás, illetve az elemi részecskék, ezen keresztül a testet alkotó molekulák (elsősorban víz) mágneses tulajdonságaira alapuló képkotás, jellemzően a test belső részeiről. A leggyakrabban használt, röntgensugárzásra alapuló képkotó diagnosztika további fontos csoportokra osztható, többek között a röntgen forrás elhelyezkedése szerint (külső, vagy testen belüli sugárzó, ez utóbbi esetben gamma sugárzó), a képkotás jellege szerint (2D azaz vetületi, vagy 3D, mely természetesen használható 2D képkotásra is), valamint megkülönböztethetünk statikus illetve dinamikus képkotást, bár mint látni fogjuk, ez utóbbi megkülönböztetés kezd a technológiai fejlődésnek köszönhetően eltűnni. Még egy alapvető csoportosítást kell megemlítenünk a képkotó diagnosztikát illetően, mégpedig a morfológiai illetve funkcionális képkotást, mely utóbbi esetben a testben, mint élő szövetekben zajló folyamatokról nyerhetünk képi információt, ezzel a patológiás elváltozásokkal járó funkcionális zavarok képkotása valósítható meg.

Ezek után talán legcélravezetőbb, ha a képkotó diagnosztikával kapcsolatos általános tendenciákból kiindulva részletesebben elemezzük az egyes képkotó diagnosztikai berendezés csoportok (modalitások) jellemzőit, mind műszaki-technológiai, mind pedig klinikai-orvosszakmai szempontból, és a jelenlegi állapotokból (mely egy gyorsan fejlődő területen igen nehezen elcsíphető fogalom) megpróbáljuk a közeljövőben, esetleg nagyobb távlatokban sejtethető fejlődési irányokat felvázolni.

ÁLTALÁNOS TENDENCIÁK

A képkotó diagnosztika az orvosi és mérnöki tudományok határterülete, ennek megfelelően mindkét tudományág fejlődése megjelenik benne, sokszor szétválaszthatatlan módon, ezért nem meghatározható, hogy egy adott fejlődési irányt a műszaki, vagy a klinikai előrelépések indukálnak, még akkor sem, ha elsősorban a technológiai fejlesztések felől közelítjük a témát.

Az általános képkotáshoz (pl. fényképezés, filmezés) hasonlóan a képkotó diagnosztikában is alapvető tendencia a digitális alapú működésre való áttérés, melynek egyik eredménye az oly divatosan hangoztatott 100%-osan filmmentes működés lehet. A digitális alapú működés a képkotás minőségének növelésén, és a digitális képfeldolgozás nyújtotta végtelen sok lehetőségen (posztprocesszálas!) túlmenően biztosítja a teljes körű integrációt, mely végső soron a munkafolyamatok optimalizálását teszi lehetővé. A jövő kórházában technológiai megoldástól függetlenül bárhol, bármikor lekérdezhetőek egy adott páciens teljes életét felölelő egészségügyi adatok (EPR), beleértve a képkotó eszközök által készített felvételeket és azok kiértékelését, a leletek, természetesen a megfelelő hozzáférési jogosultság esetén. Mindennek alapfeltétele azonban a teljesen digitális alapú működés az egészségügyi ellátás minden területén.

Mivel képkotásról beszélünk, a technológiai fejlődés egyik legfőbb mércéje a képminőség, ezen keresztül pedig a diagnosztikai információ tartalom. A képkotás minőségének alapvető mérőszáma a felbontóképesség, ezen belül a térbeli, időbeli és kontraszt felbontás, értelemszerűen ezek optimalizálása egy soha véget nem érő fejlesztési folyamat. Mivel az emberi test egy három dimenziós térbeli „objektum”, ezért a képkotás feladata is ezen 3D adathalmaz feltérképezése (akvizíciója) és tetszőleges leképezésének megvalósítása, túl a hagyományos 2D vetületek illetve metszetek megjelenítésén. Az emberi testnek optimális esetben további tulajdonsága, hogy „élő objektum”, mely a mozgási műtermékeken keresztül ugyan nehezíti a képkotást (itt jelentkezik az időbeli felbontóképesség szerepe), de egyúttal teret

nyit a morfológiai mellett a funkcionális képalkotás számára is. Mindez a testben zajló folyamatok, ezen belül elsősorban a patológiás folyamatok megjelenítését teszi lehetővé, mely korunk egyik legdinamikusabban fejlődő és legizgalmasabb területe. A képalkotó berendezések rendkívül gyors technológiai fejlődése egyértelmű adatrobbanást eredményez, azaz jelenleg jóval több információt nyerhetünk egyetlen vizsgálat során, mint amennyit hatékonyan fel is tudunk dolgozni a racionálisan rendelkezésre álló idő és erőforrás keretein belül. Ez rendkívüli hajtóerőként jelentkezik a fejlesztő cégek számára a képfeldolgozó eljárások, klinikai szoftverek fejlesztésére. Az adatárdatot nem csak hatékonyan feldolgozni, de archiválni is kell, ami az informatikai rendszerekre (PACS) is egyre nagyobb kapacitás terhelést ró.

