

## Közös tréning szükségessége a hibrid képalkotásban

Dr. Garai Ildikó, Debreceni Egyetem

A sugárzó izotóppal jelzett anyaggal történő tomográfiai leképezés időben megelőzte a computer tomográfiai leképezési technika kialakulását. A két módszer együttes alkalmazása – a hibrid leképezés – az új évezred óta a mindennapos klinikai gyakorlat része. Az integrált morfológiai és funkcionális képalkotás diagnosztikai jelentősége vitathatatlan. Annak ellenére, hogy e technika bevezetése óta több módszertani ajánlás készült és elérhető a szakirodalomban is, több a közelmúltban készült felmérés nagy eltéréseket mutatott a helyi alkalmazásokban. Ezért a folyamatos továbbképzések során hangsúlyoznunk kell a standardizáció pozitív hatását a gyakorlati alkalmazásban. Magas szakmai színvonalú SPECT/CT és PET/CT leképezés csak gyakorlott és jól képzett szakember gárdával lehetséges. Multidiszciplináris – beleértve orvos, fizikus, technológus és radiokémikus – képzések szükségesek ahhoz, hogy a hibrid képalkotás alkalmazását szélesítsük és biztosítsuk a magas szakmai minőséget.

*Training in hybrid imaging. Tomographic imaging with radiolabeled compounds preceded computer tomographic technology. Hybrid technology has been used since 2000 in routine clinical work. Since then the clinical impact of integrated functional and morphological imaging has been proven by large number of studies. Even though several guidelines of hybrid technology have been written and are available in scientific literature, frequent and major deviations can be found in the adapting standards of different sites according to the international surveys of multimodality imaging. Therefore we have to emphasise the importance of continuous training focusing on the positive impact of standardisation on optimizing hybrid technology. High level SPECT/CT and PET/CT imaging can be supported only by experienced and well-trained staff. Multidisciplinary (including MD, physicist, technician, etc.) and multilingual trainings are necessary to promote and sustain high quality hybrid imaging worldwide.*

### BEVEZETÉS

Az orvosi diagnosztika – ezen belül is képalkotás – a medicina legdinamikusabban fejlődő ága volt, és lesz a jövőben is. Az a törekvés, hogy minél érzékenyebb, pontosabb, fajlagosabb módszert találtak egy-egy betegség felismerésére, mozgatóként hat a terápia, a gyógyszerkutató fejlődésére is, hiszen olyan terápiás targetek kerülnek a látóterbe, melyek sikeresen alkalmazhatóak a gyógyításban.

Az orvosi képalkotás a makroszkópos morfológiai megfigyeléssel kezdődött. Vizuális élmény alapján született a diagnózis, és fogalmazódott meg a terápia, vagyis „amit látok, azt megoperálok”.

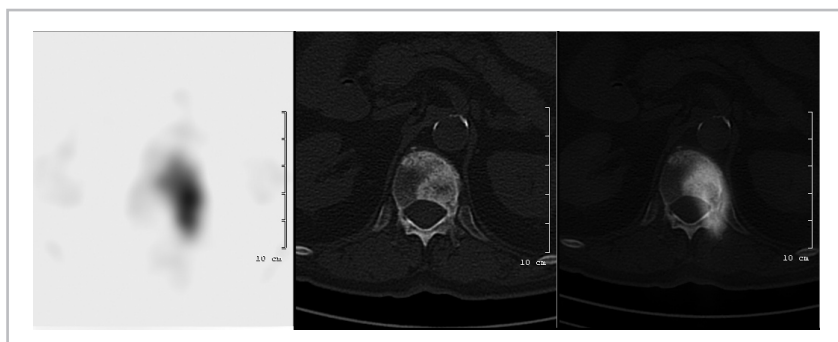
A múlt század természettudományi és ipari fejlődése a medicinai képalkotásban is ugrásszerű változást eredményezett, s ez a fejlődési ütem a mai napig töretlen. Alappillére Wilhelm Conrad Röntgen által felfedezett, és a képalkotásban használatos röntgensugárzás, amely egy új diszciplínát, a radiológiát teremtette meg. A korai 70-es években került klinikai bevezetésre az első, röntgensugárzásra épülő computer tomográfiai készülék először agyi, majd a későbbiekben az egész test vizsgálatára. Csaknem párhuzamosan fejlesztették ki a mágneses rezonancia elven alapuló technikát (MRI), melynek nagy előnye a CT-hez képest, hogy a nagyobb lágy szöveti kontraszt miatt a kóros szövetek könnyebben felismerhetővé válnak a szervezetet terhelő, ionizáló sugarak nélkül. E készülékek a hagyományos röntgen technológiát alkalmazó radiológiai osztályokra kerültek, mivel az orvosi vélemény kialakításában itt is az anatómiai-morfológiai eltérések felismerése volt a döntő.

