

Újdonságok és új lehetőségek a SPECT/CT klinikai alkalmazásában

Zámbó Katalin, Schmidt Erzsébet, Szabó Zsuzsanna, Sarkadi Margit, Dérczy Katalin, Szekeres Sarolta

Pécsi Tudományegyetem Klinikai Központ, Nukleáris Medicina Intézet, Radiológiai Klinika, Pécs

A képalkotó diagnosztika területén egyre inkább előtérbe kerülnek a hibrid képalkotó berendezések, azaz a fúziós képalkotás. A módszer legfőbb előnye, hogy több modalitás egyidejű alkalmazásával egyszerre kapunk információt a morfológiai, funkcionális, esetleg molekuláris változásokról egyes betegségekből. Közleményemben a SPECT/CT (egyfotonos emissziós komputertomográf/komputertomográf) hibrid készülék lehetőségeit, előnyeit és alkalmazhatóságát foglalom össze, elsősorban az onkológiai betegségekre, de emellett egyéb kóros elváltozások felderítésében. A SPECT/CT a funkcionális és morfológiai eltérések egyidejű kimutatásával növeli a nukleáris medicina vizsgálatainak specifikitását, diagnosztikus pontosságát, ezzel az alkalmazható terápia hatékonyságát is. Magyar Onkológia 59:17–24, 2015

Kulcsszavak: SPECT/CT, fúziós képalkotás, molekuláris diagnosztika, specifikus radioterápia

The application of hybrid equipments and fused techniques has increasing importance in the field of imaging diagnostics. The biggest advantage of these methods is the simultaneous use of several modalities which can give data about the morphological, functional as well as molecular changes of the different diseases at the same time. The facilities, advantages and the applicability of the SPECT/CT (single photon emission computer tomograph/computer tomograph) are summarized in this paper mainly in oncologic diseases, but also in other disorders. The multimodality equipments showing the function and morphology together increase the specificity and diagnostic accuracy of the nuclear medicine methods and were found to be more efficient in the therapy effectiveness, too.

Zámbó K. Novelities and new facilities in the clinical application of SPECT/CT imaging. Hungarian Oncology 59:17–24, 2015

Keywords: SPECT/CT, fused imaging, molecular diagnostics, specific radiotherapy

Levelezési cím: Dr. Zámbó Katalin, Med. habil. egyetemi tanár, Pécsi Tudományegyetem Klinikai Központ, Nukleáris Medicina Intézet, 7624 Pécs, Ifjúság útja 13. Tel.: 72-535 843, e-mail: zambo.katalin@pte.hu

Közlésre érkezett: 2014. november 27. • Elfogadva: 2014. december 18.

BEVEZETÉS

A képalkotó diagnosztika különböző területei az elmúlt évtizedben ugrásszerű fejlődést mutattak. Ezzel egy időben egyre fontosabbá vált a hibrid képalkotás, azaz a különböző modalitások együttes alkalmazása fúziós kép készítésével (1, 2). Érdekes módon hazánkban a PET/CT (pozitronemissziós tomográf/komputertomográf) készülékek előbb kezdtek működni, mint a „hagyományos” izotóp-diagnosztikai módszereknél is alkalmazható SPECT/CT, amely mindössze 7 éves múltra tekint vissza. Magyarország első SPECT/CT hibrid berendezése a Pécsi Tudományegyetem Nukleáris Medicina Intézetében került telepítésre.

A SPECT/CT olyan kombinált készülék, amely két képalkotó modalitást egyszerre, egy időben hoz létre, azaz fúziós képet készít, amely a betegben kialakult elváltozások pontosabb morfológiai és funkcionális értékelését egy időben, egy vizsgálaton belül teszi lehetővé. Különösen előnyös a SPECT/CT készülék alkalmazása a nukleáris onkológiában, ahol a SPECT-vizsgálattal legtöbbször lágyrészelváltozást keresünk, amelynek lokalizációja, ill. a szervek érintettségének igazolása morfológiai vizsgálat nélkül nagyon nehéz, a SPECT- és a CT-felvétel metszetsorainak együttes értékelésével azonban sokkal pontosabbá tehető (3, 4). A nukleáris medicina számos olyan módszert ismer, amelyek különböző daganatos betegségek esetén a primer tumorok és a metasztázisok kimutatására is alkalmasak. Ezek a módszerek részben aspecifikusan halmozódó, részben specifikusan, csak bizonyos típusú tumorsejtekhez kötődő radiofarmakonokat alkalmaznak. Az utóbbiak között többféle receptorhoz kötődő molekula ismert (meta-jodo-benzilguanidin [MIBG], pentetreotid, oktreotid, depreotid), amelyek gamma-sugárzó izotóppal jelölve alkalmasak különböző hormontermelő neuroendokrin tumorok kimutatására, szenzitivitásuk és specifitásuk is magas.