A sebességről, mint az időbeli felbontóképességen keresztül a képminőséget befolyásoló tényezőről már tettünk említést, de maga a teljes vizsgálat elvégzésének sebessége is fontos paraméter a képalkotó diagnosztikai munkafolyamat szempontjából, és nem csak gazdaságossági oldalról tekintve (betegáteresztő képesség). A vizsgálatok idejének minimalizálása ugyancsak alapvető tendencia.

A következő témakör már sok-sok éve a berendezés gyártók reklámszázalóin lengedez, mégpedig a „felhasználó központú” kialakítás. Szabadjon használni a „design” kifejezést, mely a legkorszerűbb csúcstechnológiát magában rejtő berendezéseknél is egyre hangsúlyosabban megjelenik, és immár valódi értelmet nyer a felhasználó és a páciens optimális környezetének kialakítása, az ehhez leginkább illeszkedő berendezés. Egyes gyártók odáig eljutottak ezen az úton, hogy túl a berendezés felhasználóbarát kialakításán, a vizsgáló helyiség speciális kialakítását, design-ját is felajánlják, és ez egy meghökkentően emberközpontú, jelenleg talán még futurisztikus, de egyedülállóan barátságos kialakítást eredményez. Tanulmányok tucatjait lehetne arról készíteni, mekkora különbséget jelent egy rideg, idegen, sokszor ijesztő, vagy egy meleg, testre szabható, természetesen barátságos, ember központú környezet akár a vizsgálatok, akár az intervenciók beavatkozások során. Az ilyen kialakítás a nyugodtabb pácienseken és kiegyensúlyozottabb felhasználókon keresztül feltétlenül nagyobb hatékonyságot biztosít mind a diagnosztikai, mind a gyógyászati tevékenységek esetén.

Mivel a képalkotó diagnosztikai vizsgálatok rendszerint a nem látható fénytartományban történnek, sőt mint feljebb láttuk, nem csak fény (elektromágneses hullámok) segítségével, az emberi testnek a képalkotáshoz szükséges ezen „átvilágítása” egy nem természetes behatásnak tekinthető, mely feltehetően negatív élettani hatással bír. A röntgensugárzásról egyértelműen bizonyított az akkumulálódóan káros hatás, de vehetjük a bátorságot kijelenteni, hogy sem a természetes környezetben nem tapasztalható több Tesla nagyságú mágneses tér, sem a nagy intenzitású és frekvenciájú akusztikus hullámok nem tesznek jót az emberi szervezetnek, noha ez utóbbiak káros hatása mind a mai napig nem bizonyított. Mindezek értelemszerűen készítetik a berendezés fejlesztőket a pácienseket, illetve felhasználókat érő ká-

ros dózisterhelés folyamatos minimalizálására, szem előtt tartva az ALARA (As Low As Reasonably Achievable) elvet, azaz optimumot keresve a káros behatás (negatívum) és az ennek nagyságával valamelyest egyenes arányban álló képi diagnosztikai információ (pozitívum) között.

A képalkotó diagnosztika az egészségügyi ellátás egyik igen jól jövedelmező ága, már amennyiben üzleti tevékenységként kezelik. Egy jól működő, egészséges egészségügyi rendszerben is megjelenik a képalkotó diagnosztika üzleti oldala, melynek végterméke a diagnózis, illetve lelet. Gondot csak az jelent, ha az üzleti szemlélet kerül túlsúlyba. A berendezés gyártók oldalán állandó erő-átcsoportosítások tapasztalhatók, cégösszeolvadások, felvásárlások, esetleg cégbezárások. Feltörekvőben vannak a kínai fejlesztő-gyártó cégek is, egyre több piacvezető helyezi ki gyártásának egyes elemeit a távol-keletre, és a „kínai kacat” amitől ma még kicsit talán bizalmatlanul ódzkodunk, holnap már elterjedt és elfogadott csúcsmínőség lehet.

Az általános tendenciák teljességteljesen nélkülöző számbavétele után térjünk rá az egyes modalitások tárgyalására, a jelenlegi technikai szintek elemzésére és a fentiekben tárgyalt fejlődési irányok konkrét megjelenésére az egyes modalitásokon belül. A modalitásokat megpróbáljuk először definiálni, mégpedig a bevezetőben leírtaknak megfelelően. Ha jól sikerültek a definíciók, néhány érdekes következtetést is levonhatunk.

