

SPECT/CT a klinikai gyakorlatban

Dr. Zámbó Katalin, Dr. Schmidt Erzsébet, Dr. Szabó Zsuzsanna,
PTE OEKK Klinikai Központ Nukleáris Medicina Intézet
Dr. Dérczy Katalin, Dr. Weninger Csaba, Dr. Battyány István,
PTE OEKK Klinikai Központ Radiológiai Klinika

A SPECT/CT olyan kombinált készülék, amely két képalkotó modalitást egyszerre, egy időben hoz létre, a fúziós kép a betegben kialakult elváltozások pontosabb morfológiai és funkcionális értékelését egy időben, egy vizsgálaton belül teszi lehetővé, javítva ezzel a diagnosztikus pontosságot. Különösen előnyös a SPECT/CT készülék alkalmazása a nukleáris onkológiában, ahol a SPECT vizsgálattal legtöbbször lágyrész elváltozást keresünk, amelynek lokalizációja, illetve a szervek érintettségének igazolása CT felvétel nélkül nagyon nehéz, a SPECT és a CT felvétel metszeteinek együttes értékelésével azonban teljesen pontosá tehető. Kardiológiai vizsgálatoknál – ahol a szöveti elnyelődés bizonytalaná teheti a képet – elnyelési korrekció is alkalmazható az álpozitív esetek csökkentésére, a diagnosztikus pontosság növelésére. Legalább 16 szeletes multislice CT készülék alkalmazásával egyszerre tanulmányozható a koronáriák szűkülete és a következményes mikrocirkulációs eltérések a szívizomzatban koronária betegség esetén. A SPECT/CT készülék a képalkotó diagnosztika modern eszköze, alkalmazása jelentősen javítja a diagnosztikus pontosságot és ezzel az alkalmazott terápia eredményességét. Gazdasági szempontból csökkenti a betegek egészségügyi intézményben történő megjelenéseinek számát.

SPECT/CT hybrid system is a feasible technique yielding co-registered dual-modality images which allows a more precise interpretation of scintigraphic studies and fused images (in which the radionuclide distribution can be displayed in color on a gray-scale CT image to co-register the anatomical and physiological features) can improve the diagnostic accuracy. The most advantageous application of SPECT/CT technique is in the nuclear oncology. The molecular changing in the soft-tissues is gained and to show the accurate localization and the structural changing is very difficult without CT. For cardiac SPECT the soft-tissue attenuation artifacts may be confused with perfusion defects. CT-derived anatomical maps are finding increasing favour as a tool for correcting likely photon attenuation and improving diagnostic accuracy. With the engagement of multislice (at least 16 slices) CT both coronary stenosis and myocardial microcirculation in CAD can be studied. SPECT/CT is a very new technique which significantly improves the diagnostic

accuracy and the efficacy of the therapy. From economical aspect is that patient hospital admission is decreased.

A MOLEKULÁRIS KÉPALKOTÁS JELENTŐSÉGE

A MIT's Technology Review 2003-ban úgy jellemezte a molekuláris képalkotást, mint „a tíz fejlődő technológia egyike, ami meg fogja változtatni a világot” [1]. A fiatal, gyorsan fejlődő orvos-biológiai kutató tudományág célja, hogy a sejtekben zajló normál és patológias folyamatok molekuláris eseményeinek in vivo megfigyelésével szolgálja a biológia és az orvostudomány fejlődését. Egyesíti a molekuláris és sejtbiológia modern eszközeit a legfejlettebb műszaki technológiákkal. A tudományág a molekuláris biológia, a kémia, az orvostudomány, a gyógyszeratan, az orvosi fizika, a biomatematika, a bioinformatika és számos képalkotó technika határterületének összeolvadásával jött létre. A molekuláris képalkotás az élő szervezetekben zajló sejtszintű és sejtszint alatti biológiai folyamatok képi megjelenítésével, karakterizációjával és mennyiségi meghatározásával foglalkozik [2].