Emellett lehetőség nyílik a hibrid képalkotó technikák alkalmazására az ismeretlen vagy bizonytalan csontléziók diagnosztikájában is. A csontszcintigráfias vizsgálat SPECT/CT-vel kiegészítve jelentősen javítja az elváltozás etiológiájának pontos tisztázását, a specifitást (5, 6).

A nőgyógyászati neopláziák fontos prognosztikai faktora a regionális nyirokcsomók állapota. A vulvatumorok sebészi ellátásának ma már fontos részévé vált az őrszemnyirokcsomó-szcintigráfia (7, 8), felvetődik azonban az igény a módszer alkalmazására korai stádiumú méhnyak- és méhtestdaganatok kezelésében is. A hagyományos planáris vizsgálatot SPECT/CT-felvétellel kiegészítve pontosabb tájékozódás lehetséges a kismedencei nyirokrégiókban (9).

Az utóbbi egy-két évtizedben világszerte megduplázódott a pajzsmirigyrákok előfordulási gyakorisága. Ennek részben a vizsgálmódszerek finomodása és hozzáférhető-

sége a magyarázata, így egyre több esetet – és egyre korábban – ismernek fel, de ténylegesen növekszik a betegség incidenciája is. A pajzsmirigyben izotópos vagy ultrahangvizsgálattal talált, radiofarmakont nem halmozó hideg göböknek akár a 10%-a is lehet pajzsmirigydaganat. A terápia alapja a közel totális vagy totális tiroidektómia, amelyet differenciált rákokban a maradvány ablációja követ radiojóddal, illetve a metasztázisok radiojód-kezelése (10). A SPECT/CT hibrid készülék segítségével a pajzsmirigyrákok nagy dózisu radioterápiája után elvégzett, viszonylag kis sugárterheléssel járó vizsgálat alapján olyan azonnali többletinformációkhoz jutunk, amely az elváltozások etiológiája, a betegség stádiuma és a további kezelés szempontjából döntő jelentőségű lehet.

A kardiológiai vizsgálatok végzésekor is alkalmazható a SPECT/CT-készülék elnyelési korrekció kivitelezésére, amellyel az álpozitív esetek csökkentése, a diagnosztikus pontosság növelése valósítható meg (11). Legalább 16 szeletes multislice CT-készülék alkalmazása esetén egyszerre tanulmányozható a koronáriák szűkülete és a következményes mikrocirkulációs eltérések a szívizomzatban.

A SPECT/CT-készülék tehát a képalkotó diagnosztika modern eszköze, alkalmazása a vizsgálatok diagnosztikus pontosságát tovább javítja, segít az elváltozás pontos lokalizálásában, és fontos szerepe van a specifikus radioterápia tervezésében, hatásának monitorozásában is. Csökkenti a betegek egészségügyi intézményben történő megjelenéseinek számát, ami gazdasági szempontból sem elhanyagolható.

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” (12). A fiatal, gyorsan fejlődő orvosbiológiai kutató tudományág célja, hogy a sejtekben zajló normális és patológiás 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 gyógyszerstan, 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, karakterizálásával és mennyiségi meghatározásával foglalkozik (13).

A nukleáris medicinában számos vizsgálati lehetőség van a különböző betegségek kimutatására. A módszerek a károsodott szervek megváltozott biokémiai folyamatainak

alapulnak. Az egyes szervek szcintigráfiás vizsgálatai indirekt módon jelzik azt a funkcionális változást, szöveti károsodást, amelyet a betegség kialakulása hoz létre. Sok esetben a tumor elhelyezkedése, kis mérete miatt más képalkotók nem alkalmasak az elváltozás kimutatására. A nukleáris medicina módszerei olyan funkcionális adatokat szolgáltatnak az egyes daganatok biokémiájáról, amelyek nagy jelentőségűek a korai felismerés, a staging, restaging, a terápiatervezés, -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 multimodális készülékek, amelyek közül a SPECT/CT ma már jól ismert az onkológiai diagnosztikában.