CT (SZÁMÍTÓGÉPES TOMOGRÁFIA)

Definíció szerint külső röntgen sugárforráson alapuló 3D képalkotás, statikus (vagy dinamikus), morfológiai (vagy funkcionális) képalkotás. Noha a képalkotó diagnosztikában a „kályhát” a hagyományos röntgen berendezések jelentik, mégis a CT-vel kezdeném, melyet számos nemzetközi elemző cég az elmúlt évek egyik legfontosabb és leggyorsabban fejlődő technológiájának tart. A hagyományos terminológia, miszerint a CT egy „metszeti képalkotó eszköz”, mára teljesen idejét múlt, a korszerű CT berendezések teljes mértékben térbeli adatgyűjtést képesek végezni, melyből teljesen tetszőleges és ekvivalens minőségű metszeti képek is alkothatóak, de közvetlenül a nyersadatokból bármilyen egyéb rekonstrukció is végezhető. Ez az oka annak, hogy igazából nem kell véresen komolyan venni a jelenleg dúló „szeletháborút”, nem maga a szeletszám az, ami egy CT berendezést alapvetően minősít, hiszen az egy időben mért szeletek számát nem is minden gyártó definiálja ugyanúgy. Van négy paraméter, ami alapvetően jellemzi egy adott CT képességeit, ez pedig az RSVP (Resolution, Speed, Volume, Power).

A felbontás (R) kapcsán elmondható, hogy a CT berendezések esetében a térbeli felbontás immár izotropikus, jellemzően akár 0,5 mm alatti értékkel, az időbeli felbontás a fejlett, adaptív kapuzó technikák és megfelelő algoritmusok alkalmazásával 50 ms alatti lehet, és noha mindkét felbontás folyamatos javulása várható, már ezen a szinten is messze menően kiváló képalkotást biztosítanak (sokak már most felvetik a „túldiagnosztizálás” veszélyét). A kontraszt felbontás

a szöveti differenciáláson keresztül egy izgalmas területre vezet át, a több energiaszinten történő képalkotásra. A röntgensugár elnyelésen alapuló képalkotás mindezidáig egyetlen hullámhossz mérésére alapult, noha minden anyag, molekuláris szerkezetének megfelelően más-más elnyelési tulajdonságokkal rendelkezik a különböző elektromágneses hullámhosszokon. Míg a látható fénytartományban egyszerűen maguk a különböző színek, az infravörös tartományban a spektroszkópokkal mért spektrumok és az ezek alapján történő képalkotás jelenti a több energiaszintes képalkotást, a CT technológiában, a röntgen sugárzás hullámhossztartományában ez egy még jóval nehezebben megoldható feladat. Jelenleg két röntgenszó és két detektor segítségével valósítható meg két különböző energiaszinten történő akvizíció alapján a képalkotás, mely a szöveti differenciálásban ugrásszerű előrelépést hozhat. A CT berendezések technológiai fejlődése elkerülhetetlenül a több energiaszintes, röntgen tartománybeli spektrális képalkotás felé fog fejlődni, melyhez szükséges röntgensugár forrás és detektor rendszer kifejlesztése még a jövő titka.

A sebesség (S) szintén szóba került már, mind az időbeli felbontás, mind a vizsgálati sebesség vonatkozásában. Az időbeli felbontás, illetve az időegység alatt feltérképezhető térfogat nagysága a mozgó képletek (szív, tüdő) képalkotásánál kulcsfontosságú, egy korszerű CT berendezés másodpercenként akár 10 cm kiterjedésű térfogat feltérképezésére is képes, így egy teljes mellkas vizsgálat is könnyedén megvalósítható még légzésvisszatartásban korlátozott betegek esetén is. A vizsgálatok ideje ennek megfelelően nagymértékben csökkenthető, nem csak magának a scan időnek a csökkentésével, hanem a rekonstrukciós és képfeldolgozási folyamatok gyorsításával, külön munkaállomás(ok)on történő elvégzésével. A jelenlegi sebességek további jelentős növelése várható, új leképezési geometriák kifejlesztése esetén (lásd alább).

A térbeli **lefedettség (V)** szerepe CT esetében az időegység alatt feltérképezhető térfogat nagysága miatt fontos, így szorosan összefügg a sebességgel, a két paraméter együttesen jellemzi az adott berendezést. A korszerű detektorok a hátsó megvilágításos detektortechnológiának (BIP) köszönhetően tetszőlegesen bővíthetők minden irányban, azaz tetszőleges méretűek lehetnek. A z-irányú lefedettség növelésének jelenleg a pontszerű röntgensugárforrás szab határt, mivel a nyaláb szétterülés egy bizonyos határon túl nem korrigálható a képminőség számottevő romlása nélkül. Mi a megoldás? Talán vonalszerű röntgensugárforrás, talán új képrekonstrukciós algoritmusok, talán valami más, de a térbeli lefedettség számottevő növelése egész biztosan a technológiai fejlesztések egyik fő csapásvonala lesz.