A diagnosztikának a másik alappilléret a funkcionális vizsgálatok jelentik. Ez kezdetben kizárólag labor diagnosztikai módszerekkel volt kivitelezhető, ugyanakkor a Hevesy György nevéhez kötődő izotópos nyomjelzési technika orvosi alkalmazása egy új lehetőséget teremtett meg a funkcionalitás in vivo méréséhez, mely a nukleáris medicina, mint önálló tudományág kialakulásához vezetett. A két diszciplína sokáig párhuzamosan fejlődött. A funkcionális és morfológiai képalkotás integrált információjának klinikai igénye régóta fennállt, ugyanakkor gyakorlati megoldását a számítástechnika fejlődése hozta.

E két diagnosztikai szakterület párhuzamos fejlődése eltérő szakmai követelmény rendszert, módszertani ajánlásokat és eltérő szakemberképzést alakított ki. Az integrált hibrid képalkotás piacon történő megjelenése, és egyre szélesebb körű alkalmazása új feltételrendszer kialakítását tette szükségessé.

### MÓDSZERTANI AJÁNLÁSOK ÉS DEVIÁNCIÁK A HIBRID TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSBAN

Ma a hibrid morfológiai és funkcionális képalkotás klinikai haszna nem kérdéses. A betegnek egyszer kell vizsgálatra jönnie, s az elvégzett vizsgálat átfogó funkcionális és anatómiai információt ad a fennálló betegségének természetéről. A radiológus és nukleáris medicina szakorvos együttes véleménye egy integrált leletben tükröződik. Nem meglepő, hogy a hibrid technológia alkalmazása egyre szé-



**1. ábra**  
*99mTcMDP csont SPECT/CT felvétel. Körülírt kóros csontanyagcsere fokozódás látható a SPECT felvételen (a), melynek háttérében a CT-n (b) a csigolyatestben szklerotikus csontszerkezeti átépülés látható. A fúziós SPECT/CT felvételeken (c) a morfológiai és funkcionális információ együttesen jelenik meg.*

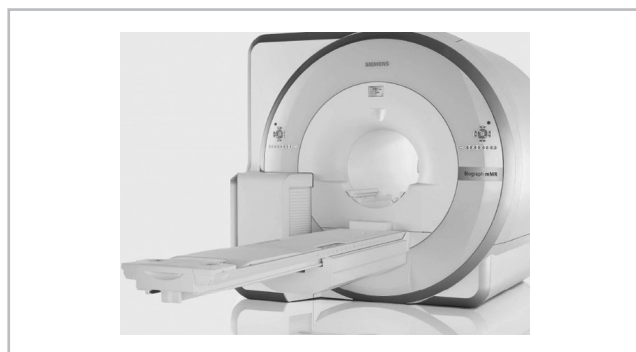
lesedik, újabb és újabb diagnosztikai lehetőséget biztosítva a modern orvoslásnak (1. ábra). A piacvezető kamera-

gyártók folyamatosan fejlesztik és hozzák kereskedelmi forgalomba multimodális kameráikat, beleértve a PET/CT, SPECT/CT, PET/MRI készülékeket (2. ábra).

A hibrid képalkotás végzésekor azonban számos buktatóval találkozhatunk, a beteg előkészítése, a vizsgálat tervezése és kivitelezése, a feldolgozás, illetve az értékelés során, melyek befolyásolhatják az orvosi véleményalkotást. Mit tehetünk, hogy megelőzzük vagy felismerjük a technikai és klinikai buktatókat? A protokollok standardizálása, kamerák rendszeres minőségellenőrzése, szakembereink folyamatos oktatása, képzése, társszakmákkal történő képzések szervezése hozzájárulnak a pontosabb diagnózis felállításához.

A nemzetközi társaságok által összeállított és kiadott útmutatók [1-3], melyeket a hazai szakma is elfogadott, segítséget jelentenek a helyi protokollok összeállításában, ugyanakkor minden laboratórium kialakítja a saját vizsgálati leírását is. Több, közelmúltban megjelent tanulmány is foglalkozott azzal, hogy milyen mértékű eltérések észlelhetők egy-egy PET/CT vagy SPECT/CT vizsgálat kivitelezésében az egyes laborok között.