A MULTIMODÁLIS KÉSZÜLÉKEK ELŐNYEI

A képalkotó diagnosztika fejlődésével egyre inkább a különböző elven működő leképezések fúziója, kombinált elkészítési lehetősége kerül előtérbe. Hazánkban már működik 5 PET/CT-készülék, a nemzetközi szakirodalom pedig PET/MR fúziós készülékekről is beszámol (14).

A funkcionális képalkotás általában korlátozott anatómiai-morfológiai információt nyújt. A multimodális 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 (13).

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 medicinai vizsgáló elveken alapuló funkcionális változások, azaz az anyagcsere, a mikrocirkuláció, a hormonszintézis, a receptoreloszlás stb. kóros vagy normális viszonyai. Az új tomográfiai képalkotó berendezések köszönhetően az orvosok a betegben zajló molekuláris folyamatokat milliméteres felbontással tudják vizsgálni – ugyancsak pontos anatómiai lokalizációval (1, 2). 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 vérellátá-

sát, 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 végezhetők, CT-felvétellel kiegészítve azonban jelentősen nő a vizsgálati pontosság az azonnali lokalizáció lehetőségével (15). A SPECT/CT-készülék másik jelentősége az elnyelési és mozgáskorrekció alkalmazásának lehetősége. A betegből érkező gamma-fotonok ugyanis a szöveteken áthaladva a rétegvastagságtól függően részben elnyelődnek, így álpozitívást eredményező képek alakulhatnak ki. A röntgensugárral történő elnyelési korrekció alkalmazása a műtermékek kiküszöbölésével, a háromdimenziós (3D) és négydimenziós (4D) képkijelzés, illetve a közeli jövőben a 3D nyomtatás lehetősége a diagnosztika specifikitását és a terápia hatékonyságát jelentősen növeli és növelni fogja (1, 2, 16).

A SPECT/CT KLINIKAI ALKALMAZÁSAI

A készülék alkalmazásának legfőbb indikációi:

1. Direkt – tumorokban dúsuló – radiofarmakonokkal végzett vizsgálatok
 - specifikus: szomatosztatinreceptorhoz (^{111}In -pentet-reotid [Octreoscan], $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -depreotid [Neospect]), adrenergereceptorhoz (^{131}I -, ^{123}I -meta-jodo-benzilguanidin [MIBG]) kötődő, hormonszintézisben részt vevő (^{131}I -Na-jodid terápia, ^{131}I -metil-nor-koleszterin) radiofarmakonok
 - aspecifikus: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -metil-difoszfónát [MDP], ^{201}Tl -klorid, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -metoxi-izobutil-izonitril [MIBI], $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -tetrofosmin, ^{67}Ga -citrát
2. Indirekt szcintigráfiák (csont-, agyi perfúzió, agyi receptor, máj, pajzsmirigy, mellékpajzsmirigy, szentinel nyirokcsomó stb.) kiegészítéseként
3. Terápia nyomon követése, a specifikus radioterápiák hatásosságának előrejelzése
4. Elnyelési korrekció alkalmazása

Direkt szcintigráfiák

A SPECT/CT-készülék alkalmazásának legfőbb előnye it 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 ábrázolódjanak a nukleáris medicinai képalkotás folyamán. Bár ez általában nem valósul meg teljes mértékben, mivel bizonyos szervek többnyire fiziológiásan is kirajzolódnak, e vizsgálatok során mégis nehéz tájékozódni a testben, nehéz pontosan lokalizálni az elváltozást. A beteg prognózisa szem-

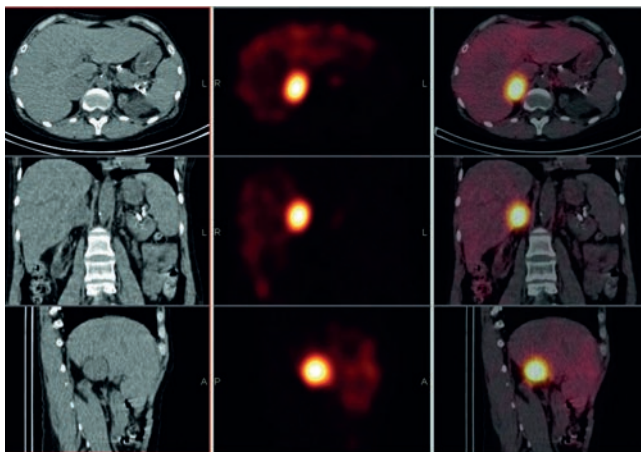
pontjából azonban nem mindegy, hogy egy rosszindulatú elváltozás egy szerv határain belül helyezkedik el, vagy már ráterjed a környezetére. Ezekben az esetekben nagy segítséget jelent, ha egy, az anatómiai struktúrát pontosan mutató CT-képre tudjuk helyezni az izotópos képet, azaz létrehozuk a fúziós megjelenítést (3, 4).