Az adott képminőség eléréséhez szükséges dózis teljesítmény (P) csökkentése az ALARA elv értelmében szükségszerű, minden gyártó törekszik is erre, forradalmi áttörésre jelenleg nem számíthatunk ezzel kapcsolatban.

A korábban már említett adatrobbanás itt az egyik legszembetűnőbb, egy korszerű sokszeletes CT akár több ezer képet 'gyárt le' egyetlen vizsgálat alatt, és akár napi 60-80

vizsgálat is elvégezhető. Nem is maga a vizsgálat során keletkezett óriási adatmennyiség kezelése, letárolása, ami nehézséget okoz, – ez informatikai feladat –, hanem annak az értékes diagnosztikai információtartalomnak a minél jobb kiaknázása a megoldandó, ami ezen adathalmazban rejtőzik, és aminek általában csak egy kis hányadát hasznosítjuk jelenleg. A fejlesztések különös hangsúllyal folynak ezen adatbányászati feladat megoldására, új és új klinikai alkalmazások kifejlesztését eredményezve, mely már messze túlmutat a hagyományos „szelet gondolkozásmódon”.

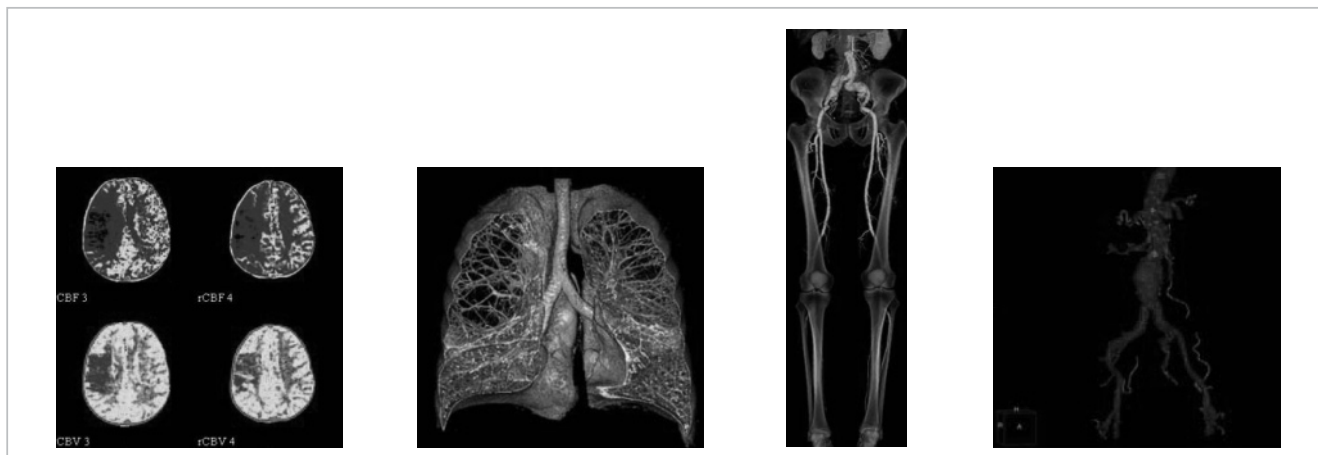
A klinikai felhasználásokat tekintve, évek óta az orvostechnológiai „Top 10” első két helyének egyikén a CT kardiológia és koronária angiográfia szerepel, mely korábban is létező alkalmazás a sokszeletes, nagyteljesítményű CT berendezésekkel elérhető rendkívül jó térbeli és időbeli felbontásnak köszönhetően új lendületet kapott, kiváló képminőséget eredményezve a gyorsan mozgó képletek megjelenítésénél is. Általánosságban megfigyelhető, hogy a diagnosztikus angiográfias röntgen vizsgálatok szerepét egyre inkább átveszik a CT berendezések, míg az előbbi modalitás hangsúlyosabban intervenció eszközként funkcionál. A nagy scan sebesség párosulva a detektorok által biztosított nagy térbeli lefedettséggel egyre gyorsabb vizsgálatokat eredményez, egy teljes test vizsgálat már most 20 s alatt elvégezhető, ezzel a CT mint szűrődiagnosztikai eszköz szintén új értelmezést kaphat. Van azonban egy olyan terület, amely már más modalitásokra is átvetett, mégpedig a funkcionális képalkotás. Ennek alapelve a CT esetében, hogy a kontraszttelített véráramlás a kiemelt funkcionalitású területeken megnő, ezzel a megváltozott sugárelnyelés láthatóvá tehető. Ezen alkalmazást is új dimenziókba emeli a folyamatosan növekvő térbeli lefedettség, lehetővé téve már napjainkra a teljes agytérfogaton végzett folyamatos perfúziós képalkotást.