T. Beyer és mtsai. széles multicentrikus felmérést készítettek több mint száz európai, amerikai, ázsiai, és közel-keleti PET/CT centrum bevonásával a PET/CT alkalmazási szokásaival kapcsolatban [4]. E felmérés szerint a PET/CT berendezések telepítése nagyrészt nukleáris medicina laborokban történik, de nem kis esetszámban előfordul, hogy elsősorban radiológia vagy más osztály fennhatósága alá került a kamera. Nem meglepő ezért, hogy az alkalmazott protokollokban is jelentős eltérést észlelték. A legnagyobb eltérést a beteg előkészítésben, az injektált aktivitás mennyiségében, a kivárási időben észlelték. Ugyanakkor különbségeket találtak azonos vizsgálatok definiálásánál a beteg és a gyűjtési paraméterek beállításában is. A kamerák telepítési helye nagymértékben befolyásolta, hogy milyen gyakran készült kiegészítő kontrasztos CT vizsgálat a betegről. Elgondolkodtató az a tény is, hogy viszonylag nagy arányban nem integrált eredmény kerül kiadásra. Ezzel csaknem párhuzamosan készült egy hasonló, szintén multicentrikus felmérés a SPECT/CT gyakorlati alkalmazásával kapcsolatban [5]. E felmérés eredménye szerint a SPECT/CT kamerák is döntően a nukleáris medicina központokban kerül-



**2 ábra**  
*Hibrid készülékek, a. PET/CT (Philips, Gemini TF/64), b. SPECT/CT (Mediso, Anyscan SC), c. PET/MR (Siemens, BiographmMR)  
 forrás: internet*

tek telepítésre, s csak elenyésző százalékuk radiológiai osztályon. Annak ellenére, hogy a SPECT/CT kamerák csaknem mindegyike teljes értékű diagnosztikai CT résszel rendelkezik, ennek kihasználtsága elmarad a várttól. Intravénás kontrasztanyag injektort a kamerák mindössze 18%-ához telepítettek. A SPECT/CT vizsgálat, bár előnyét több vizsgálatnál (pl. szomatostatin receptorszcintigráfia, I-123MIBG vizsgálat, tüdőszcintigráfia stb.) irodalmi adat bizonyítja, a laboratóriumok többségében még nem épült be teljesen a mindennapi protokollba. Gyakrabban mint kiegészítő vizsgálatot alkalmazzák a pontosabb diagnózis felállítására, elsősorban anatómiai lokalizáció céljából. A SPECT-hez kapcsolt CT protokollok is nagy variabilitást mutatnak, a nukleáris medicina osztályokon dolgozó szakemberek, míg SPECT végzésével többéves gyakorlattal rendelkeznek, addig kevésbé tapasztaltak a CT vizsgálatok kivitelezésében. A 4 hazai PET/CT központban 3 gyártótól származó kamerával az európai útmutató szabad mozgásterének megfelelő helyi protokollok alkalmazásával történnek a vizsgálatok, döntően integrált – nukleáris medicina és radiológus – értékeléssel. Önálló nukleáris medicina osztályokra telepített SPECT/CT berendezéseken elsősorban SPECT vizsgálat – egésztest, csont, mellékpajzsmirigy, tüdő stb.– folyik, melyhez készített alacsony dóziszú CT felvétel a lokalizáláshoz szükséges kiegészítő információval szolgál. Az értékelést nagyrészt önállóan nukleáris medicina szakorvos végzi, vagy radiológussal együtt alkotnak véleményt. A hazai klinikai gyakorlatban is kisebb volumennel fordulnak elő diagnosztikus értékű CT vizsgálatok hibrid készülékeken.

### TOVÁBBKÉPZÉSI LEHETŐSÉGEK ÉS ELVÁRÁSOK A HIBRID KÉPALKOTÁSBAN

A hibrid képalkotás gyorsütemű fejlődése a folyamatos képzés szükségességét igényli mind a radiológusok, mind a nukleáris medicina szakorvosok részére, hogy lépést tudjanak tartani a technika, a radiofarmakológia, az informatika fejlődésével. Mivel a multimodalitású képalkotás több diszciplína – és nem csak medicinai tudományágak – együttes fejlődésével alakult ki, a magas színvonalú alkalmazása is elképzelhetetlen e tudományágak együttműködése nélkül. Éppen emiatt e témakörben tervezett posztgraduális képzések során elvárt a határ tudományterületek – fizika, radiokémia, radiofarmakológia, informatika – bevonása is a klinikai tárgyak mellé egyrészt mint oktatóanyag tárgy, másrészt mint a képzésben résztvevő diplomás szakemberek tudományterülete. E tekintetben hibrid képalkotás posztgraduális képzései eltérnek a hagyományos értelemben vett orvos továbbképzési programoktól.