A nemzetközi irodalomban és intézetünkben is rutinszerűen alkalmazott módszer az adrenergereceptorokat tartalmazó feokromocitóma és neuroblasztóma, a szomatostatinreceptorokat expresszáló tüdőtumorfók és gasztrointesztinális karcinoidok vizsgálata, valamint a mellékvesekéreg fokozott hormontermelésének kimutatása Cushing-szindrómában.

Adrenergereceptor vizsgálata

Az endokrin szervek elváltozásainak izotópdiagnosztikai vizsgálati lehetőségeiről Gross és mtsai (17) már 1984-ben beszámoltak. Számos, katekolaminokat termelő neuroendokrin daganat sejtjei halmozják az intravénásan adott 123-jód vagy 131-jód izotóppal jelzett MIBG-t. A vizsgálat leggyakoribb indikációs területe a feokromocitóma és a neuroblasztóma. Hugosson és mtsai (18) több izotópos és radiológiai képalkotó technikát hasonlítottak össze neuroblasztómás gyerekeknél, és arra a következtetésre jutottak, hogy a lokális elváltozások egyes szervekkel való kapcsolatának pontos kimutatásában a CT és az MR a leghasznosabb, míg a metasztatikus betegség diagnosztikájában az izotópos módszerek a célravezetőbbek. A SPECT/CT-készülék alkalmazása ezeknél a vizsgálatoknál szerintünk is jelentősen növeli a diagnosztikus pontosságot. Rozovsky és mtsai (19) adatai alapján a más módszerekkel bizonytalanul értékelhető esetek 89%-ában a fúziós technika növeli a diagnosztikus pontosságot.

1. ábra. Jobb oldali feokromocitóma típusos SPECT/CT-felvétel, 123I-MIBG-vizsgálat



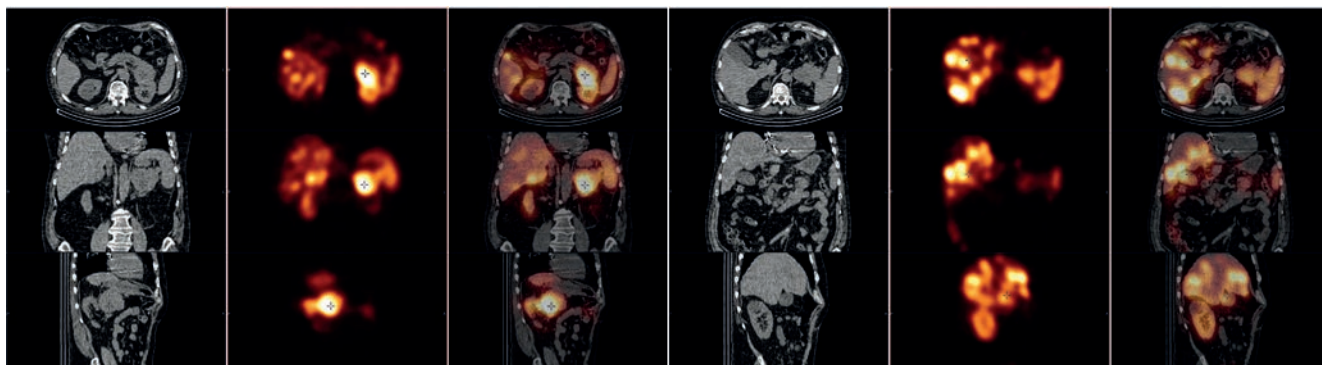
Intézetünk több mint 10 éve rutinszerűen végzi ezeket a vizsgálatokat; korábban statikus és SPECT-felvételek alapján végeztük az értékelést, az utóbbi 7 évben minden betegnél SPECT/CT-felvételt is készítünk több régióról (1. ábra). Feldolgozásunk során 43 MIBG-vizsgálat adatait elemeztük. Két független szakorvos végezte az értékelést csak a statikus és SPECT-felvételek alapján, majd a SPECT/CT-felvételt is figyelembe véve. Eredményeink azt mutatják, hogy a SPECT/CT-felvétel az esetek 18,6%-ában pontosította a végső értékelést. A fúziós felvételi technika tehát rendkívül érzékenyen jelzi a tumorszövet meglétét, ugyanakkor pontosan lokalizálja is a daganatot. Különösen előnyös ez többgócú elváltozások esetében, és akkor, amikor a kisméretű CT-eltérésre a radiofarmakon azonnal szembetűnő dúsulása hívja fel a figyelmet.