A CT berendezések, kiváló morfológiai képminőségüknek köszönhetően egyre jelentősebb szerepet kapnak az alapvetően funkcionális képalkotást végző modalitásokkal egybeépítve is, jellemzően a PET-CT és SPECT-CT berendezésekben, míg maguk a CT képek fuzionálhatóak tetszőleges más modalitások képeivel, mint például MR, UH, legújabban pedig a 3D rotációs angiográfias képekkel is (ezek tárgyalására az adott modalitásoknál még kitérünk). A kombinált modalitások szerepének és elterjedésének erősödése várható az elkövetkezendő években. Mit is jelent ez képi megjelenésben? Erre az 1. ábra mutat példákat.

A CT technológia jövője tehát egy mondatban valahogy így hangozhatna: multi-energiás (spektrális) teljes test CT.

MRI (MÁGNESES REZONANCIÁS KÉPALKOTÁS)

Az MRI definíció szerint külső mágneses téren alapuló 3D képalkotás, statikus (vagy dinamikus), morfológiai (vagy funkcionális) képalkotás. Műszaki szempontból az MR berendezések esetén kevésbé lehetne nagyívű fejlesztési tervek felvázolni. A hagyományos, zárt alagúttal rendelkező MR berendezéseknél napjainkra általános lett az 1,5T térerő,

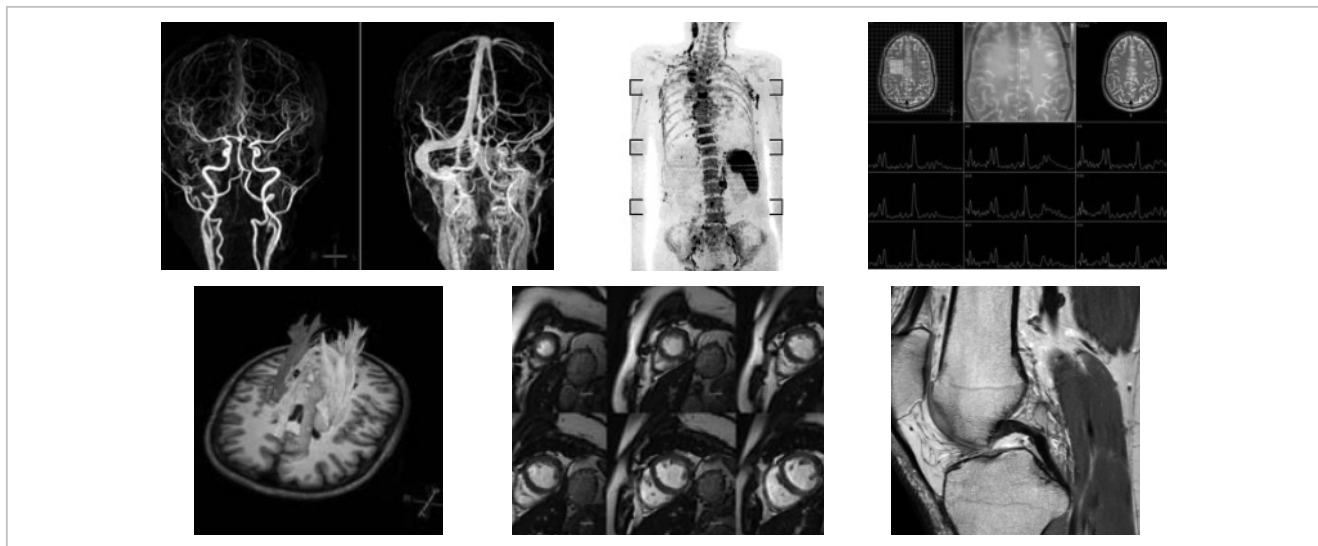


1. ábra
Továbbfejlesztett képi megjelenések CT alkalmazásával

de klinikailag ugyancsak teljesen rutinnak tekinthetők a 3T térerejű mágnesek is, míg a nyitott kialakítású mágneseknél jelenleg 1T térerő érhető el. Humán felhasználásban léteznek már 7T térerejű zárt MR berendezések is, de ezek jellemzően kutatási célokat szolgálnak, mivel ez az óriási térerő, illetve az ehhez tartozó nagy gradiens már közvetlen egészségkárosító hatással is bírhat, ezért nem valószínű sem klinikai elterjedése, sem a térerő további növelése. Az MR képalkotás sebessége azonban folyamatosan növekszik, elsősorban a párhuzamos képalkotó technológiáknak köszönhetően, a hozzá tartozó megfelelő tekercekkel és feldolgozó algoritmusokkal együtt. A sebesség MR esetén is mind a vizsgálati idő, mind az időbeli felbontóképesség szempontjából lényeges, elsősorban a mozgási műtermékek kiküszöbölése végett. A felhasználót támogató vezérlőfelület egyre intelligensebbé válik, már manapság létezik tanulási algoritmussal rendelkező MR berendezés, mely leegyszerűsíti az operátorok munkáját. Az MR is megjelenik a kombinált modalitások egyik elemeként, elsősorban az intervenciós modalitások morfológiai képalkotást végző kiegészítő-

jeként, így például létezik intervenciós angiográffal kombinált MR illetve fókuszált UH berendezéssel kombinált MR, de várható további fejlesztés egyéb modalitásokkal ötvözve is.