Az oktatás során elvárt cél, hogy a résztvevők megismerjék a hibrid technológia és radiokémia fejlődésének irányvonalait, újdonságait, és a klinikai gyakorlatban való alkalmazásuk lehetőségeit. Mint minden képalkotásnál, az értékelés gyakorlatának megszerzése alapvető, mely csak nagyszámú esettanulmány áttekintésével, vezetett értékeléssel és önálló, de ellenőrzött leletezéssel sajátítható el. A

„gyakorlat nélkül nincs tudás” elve érvényes az ebben az értelemben új modalitásnak tekinthető hibrid technikák alkalmazására is. A képzések során elvárt továbbá a lehetséges buktatókra felhívni a figyelmet, megtanulni azokat felismerni és elhárítani, mely leginkább a kamera melletti munka során sajátítható el. A fentiekből azt hiszem nyilvánvaló, hogy a multimodalitást felkaroló továbbképzések összetettek, nem egyszerűsíthetők le egyetlen – kizárólag előadásokat tartalmazó – programra. Szerencsére az ajánlati skála széles, s a radiológus és nukleáris medicina társaságok is egyetértenek abban, hogy színvonalas képzés a két szakma konszenzusával, együttműködésével valósulhat meg [6-8]. Nemzetközi és hazai társaságok (European Association of Nuclear Medicine (EANM), European Society of Radiology (ESR), Hevesy György Magyar Nukleáris Medicina Társaság (MONT), Magyar Radiológus Társaság és egyetemi oktató központok szerveznek elérhető, magas színvonalú képzéseket e területen. A European School of Nuclear Medicine (ESNM), European School of Radiology (ESOR) OFTEX képzései során a résztvevők magasan kvalifikált, tapasztalt előadók előadásából ismerhetik meg az újdonságokat. Sajnos e képzések nem, vagy csak kevés gyakorlati lehetőséget biztosítanak. Felismerve a gyakorlati tudás fontosságát, nemzetközi szinten ajánlanak több gyakorlati alapú tréninget különböző – nem alacsony – árfekvésben és időtartamban. E tréningeken a résztvevőknek az elméleti előadások mellett lehetőségük van válogatott esetek munkaállomásokon történő „nézegetésére” is.

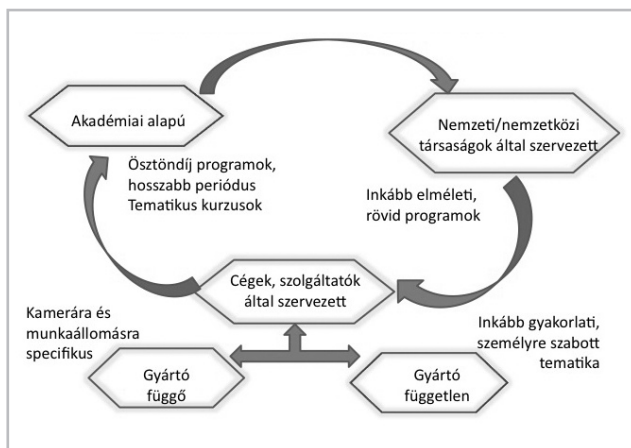
Kihasználva az internet adta lehetőséget, egyre több un. e-learning program készül, mely az önálló továbbképzés kiváló eszköze lett. Természetesen ehhez az idő mellett egyéni motiváció is kell. Fontos lenne a hazai tanulmányi ösztöndíj lehetőségek kibővítése, s így nemcsak a szakvizsga előtt állók, hanem szakorvosok is lehetőséget kapnának egy-egy új metodikát, hibrid technikát alkalmazó akadémiai háttérrel rendelkező központban néhány hetes, hónapos gyakorlat elvégzésére, ahol a mindennapos klinikai munka során sajátíthatják el gyakorlati tudásukat. Bár lennének itthon is olyan központok, amelyek örömmel szerveznének ilyen tréningeket, a résztvevők támogatása (nemcsak anyagi szinten) nem megoldott. Végül meg kell említeni azokat a cégeket, szolgáltatókat, akik szintén szerepet vállalnak a hibrid technológia elsajátításában. E képzések, úgy gondolom, több tekintetben is fontosak és hiánypótlóak. Egyrészt nem hátrány, ha az orvos/technológus minél jobban, és a gyakorlatban is megismeri azt a készüléket/munkaállomást, amit használni fog. Ezek az úgynevezett kamerafüggő tréningek. Erre a legtöbb kameragyártó biztosít lehetőséget megállapodástól függetlenül különböző időtartamban és mélységben. A képzés fókuszában a kamera áll (protokollok, beállítások, hibaüzenetek stb.), és rendszerint nem akkreditált programokról van szó. Másrészt megjelentek olyan szolgáltatók is, melyek eszköztáruk adta lehetőségeikből adódóan képesek gyakorlati alapú képzések szervezésére piaci feltételek mellett. E programok gyakorlat orientáltak, a központban maga a modalitás áll. Klinikai háttérrel rendelkeznek, személyes konzultációt

biztosítanak, személyre szabott programot kínálnak. Hátrányuk, hogy bár akkreditálhatóak, a szakmai társaságok általi elfogadásuk kérdéses (3. ábra).