A nukleáris medicinában számos indirekt és direkt vizsgálati lehetőség van a különböző betegségek kimutatására. A módszerek a károsodott szervek megváltozott biokémiai folyamatainak alapulnak. Az egyes szervek szcintigráfiai vizsgálatai – különösen jó felbontású SPECT felvétellel kiegészítve – indirekt módon jelzik azt a funkcionális változást, szöveti károsodást, amelyet a betegség kialakulása hoz létre. Lehetőségünk van bizonyos daganatos betegségek specifikus receptorainak, esetleg megváltozott hormontermelésének láttatására is megfelelő radiofarmakonok alkalmazásával. Sok esetben a tumor elhelyezkedése, kis mérete miatt más képalkotók nem alkalmasak az elváltozás kimutatására. A módszerek a terápia nyomonkövetésére is alkalmasak. A nukleáris medicina módszerei – ezen belül a SPECT vizsgálatok – olyan funkcionális adatokat szolgáltatnak az egyes daganatok biokémiájáról, amelyek nagy jelentőségűek a korai felismerés, a staging, restaging, a terápia tervezés, ellenőrzés és elsősorban a beteg életkilátásainak szempontjából. Minél specifikusabb azonban egy radiofarmakon kötődése, annál kevesebb egyéb struktúra rajzolódik ki, annál nehezebb a pontos lokalizáció. Ezt a problémát próbálják megoldani a multimodalitású készülékek, amelyek közül a PET/CT már jól ismert az onkológiai diagnosztikában.

A MULTIMODALITÁSÚ KÉSZÜLÉKEK ELŐNYEI

A képalkotó diagnosztika fejlődésével egyre inkább a különböző elven működő leképezések fúziója, kombinált elkészítési lehetősége kerül előtérbe. Hazánkban már működik 4 PET/CT készülék, a nemzetközi szakirodalom pedig PET/MR fúziós készülékekről is beszámol [3, 4].

A funkcionális képalkotás során kapott információ általában korlátozott anatómiai-morfológiai információkat nyújt. A multimodalitású készülékeknél a nagy felbontású radiológiai CT készülék ugyanazon a gantry-n helyezkedik el, mint a funkcionális képalkotásra alkalmas rész, ami lehetővé teszi az automatikus képfúziót. A funkcionális és anatómiai információ együttes megjelenítése a humán diagnosztikában jelentős előnyöket nyújt [2].

A PET/CT (pozitron emissziós tomográf/CT) készülékek Magyarországon évek óta működnek, jelentőségük elsősorban az onkológiai, de a kardiológiai és a neurológiai diagnosztikában is vitathatatlan. Kétféle képalkotó eljárást fuzionálva a betegben egyszerre teszi láthatóvá többek közt pl. a kóros elváltozás cukoranyagcseréjének fokozódását a CT által alkotott képen pontosan lokalizálva annak helyét, valamint a strukturális elváltozást is, amennyiben az már kialakult. Egyszerre, egy időben látható tehát a kórfolyamat funkcionális és szerkezeti eltérése. A CT, azaz a transzmissziós röntgensugár alkalmazása a testből kilépő gamma sugárzás szöveti elnyelődésének és a szervek mozgásának (légzés, szívdobogás) korrekciójára is alkalmassá teszi a készüléket [5, 6].

A SPECT/CT olyan kombinált készülék, amely két képalkotó modalitást egyszerre, egy időben hoz létre. Az így kialakuló fúziós képalkotás lényege, hogy a beteg elmozdítása nélkül egy időpontban készül el a test szerkezeti változásait kimutató CT felvétel, amelyen belül jól lokalizálhatók a nukleáris medicina vizsgáló elvein alapuló funkcionális változások, azaz az anyagcsere, a mikrocirkuláció, a hormonszintézis, a receptor-eloszlás stb. kóros vagy normális viszonyai. Az új tomográfiai képalkotó berendezésnek köszönhetően az orvosok a betegben zajló molekuláris folyamatokat milliméteres felbontással tudják vizsgálni – ugyancsak pontos anatómiai lokalizációval [7, 8]. A SPECT a molekuláris in vivo képalkotó technológiák közül az egyik legérzékenyebb. A betegből emittálódó gamma-fotonok segítségével metszeti képeket állíthatunk elő az élő rendszerekről, anélkül, hogy megbontanánk az egységüket. A SPECT készülék számos különböző jellegű kórfolyamat vizsgálatára alkalmas, különböző radiofarmakonokkal tanulmányozhatjuk pl. a metasztatikus csontléziók fokozott metabolizmusát, az agy, a tüdő vagy a koronáriák vérellátását, a parenchymás szervek egyes sejtjeinek pusztulását stb. Lehetővé teszi, hogy a betegségek diagnosztikája gyorsabb és pontosabb legyen, hosszabb időn keresztül nyomon lehessen követni a betegség előrehaladását, és a terápiás beavatkozások hatásosságának értékelését.