Szomatostatinreceptor vizsgálata

A gasztrointesztinális rendszer hormontermelő daganatai és egyes tüdőtumorfók sejtjei nagy mennyiségben tartalmaznak szomatostatinreceptorokat, így a hozzájuk kötődő radiofarmakonokkal ezek a daganatok kimutathatók. A receptornak 5 különböző altípusa ismert, ezek közül a 2-es altípushoz az 111-indium-pentetreotid, a 2-es, 3-as, 5-ös altípushoz a 99mTc-depreotid molekula kötődik. A szomatostatinreceptor-szcintigráfia hasznáról már a 90-es évek elején beszámolnak (20) különböző hormontermelő daganatok kimutatásában, mint pl. a karcinoid, egyes hasnyálmirigy-tumorfók, hipofízistumor és különböző agydaganatok. Cwikta és mtsai (21) eredményei alapján a 111-indium-oktreotid vizsgálat szövettan alapján kimutatott diagnosztikus pontossága neuroendokrin tumorokban szignifikánsan jobb, mint a CT-vizsgálaté, elsősorban multiplex elváltozások esetén, így ennek alkalmazását ajánlja neuroendokrin tumor gyanúja esetén. A SPECT/CT-készülék fúziós képalkotása ezeknél a daganatoknál is jelentősen tovább javítja a vizsgálat diagnosztikus pontosságát. Perri és mtsai (22) eredményei azt mutatják, hogy az oktreotid SPECT/CT pontossága az elváltozások detektálásában és lokalizálásban 94,7%, szignifikánsan jobb, mint a SPECT önmagában, amely csak 45,6%-os pontosságú.

Intézetünkben 48, SPECT/CT-felvétellel kiegészített szomatostatinreceptor-vizsgálat eredményeit elemeztük. Az adatok feldolgozása a MIBG-vizsgálatokhoz hasonlóan történt. Ennek alapján a fúziós felvétel az esetek 29,1%-ában pontosította a később szövettanilag igazolt diagnózist és a daganat lokalizációját. A fúzióval kiegészített szcintigráfias módszer ezekben az esetekben is jól alkalmazható a daganatok kimutatásában, lokalizálásában, szervekkel való kapcsolatának megítélésében, a távoli metasztatizások jelzésében, a terápia hatékonyságának követésében és a recidívák kimutatásában (2. ábra).

2. ábra. Hasnyálmirigyfarkok-karcinóma és májmetasztázisai, ¹¹¹In-Octreoscan-vizsgálat



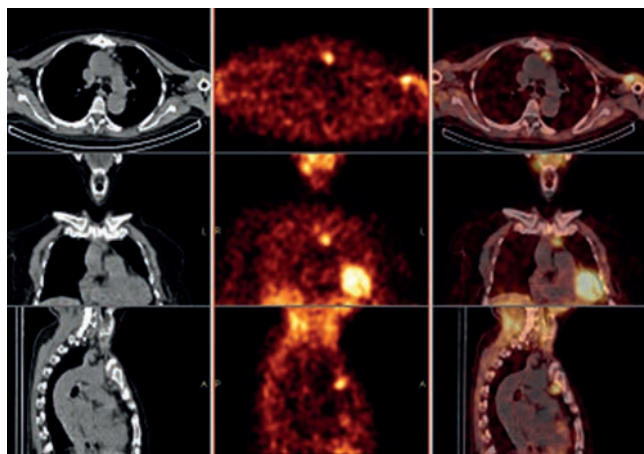
Aspecifikus halmazódáson alapuló vizsgálatok

Az egyes radiofarmakonokat aspecifikusan halmozó elváltozások közül nagy számban végzünk mellékpajzsmirigy-vizsgálatokat kettős radiofarmakon technikával. A ^{99m}Tc-technécium-pertechnetát segítségével ábrázolható a pajzsmirigyszövet. A ^{99m}Tc-technécium-MIBI pedig a mitokondriumokban gazdag proliferatív szövetekben dúsul, így a pajzsmirigyet és a mellékpajzsmirigy-adenómát is leképezhetővé teszi. A két digitális kép kivonásával már csak a mellékpajzsmirigy-adenóma válik láthatóvá, amelynek pontos lokalizálásában, operatív felkeresésében és tökéletes eltávolításában nagy segítséget nyújt a fúziós SPECT/CT-felvétel (23) (3. ábra).