A klinikai felhasználás oldaláról közelítve általánosságban a már korábban is létező alkalmazások ártékelődését tapasztalhatjuk, a megnövelt időbeli és térbeli felbontóképességnek köszönhetően. Az MR angiográfia (MRA) immár dinamikus vizsgálatok elvégzését is lehetővé teszi, rutin használható alkalmazás lett az idegpálya nyomkövetés (Fiber Tracking), ugyanígy az MR spektroszkópia, de alapvető kardiológiai eszközként is kivívta helyét az MR berendezés. A funkcionális képalkotás az MR képalkotásban is egyre inkább teret hódít, mind a diffúzió súlyozott, mind pedig a vér oxigén telítettség változásán alapuló képalkotó technikák felhasználásával. A rutin 3T MR berendezések utat nyitnak a teljes test diffúziós vizsgálatok gyors elvégzése előtt, mellyel számos szempontból a PET berendezések vetélytársaként használható, több más mellett elsősorban az onkológiai diagnosztikában. Az MR berendezések, főként a nyitott kialakításúak az intervenciós beavatkozásokban is növekvő sze-



2. ábra
Az MR képi megjelenéseinek fejlődése

repet játszanak. Az MR fejlesztések fő hangsúlya tehát a vizsgálati sebesség gyorsítása és az időbeli felbontás javítása, illetve ehhez szorosan kapcsolódóan a klinikai alkalmazások további fejlesztése. Illusztrációként a 2. ábra mutat erre példákat.

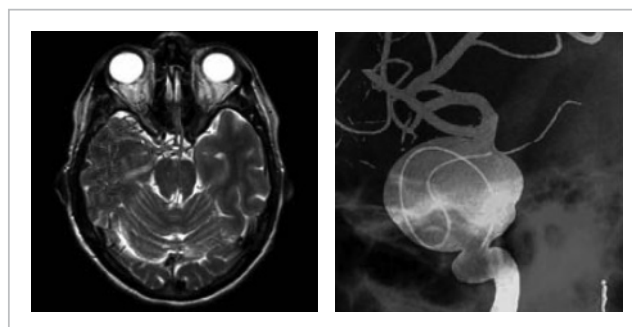
GXR (HAGYOMÁNYOS) RÖNTGEN

A általános röntgen külső röntgen sugárforráson alapuló 2D képalkotás, statikus (vagy dinamikus), morfológiai képalkotással. A hagyományos röntgenfelvételi berendezések tekinthetők a köznapi értelemben vett képalkotó diagnosztika alapeszközeinek, immár több mint 120 éves múlttal. Az általános röntgen kategórián belül megkülönböztethetünk felvételi röntgen berendezéseket (hagyományosan film expozíciókkal), illetve átvilágító röntgen berendezéseket (hagyományosan fluoreszcens ernyővel, majd képerősítővel), mindezen belül mobil, vagy fixen telepített kialakításokat, felhasználás szerint pedig további számos altípust. A fejlődési irány teljesen egyértelmű, a tradicionális filmkazetták helyét átveszi a digitális detektálás, hosszú távon a direkt digitális detektorok, átmenetileg még a foszforlemez digitálizáló rendszerek (a filmkazetta helyére berakható, látens röntgenkép rögzítésére és rövid idejű tárolására alkalmas kazetta, mely speciális berendezéssel digitálisan kiolvasható, majd újra felhasználható). A dinamikus képalkotásra alkalmas flat detektorok elterjedése a képerősítő röntgen berendezések területén is be fog következni. Jobb képminőség, több diagnosztikai információ (posztprocesszálhatóság!), csökkenő közvetlen vizsgálatköltségek, optimalizált munkafolyamat, teljes integrálhatóság, és még számos további érv szól a röntgen képalkotás digitalizálása mellett, de jelenleg még gondos méretezést igényel a költséghatékony rendszerek kialakítása. A CT berendezéseknél tárgyaltakkal analóg módon a röntgen berendezéseknél is egyre hangsúlyosabbá váló fejlesztések várhatók a dual, illetve multi-energiás képalkotás irányában, természetesen megfelelő röntgenforrás(ok) és detektorok alkalmazásával, jelenleg élenjáróan a mammográfiában. A klinikai oldalról közelítve, a számítógéppel támogatott diagnosztikus (CAD) eszközök fejlődése és térnyerése tapasztalható, melyek rutin elterjedése egy állandó vita tárgya, miszerint nem veszélyezteti-e az ember általi, gyakran modellezhetetlenül összetett információk és tudásbázisok alapján alkotott diagnosztikai tevékenység megbízhatóságát a számítógépek kiértékelési folyamatba való mind nagyobb bevonása. A röntgen berendezéseknél tehát cél a direkt digitális képalkotás, közbenső de már önmagában óriási előrelépést jelentő megállóval a foszforlemez (közvetett) digitalizálás szintjén.