A SPECT/CT készülékkel a rutin diagnosztikában már jól ismert vizsgálatok végezhetőek, CT felvétellel kiegészítve

azonban jelentősen nő a vizsgálati pontosság az azonnali lokalizáció lehetőségével [9]. A SPECT/CT készülék másik jelentősége – a PET/CT készülékhez hasonlóan – az elnyelési és mozgás-korrekció alkalmazásának lehetősége. A betegből érkező gamma-fotonok ui. a szöveteken áthaladva a rétegvastagságtól függően részben elnyelődnek, így álpozitívítást eredményező képek alakulhatnak ki. A röntgensugárral történő elnyelési korrekció alkalmazása, illetve a négydimenziós (4D) képalkotás lehetősége a műtermékek kiküszöbölésével a diagnosztika specificitását és a terápia hatékonyságát jelentősen növeli [5, 6, 10].

KLINIKAI ALKALMAZÁS

Közleményünkben a hazánkban elsőként Pécsen működő 16 szeletes SPECT/CT készülék (DHV/CT Hybrid SPECT/CT System, Mediso Kft, Budapest) tapasztalatairól számolunk be.

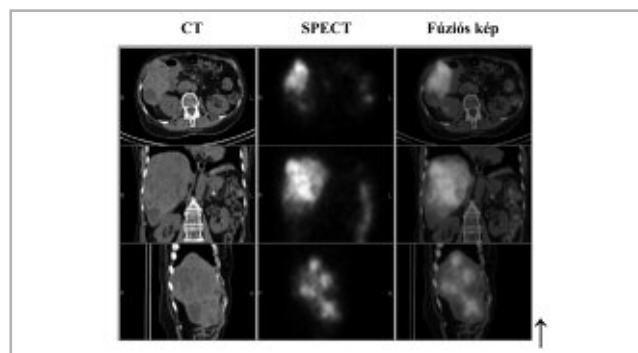
A készülék alkalmazásának legfőbb indikációi:

- Direkt – tumorokban dúsuló – radiofarmakonokkal végzett vizsgálatok
 - specifikus: somatostatin receptorhoz (¹¹¹In-Octreoscan, ^{99m}Tc-Neospect), adrenerg receptorhoz (¹³¹I-, ¹²³I-MIBG) kötődő, hormonszintézisben résztvevő (¹³¹I-Nal terápia, ¹³¹I-, ¹²³I-Nor-cholesterol) radiofarmakonok
 - aspecifikus: ^{99m}Tc-MDP, ²⁰¹Tl-klorid, ^{99m}Tc-MIBI, ^{99m}Tc-tetrofosmin, ⁶⁷Ga-citrát
- Indirekt szcintigráfiák (csont, tüdő, máj, vese, pajzsmirigy stb.) kiegészítéseként
- Elnyelési korrekció alkalmazása

A SPECT/CT készülék alkalmazásának legfőbb előnyeit a specifikus onkológiai vizsgálatok során tapasztaltuk. A tumorsejtek valamilyen jellemző működési sajátosságának kimutatásán alapuló vizsgálatok lényege éppen az, hogy lehetőleg csak a daganatos sejtek, szövetek ábrázolódnak a nukleáris medicina képalkotása folyamán. Bár ez általában nem valósul meg, mivel bizonyos szervek többnyire fiziológiásan is kirajzolódnak, mégis többnyire nehéz tájékozódni a testben, nehéz pontosan lokalizálni az elváltozást. A beteg prognózisa szempontjából azonban nem mindegy, hogy egy rosszindulatú elváltozás egy szerv határain belül helyezkedik-e el, vagy már ráterjed a környezetére. Ezekben az esetekben nagy segítséget jelent, ha egy, az anatómiai struktúrát pontosan mutató CT képre tudjuk helyezni az izotópos képet, azaz létrehozuk a fúziós megjelenítést [11, 12].