Indirekt szcintigráfiák

Kiegészítő SPECT/CT-felvétel valamennyi szerv vizsgálatkor végezhető, ha előzetes ismereteink vannak bizonyos morfológiai változásokról, amelyek az izotópos vizsgálat ér-

3. ábra. Két ektópiás mellékpajzsmirigy-adenóma a szegycsont mögött, ^{99m}Tc-MIBI-vizsgálat



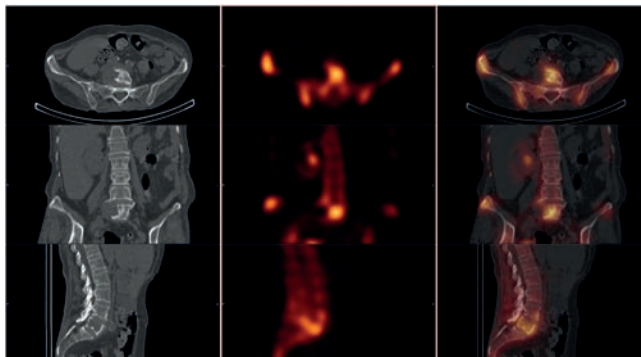
tékelését befolyásolhatják, vagy felmerül az igény ilyen eltérések igazolására. Az agyi perfúziós és agyi preszinaptikus dopaminreceptor-vizsgálatoknál rutinszerűen készítünk CT-felvételt is az anatómiai struktúrák megjelenítésére, esetleg az MR-vizsgálattal történő koregisztráció megkönnyítésére. Hasonló a helyzet a máj vizsgálatainál (kolloidális szcintigráfia, vérpoolvizsgálat), amikor a hasi szervek mérete, helyzete, esetleges látható CT-morfológiai eltérései sokat segíthetnek a lelet végső megfogalmazásában.

Igen hasznos lehet a csontszcintigráfias vizsgálatokat kiegészítő SPECT/CT-felvétel elkészítése azokban a nem ritka esetekben, amikor az egyformán csontmetabolizmus-fokozódást okozó degeneratív és metasztatikus csontfolyamatokat kell elkülönítenünk, hiszen a primer 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 háttérben álló strukturális eltérést vagy éppen annak hiányát ki tudjuk mutatni pontos lokalizációval (24).

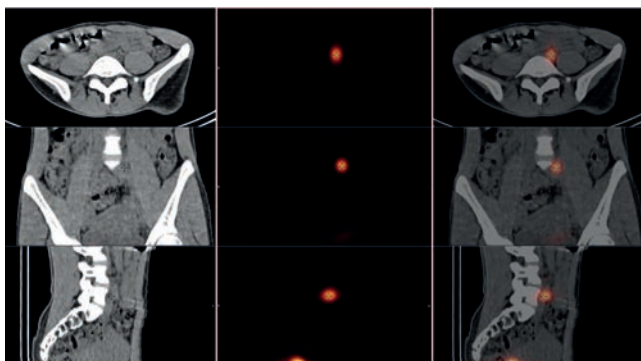
A budapesti Pozitron Diagnosztikai Kft.-vel történő együttműködés során lehetőségünk nyílt 27 beteg csontvizsgálati eredményeinek összehasonlítására, akiknél onkológiai kivizsgálásuk részeként mind SPECT/CT-vel kiegészített csontszcintigráfia, mind PET/CT-vizsgálat történt. A betegek 48%-ánál csontmetasztázis tekintetében mind a SPECT/CT, mind pedig a PET/CT eljárás negatív volt, 22%-ban mindkét vizsgálati módszer kimutatta a csontmetasztázist, a bizonytalan esetek száma pedig 30% volt. A különbség oka lehet, hogy a két nukleáris medicina módszer más alapmechanizmussal jelzi a patológiás folyamatot, ugyanakkor csontmetasztázis kimutatására a csontszcintigráfia SPECT/CT-vizsgálattal kiegészítve lényegesen olcsóbb eljárás a PET/CT-nél.