CV (KARDIO-VASZKULÁRIS) RÖNTGEN

A kardiovaszkuláris röntgen külső röntgen sugárforráson alapuló 2D (vagy 3D) képalkotás, dinamikus, morfológiai képalkotással. Röntgen képalkotó berendezésekről beszélünk ismét, mégis külön fejezetet érdemelnek, de talán ez a kategóriabeli szétválasztás is lassan elsorvad, a technológiák

azonos irányú fejlődésének és a berendezések képességeinek fokozatos összeérése miatt. A kardio-vaszkuláris röntgen berendezések nagy szabadságfokú, gyors mozgásuknak és precíz beállíthatóságuknak, valamint képalkotó rendszerük nagy dinamizmusának köszönhetően teszik alkalmassá mind kardiológiai, mind érrendszeri vizsgálatok és intervenciók beavatkozások elvégzésére. A hagyományos képerősítőkre alapuló képalkotást gyakorlatilag már kiszorította a flat panel detektorra épülő, direkt digitális technológia. A kardiológiai célú (kisebb detektorral rendelkező) és vaszkuláris célú (nagyobb felületű detektoros) berendezések közötti különbség a multifunkciós készülékeknek eltűnik, egyetlen nagyméretű, a jobb pozícionálhatóság érdekében esetleg aszimmetrikus detektorral tetszőlegesen vizsgálat elvégezhető. Felhasználást tekintve, a technikai fejlődések számos izgalmas és látványos alkalmazást keltettek életre. A 3D rotációs angiográfia rutinszerűen elterjedt, indukálva a diagnosztikai és intervenciók alkalmazások további fejlesztését (PI. stent tervezés). Ha megnézzük a CT berendezések esetén alkotott definíciókat, láthatjuk, hogy szinte ugyanaz, mint a CV berendezések esetén. Arról már beszéltünk is, hogy a diagnosztikus angiográfias vizsgálatok terén egyre elterjedtebb a CT használata, de ha ugyanazon definíció igaz lehet mindkét berendezésre, néhan használható a kardio-vaszkuláris röntgen berendezés CT-szerű vizsgálatok elvégzésére? Igen, még ha jelenleg csak korlátozott mértékben, de talán nemsokára, adott felhasználásokban akár helyettesítheti is majd a CT-eket. A korábban is létező roadmapping képalkotás mára nem csak hogy a 3D rekonstruált érkepletekre rávetítve képes megjeleníteni az élő, fluoroszkópiás képeket, láthatóvá téve ezzel például a bevezetett katéterek térbeli elhelyezkedését, de CT vagy MR vizsgálatok alapján készült 3D rekonstrukciók is használhatók a fuzionált képmegjelenítések alapjául. Az intervenciók felhasználást támogató alkalmazások további erőteljes fejlesztése jósolható. A fejlesztések eredményeként előálló vizuális megjelenítéseket a 3. ábra mutatja.



3. ábra
CV röntgen felhasználásával nyert képek

NM (NUKLEÁRIS MEDICINA)

A nukleáris medicina a testen belüli gamma foton forráson alapuló 2D vagy 3D képalkotás, statikus, vagy funkcionális képalkotással. A nukleáris medicina, tágabb gyűjtőfogalomként a molekuláris képalkotás az emberi testbe juttat

tott, különböző szubsztrátokhoz kötött gamma sugárforrások (izotópok) segítségével a testben zajló fiziológiai folyamatok nyomon követésével, azaz funkcionális képalkotásával foglalkozik. A gamma kameráktól a SPECT kamerákon keresztül a PET készülékekig, számos berendezésről kellene szólnunk, ehelyett két speciális, kombinált modalitással fogunk kicsit részletesebben beszélni, a PET-CT és SPECT-CT készülékekről. Mindkét kombinált berendezés a kiváló funkcionális képalkotás és a nagy pontosságú morfológiai képalkotás ötvözését szolgálja.

A PET-CT berendezések technológiai szempontból egyesítik a CT berendezéseknél megjelenő legújabb fejlesztéseket (lásd feljebb), illetve a PET berendezések technológiai vívmányait, mely utóbbiak között említhetjük a pozitronok annihilációjakor kibocsátott két ellentétes irányú gamma foton repülési idejének mérésével pontosított és gyorsított képalkotást (ToF PET), illetve a detektorok hatásfokának és a kiolvasó elektronikának folyamatos optimalizálását, természetesen a képfeldolgozó algoritmusokkal egyetemben. A PET-CT az onkológiai diagnosztika alapvető eszközének tekinthető (ez esetben tipikusan 16 szeletes CT-vel kombinálva), de fontos szerepet kap a kardiológia, neurológia, és a besugárzás tervezés területein is. A molekuláris képalkotás egyik legfontosabb eszközeként ugyancsak fontos szerepet kap az új tracer-ek kipróbálásában, fejlesztésében is.