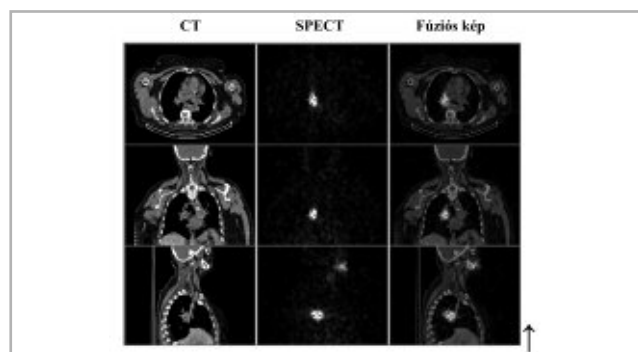
A nemzetközi irodalomban és Intézetünkben is rutinszerűen alkalmazott módszer az adrenerg receptorokat tartalmazó pheochromocytoma és neuroblastoma vizsgálata ¹³¹I-jód vagy ¹²³I-jód-meta-jodo-benzil-guanidinnel (MIBG) [13]; a somatostatin receptorokat expresszáló tüdőtumороk és gastrointestinalis carcinoidok vizsgálata ^{99m}meta-technetium-depreotiddal (Neospect), illetve ¹¹¹-indium-

octreotiddal (Octreoscan) [14] (1. ábra); valamint a mellékesekéreg fokozott hormontermelésének kimutatása Cushing-szindrómában 131-jód-nor-cholesterollal.



1. ábra
 111-indium-octreotid restaging vizsgálat carcinoid műtét után, esetleges izotópos terápia eldöntése céljából. Többgócú somatostatin receptor tartalmozó elváltozás a májban, a CT felvételen többgócú májmetasztázis igazolható, amelyeknek csak egy része dúsítja a radiofarmakont

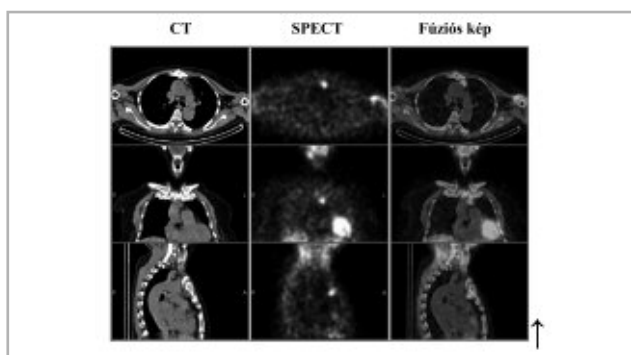
Intézetünkben nagy számban végzünk radioterápiát 131-jód-nátriumjoddal pajzsmirigyákos betegeknél, akiknél részben a nyaki remnant, részben a távoli áttétek kimutatása alapvetően fontos mind a terápia hatásosságának le mérésében, mind a további kezelési lehetőségek meghatározásában. Ezeknél a betegeknél a SPECT/CT alkalmazása rendkívül hasznosnak bizonyult (2. ábra).



2. ábra
 Nagydózisú 131-jód terápiát követően 5 nappal készített felvétel. A nyaki remnant és a jobb hilusban elhelyezkedő nyirokcsomó metasztázis jódfelvétele látható

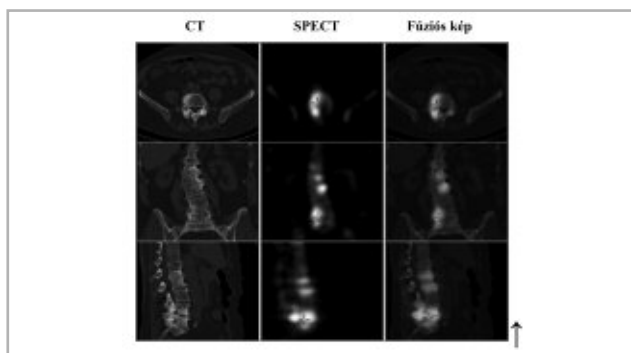
Az aspecifikusan halmozódó radiofarmakonok közül nagy számban végzünk mellékpajzsmirigy vizsgálatokat kettős radiofarmakon technikával. A 99m-technetium-per-technetát segítségével ábrázolható a pajzsmirigy szövet. A 99m-technetium-metoxi-izobutil-izonitril (MIBI) pedig a mitokondriumokban gazdag proliferatív szövetekben dúsul, így a pajzsmirigy és a mellékpajzsmirigy adenomát is leképezhetővé teszi. A két digitális kép kivonásával már csak a mellékpajzsmirigy adenoma válik láthatóvá, amelynek pontos lokalizálásában, operatív felkeresésében és tökéletes eltávolításában nagy segítséget nyújt a fúziós SPECT/CT felvétel (3. ábra).