### ÖSSZEFOGLALÁS

A rohamléptekben fejlődő technológia a képalkotás területén is folyamatos multidiszciplináris – fizikus, radiokémikus, orvos, technológus stb. – képzési programok kialakítását igényli. Hiszen a jövő képalkotó technikája, a hibrid technika, csak magasan képzett szakember gárdával tartható fenn és csak így népszerűsíthető.

A szakmai társaságok közös érdeke és felelőssége, hogy olyan elérhető posztgraduális tréning lehetőségeket ajánljon, melyek ötvözik az elméleti és gyakorlati tudás megszerzésének lehetőségét.



3. ábra  
Posztgraduális képzések formái

### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Boellaard R, O'Doherty MJ, Weber WA, Mottaghy FM, Lonsdale MN, Stroobants SG, Oyen WJ, Kotzerke J, Hoekstra OS, Pruim J, Marsden PK, Tatsch K, Hoekstra CJ, Visser EP, Arends B, Verzijlbergen FJ, Zijlstra JM, Comans EF, Lammertsma AA, Paans AM, Willemsen AT, Beyer T, Bockisch A, Schaefer-Prokop C, Delbeke D, Baum RP, Chiti A, Krause BJ: FDG PET and PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour PET imaging: version 1.0, Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2010 Jan;37(1): 181-200.
- [2] Delbeke D, Coleman RE, Guiberteau MJ, Brown ML, Royal HD, Siegel BA, Townsend DW, Berland LL, Parker JA, Hubner K, Stabin MG, Zubal G, Kachelriess M, Cronin V, Holbrook S: Procedure guideline for tumor imaging with 18F-FDG PET/CT 1.0, J Nucl Med, 2006 May;47(5):885-95.
- [3] Delbeke D, Coleman RE, Guiberteau MJ, Brown ML, Royal HD, Siegel BA, Townsend DW, Berland LL, Parker JA, Zubal G, Cronin V; Society of Nuclear Medicine (SNM): Procedure Guideline for SPECT/CT Imaging 1.0, J Nucl Med, 2006 Jul;47(7):1227-34.
- [4] Beyer T, Czernin J, Freudenberg LS: Variations in clinical PET/CT operations: results of an international survey of active PET/CT users, J Nucl Med, 2011 Feb;52(2):303-10
- [5] Wieder H, Freudenberg LS, Czernin J, Navar BN, Israel O, Beyer T: Variations of clinical SPECT/CT operations: an international survey, Nuklearmedizin, 2012;51(4):154-60
- [6] Stegger L, Schäfers M, Weckesser M, Schober O: EANM-ESR white paper on multimodality imaging, Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2008 Mar;35(3):677-80
- [7] European Association of Nuclear Medicine (EANM); European Society of Radiology (ESR): Multimodality imaging training curriculum – general recommendations, Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2011 May;38(5): 976-8
- [8] Coleman RE, Delbeke D, Guiberteau MJ, Conti PS, Royal HD, Weinreb JC, Siegel BA, Federle MF, Townsend DW, Berland LL: Concurrent PET/CT with an integrated imaging system: intersociety dialogue from the joint working group of the American College of Radiology, the Society of Nuclear Medicine, and the Society of Computed Body Tomography and Magnetic Resonance. American College of Radiology; Society of Nuclear Medicine; Society of Computed Body Tomography and Magnetic Resonance, J Nucl Med, 2005 Jul;46(7):1225-39. Review.

### A SZERZŐ BEMUTATÁSA



**Dr. Garai Ildikó**, med habil 1990-ben végzett a DOTE általános orvosi karán. 1995-ben radiológiából, 1999-ben izotópdiaosztikából szerzett szakorvosi

képesítést. 2004-ben PhD tudományos fokozatot kapott. 2006-tól a ScanoMed Kft. (korábban PET-CT OD Kft.) orvos-szakmai vezetője. 2011-től a Debreceni Egyetem címzetes egyetemi docense.