A SPECT-CT az Egyesült Államokban számos vélemény szerint a kardiológusok legfőbb diagnosztikai eszközévé vált, tipikusan 64 szeletes CT-vel kombinálva. A SPECT berendezések legkorszerűbb típusai képminőségben már a PET berendezésekkel versenyeznek, működtetésük viszont a gamma sugárzó izotópok egyszerűbb előállíthatósága miatt jóval

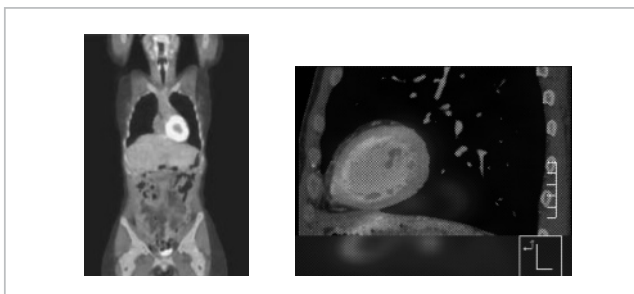
olcsóbb. A SPECT-CT további tipikus felhasználása az onkológia, ortopédia és besugárzás tervezés, de a molekuláris képalkotás minden területén nő a szerepe. Összefoglalva, a nukleáris medicina varázsszava a molekuláris képalkotás, még sokat fogunk találkozni vele. SPECT-CT készülékekkel előállított képet mutat a 4. ábra.

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen összefoglaló terjedelmi okokból számos témát nem érintett. Nem térünk ki az ultrahang diagnosztikai berendezések területére, ahol számos nagyon fontos technológiai fejlesztés folyik, mint például a mátrix detektorok alkalmazása a vizsgálófejekben, ehhez kapcsolódóan a 3D és valós idejű 3D rekonstrukciók egyre nagyobb elterjedése, a kardiológia területétől már a hagyományos radiológiai alkalmazásokban is, egyes felhasználásokban akár a CT-t is helyettesítő funkcionalitással. Nem beszéltünk egyéb képalkotó diagnosztikai berendezésekről (PI. infravörös kamera). Ha azonban sikerült érzékeltetni egyes fejlődési irányokat, bemutatni némely legújabb fejlesztést, talán valamelyest megbocsátható a teljességet nélkülöző megközelítés.

Még a jelenlegi technikai színvonalat sem könnyű nyomon követni, a jövő felvázolása annál nehezebb feladat. A technikai fejlődés számos területen megelőzte a képadatok feldolgozására rendelkezésre álló szoftverek fejlődését, sokkal több információ áll rendelkezésünkre, mint amit általában ki is nyerünk egy vizsgálat során. A technológiák sok esetben összeérnek, így például a röntgen berendezések altípusai esetén, de különböző modalitások, mint például CT és CV esetén is. A funkcionális és morfológiai képalkotás ötvözése mind szoftver, mind berendezés oldalon egyre elterjedtebb.

Záró gondolatként alapvető fontosságú kiemelni, hogy a képalkotó diagnosztika, mint minden diagnosztikai tevékenység, az egészség helyreállítás és megőrzés alapvető eszköze, a teljes egészségügyi ellátási folyamat egyik kulcsfontosságú láncszeme, tehát még a képalkotó diagnosztikai berendezések gyártóit, szállítóit is közvetlen, emberéletekben konkrétan mérhető felelősség terheli, melyet soha egy pillanattal sem szabad elfelejteni. Ezért nem lehet bármilyen üzleti érdekek az alapvető orvosszakmai szempontokat alárendelni, a diagnosztikai tevékenységet pusztán üzleti vállalkozássá degradálni. Legyen ez az elérendő jövőkép.



4. ábra
SPECT-CT segítségével előállított képek

A SZERZŐ BEMUTATÁSA



Főrizs Szabolcs 1995-ben végzett villamosmérnökként, 1998-ban orvosbiológiai mérnök, majd MBA diplomát szerzett. 1998-ig a Központi Fizikai Kutató Intézetben folytatott kutató-fejlesztő te-

vékenységet Ph.D. ösztöndíjasként, majd rövid ideig a minőségbiztosítás, később pedig az informatikai tanácsadás területén dolgozott. 2000-től foglalkozik orvosi képalkotó-diagnosztikai berendezések értékesítésével. Jelenleg a Philips orvosi berendezések üzletágánál dolgozik.