Nőgyógyászati tumoroknál a szentinel nyirokcsomók lokalizálására planáris és SPECT/CT-vizsgálatot végzünk, eltávolításuk intraoperatív gamma-szonda segítségével tör-

4. ábra. Patológiás dúsulás a L V. csigolyában, amelynek oka prosztatatarák litikus metasztázisa. 99m-Tc-MDP-vizsgálat



5. ábra. II. stádiumú adenokarcinóma a méhnyak területén, a szentinel nyirokcsomó a bal oldali parailiakális régióban, szokatlanul magas lokalizációban helyezkedik el 99m-Tc-Sentiscint vizsgálata



ténik, amit minden betegnél kismencedei limfadenektómia és a nyirokcsomók szövettani vizsgálata követ (5. ábra). Módszerünk sikerrel alkalmazható, hasznos eljárásnak tűnik a korai stádiumú méhnyak- és méhtestdaganatos betegek ellátásában, ezzel lehetőséget teremtve a későbbiekben az esetleg indokolatlan kiterjesztett műtétek elkerülésére (25). Jól alkalmazható a SPECT/CT-vizsgálat más daganatok (emlőtumor, melanoma malignum, pénisz-, prosztatatarák) őrszemnyirokcsomó-vizsgálatánál is, amennyiben lokalizálási problémáink vannak.

Specifikus radioterápia tervezése, terápiakövetés

A fúziós receptorvizsgálatok haszna nem csak a diagnosztikában jelentős, nagyon fontos szerepet játszik az alkalmazható radioterápia kiválasztásában, a terápiás hatások előrejelzésében is. A diagnosztika alapelveihez hasonlóan a receptorokhoz kötődő molekulák alkalmasak arra is, hogy béta-sugárzó, azaz terápiára alkalmas izotópot szállítsanak a daganatsejtekhez. A béta-sugárzás az atommagból kilé-

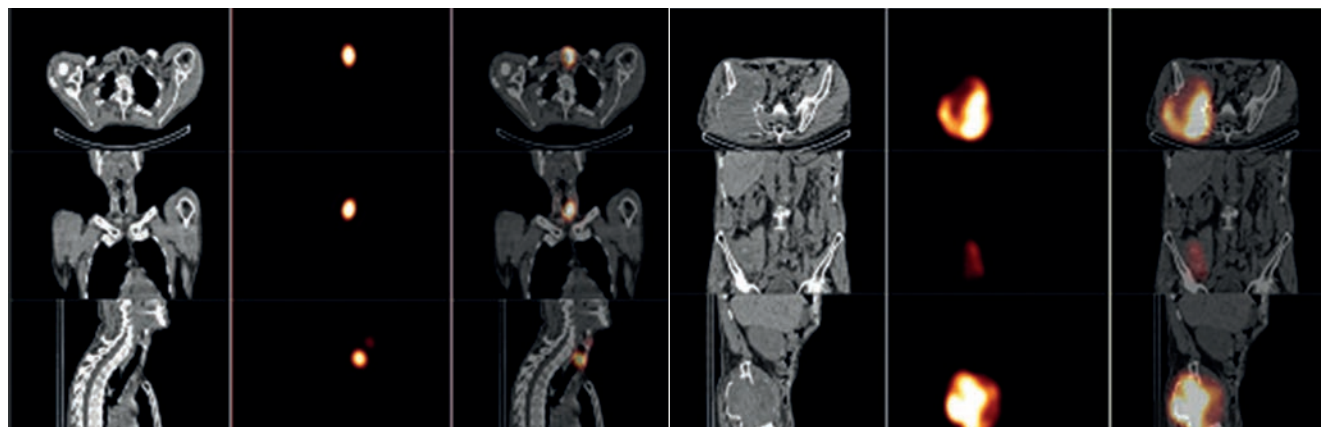
pő gyors elektron, amelynek áthatoló képessége kicsi, 1-2 mm, így már a szövetekben leadja energiáját, elnyelődik. Ez a terápiás módszer tehát csak a tumorszövetet roncsolja, az ép szervekre hatása nincs. Európában már bevezetésre került a nagy dózisu 131-jód-MIBG és 90-yttrium-oktreotid terápiás alkalmazása, előbbi Magyarországon is elérhető. A kezelés előfeltétele azonban, hogy a daganatsejtek tartalmazzanak megfelelő receptort, hogy a kötődés létrejöhessen. A fent említett receptorszintigráfiák tehát egyúttal azt is jelzik, hogy milyen effektív a receptorkötődés. Ha a sejtek sok receptort tartalmaznak, a vizsgálat során a halmozás intenzitása magas, ugyanilyen intenzív lesz a terápiás radiofarmakon kötődése is, azaz a terápiás hatás. A neuroendokrin daganatok sok esetben halmozzák a MIBG-t és az oktreotidot is, de nem egyforma mértékben. Esfandiari és mtsai (26) javasolják, hogy a kétféle diagnosztikus radiofarmakon kötődése alapján kell kiválasztani az alkalmazandó terápiát malignus feokromocitómás betegnél. O'Dorisio és mtsai (27) hangsúlyozzák, hogy a kombinált funkcionális és anatómiai képalkotás nagyon szenzitív a diagnosztikában, jelentős prediktív értéke van a terápiás hatás előrejelzésében, ugyanakkor nagyon érzékeny a terápiás hatás monitorozásában is.