Igen hasznos lehet a csontszcintigráfias vizsgálatokat kiegészítő SPECT/CT felvétel elkészítése azokban a nem



3. ábra
 Mellékpajzsmirigy adenoma vizsgálata többszöri műtét után. A retrosternálisan elhelyezkedő recidív mellékpajzsmirigy adenoma 99meta-technetium-metoxi-izobutil-izonitril dúsulása látható

ritka esetekben, amikor az egyformán csont metabolizmus fokozódást okozó degeneratív és metasztatikus csontfolyamatokat kell elkülönítenünk, hiszen a primér tumor terápia szempontjából nagyon fontos a távoli áttétek igazolása vagy kizárása (4. ábra). Hasonlóképpen hasznos információkhoz jutunk bármilyen szerv SPECT/CT szcintigráfiája során, amikor a szenzitív, de aspecifikus izotópos elváltozás háttérében álló strukturális eltérést, vagy éppen annak hiányát ki tudjuk mutatni pontos lokalizációval.



4. ábra
 Kiegészítő SPECT/CT felvétel csontszcintigráfia után. A többgócú 99meta-technetium-metil-difoszfónát dúsulások háttérében nem metasztatikus, hanem degeneratív eltérések igazolhatók

A kardiológiában elsősorban az elnyelési korrekció alkalmazásának lehetősége adja a SPECT/CT módszer jelentőségét. Ezekben a vizsgálatokban viszonylag sok az álpozitív eredmény, mivel a tömegesebb emlő a nőknél a bal kamra anterior falának, a magasabb rekeszállás a férfiaknál a bal kamra inferior falának megítélését teszi bizonytalanná. A transzmissziós röntgensugár elnyelődése a szövetekben lehetőséget ad azok vastagságának megítélésére, illetve a gamma sugárzás szöveti elnyelődésének korrekciójára. Ezzel csökkenthető az álpozitív vizsgálati eredmények száma, tehát nő a vizsgálat specifitása. MSCT (legalább 16 szeletes CT) alkalmazásával lehetőségünk nyílik arra is, hogy koronária betegségben egyszerre kapjunk képet a myocardium perfúziójáról, a koronária szűkület mértékéről és a kalcium score értékéről [15].

Összefoglalva: a SPECT/CT készülék a mindennapi rutin nukleáris medicinai diagnosztika hasznos eszköze, amely a funkcionális és morfológiai képalkotás fúziójának megteremtésével javítja az elváltozás pontos lokalizációjá-

nak lehetőségét, közelebb visz a betegség etiológiájához, segít a kapott képen az elnyelődési és mozgási pontatlanságok kiküszöbölésében, mindezekkel egyaránt javítva a vizsgálatok specificitását és szenzitivitását.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Technology Review, Published by MIT: 10 Emerging Technologies That Will Change the World (<http://www.technologyreview.com/Infotech/13060/page7/>)
- [2] Müller Illés: Szubmilliméteres felbontású molekuláris képalkotás. IME VI. évf. Képalkotó Diagnosztikai Különszám 2007, 6(11): 51-55.
- [3] Steinmetz H, Huang Y, Seitz RJ, Knorr U, Schlaug G, Herzog H, Hackländer T, Freund HJ.: Individual integration of positron emission tomography and high-resolution magnetic resonance imaging Cereb Blood Flow Metab. 1992; 12(6):919-26.
- [4] Marsden PK, Strul D, Keevil SF, Williams SC, Cash D. Simultaneous PET and NMR. Br J Radiol. 2002; 75 Spec No:S53-9.
- [5] von Schultess GK.: Integrated modality imaging with PET-CT and SPECT-CT: CT issues Eur Radiol. 2005; 15 Suppl 4:D121-6.
- [6] Schäfers KP., Stegger L.: Combined imaging of molecular function and morphology with PET/CT and SPECT/CT: Image fusion and motion correction Basic Res Cardiol 2008; 103(2): 191-199.
- [7] Ferro-Flores G., de Murphy CA.: Current developments in SPECT/CT systems using 99mTc-radiopharmaceuticals Rev Invest Clin 2007, 59(5): 373-81.
- [8] Townsend DW.: Multimodality imaging of structure and function Phys Med Biol 2008, 53(4): R1-R39.
- [9] Patel CN., Chowdhury FU., Scarsbrook AF.: Clinical utility of hybrid SPECT-CT in endocrine neoplasia AJR Am J Roentgenol 2008; 190(3): 815-24.
- [10] Li G., Citrin D., Camphausen K., Mueller B., Burman C., Mychalczak B., Miller RW., Song Y.: Advances in 4D medical imaging and 4D radiation therapy Technol Cancer Res Treat 2008; 7(1): 67-81.
- [11] Schillaci O., Simonetti G.: Fusion imaging in nuclear medicine-applications of dual-modality systems in oncology Cancer Biother Radiopharm 2004, 19(1): 1-10.
- [12] Chowdhury FU., Scarsbrook AF.: The role of hybrid SPECT-CT in oncology: current and emerging clinical application Clin Radiol 2008, 63(3): 241-51.
- [13] Rozovsky K., Koplewitz BZ., Krausz Y., Revel-Vilk S., Weintraub M., Chisin R., Klein M.: Added value of SPECT/CT for correlation of MIBG scintigraphy and diagnostic CT in neuroblastoma and pheochromocytoma AJR Am J Roentgenol 2008; 190(4): 1085-90.
- [14] Ameri P., Gatto F., Arvigo M., Villa G., Resmini E., Minuto F., Murialdo G., Ferone D.: Somatostatine receptor scintigraphy in thoracic diseases J Endocrinol Invest 2007; 30(10): 889-902.
- [15] Akincioglu C., Belhocine T., Gambhir S., Romsa J., Chourai G., Kribs S., Elliot JA., Vezina W., Urbain JL.: Complementary roles of low-dose SPECT-CT and high-resolution volume CT for detection of coronary artery disease

A SZERZŐK BEMUTATÁSA



Dr. Zámbo Katalin 1977-ben szerzett orvosi diplomát a Pécsi Orvostudományi Egyetem (POTE) Általános Orvosi Karán. Ezt követően a gyógyszeres Intézetben dolgozott, majd 1979. őszén került az – akkori nevén – Központi Klinikai Radioizotóp Laboratóriumba, ahol 1982-ben klinikai laboratóriumi vizsgálatokból, majd 1984-ben izotópdia-
nosztikából tett szakvizsgát. 1982-től tanársegédként, 1990-től egyetemi adjunktusként dolgozott, majd 1998-tól egyetemi docens a Nukleáris Medicina Intézetben. Kezdetben nukleáris kardiológiával foglalkozott, 1996-ban megvédte kandidátusi disszertációját, 2004-ben habilitált a Pé-

csi Tudományegyetemen. Professzori kinevezését 2006-ban vette át. Az utóbbi években érdeklődése inkább a nukleáris onkológia felé fordult, ezen belül az emlő daganatok és a melanoma malignum sentinel nyirokcsomó vizsgálatának a klinikai rutinba történő bevezetésében, nőgyógyászati tumorok esetén pedig a módszer kidolgozásában van jelentős szerepe, amiről több közleményben beszámolt. Jelenlegi érdeklődési köre a különböző daganatos betegségek specifikus molekuláris diagnosztikája és izotópos terápiaja, amelynek során az első magyar SPECT/CT készülék alkalmazhatóságát, indikációs területét igyekszik kidolgozni. A Hevesy György Magyar Orvostudományi Nukleáris Társaság (MONT) vezetőségének, illetve a European Association of Nuclear Medicine (EANM) tagja.

Dr. Dérczy Katalin bemutatása lapunk 29. oldalán, **Dr. Szabó Zsuzsanna** bemutatása lapunk 43. oldalán, **Dr. Weninger Csaba** bemutatása lapunk 11. oldalán, és **Dr. Battyány István** bemutatása pedig lapunk VI. évfolyamának 6. számában olvasható.