Intézetünkben nagy számban végzünk radioterápiát 131-jód-Na-jodiddal pajzsmirigyrákos betegeknél, akiknél részben a nyaki maradvány, részben a távoli áttétek kimutatása alapvetően fontos mind a terápia hatásosságának lemerésében, mind a további kezelési lehetőségek meghatározásában. A pajzsmirigyrákok nagy dózisu radiojód-terápiája után végzett egésztest-felvétel hasznos módszer a közel totális vagy totális tiroidektómia után a maradék pajzsmirigyszövet, valamint a jódfelvevő nyaki és távoli metasztázisok kimutatására (6. ábra). Az egésztest-felvételen azonban az anatómiai határok nem láthatók, a jódot dúsító struktúrák nehezen lokalizálhatók. A képet sokszor zavarja az ektópiás pajzsmirigyszövet, a jódot fiziológiásan is kiválasztó szervek (orr- és szájüreg nyálkahártyája, nyálmirigyek, máj, gyomor, belek, húgyhólyag), valamint a bőrön az esetleges szennyeződések megjelenése (28). Az azonosíthatatlan radiojód-halmozások további vizsgálatára alkalmas a SPECT/CT hibrid készülék, amely egy időben és a beteg azonos pozíciójában egyszerre készíti el az izotópos rétegfelvételt és egy alacsony dózisu natív CT-felvételt, amelyeket fuzionálva lehetőségessé válik a dúsulások pontos lokalizálása (29).

Elnyelési korrekció alkalmazása

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

6. ábra. Follikuláris pajzsmirigyrák lokális recidívája, nagy kiterjedésű csont- és lágyrésztaszta 131I-Nal nagy dózisu terápia után



kamra inferior falának megítélését teszi bizonytalaná. 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 specificitása. MSCT (legalább 16 szeletes CT) alkalmazásával lehetőségünk nyílik arra is, hogy koronáriabetegségben egyszerre kapjunk képet a miokardium perfúziójáról, a koronáriszűkület mértékéről és a kalcium-score értékéről (30).

KÖVETKEZTETÉS

A SPECT/CT-készülék a mindennapi rutin nukleáris medicinai diagnosztika hasznos eszköze, amely a funkcionális és morfológiai képalkotás fúziójának megteremtésével javítja az elváltozás pontos lokalizációjának lehetőségét, közelebb visz a betegség etiológiájához, segít a kapott képen az elnyelődési és mozgási pontatlanságok kiküszöbölésében, mindezekkel egyaránt javítva a vizsgálatok specificitását és szenzitivitását, az alkalmazott terápia hatékonyságát.

IRODALOMJEGYZÉK

- 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* 103:191–199, 2008
- Ferro-Flores G, de Murphy CA. Current developments in SPECT/CT systems using 99mTc-radiopharmaceuticals. *Rev Invest Clin* 59:373–381, 2007
- Schillaci O, Simonetti G. Fusion imaging in nuclear medicine – applications of dual-modality systems in oncology. *Cancer Biother Radiopharm* 19:1–10, 2004
- Chowdhury FU, Scarsbrook AF. The role of hybrid SPECT-CT in oncology: current and emerging clinical application. *Clin Radiol* 63:241–251, 2008
- Horger M, Bares R. The role of single-photon emission computed tomography/computed tomography in benign and malignant bone disease. *Semin Nucl Med* 36:286–294, 2006
- Römer W, Nömayr A, Uder M, et al. SPECT-guided CT for evaluating foci of increased bone metabolism classified as indeterminate on SPECT in cancer patients. *J Nucl Med* 47:11a–12a, 2006
- Zámbó K, Schmidt E, Hartmann T, et al. Preliminary experiences with sentinel lymph node detection in cases of vulvar malignancy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 29:1198–1200, 2002
- Zámbó K, Koppán M, Paál A, et al. Sentinel lymph nodes in gynaecological malignancies: frontline between TNM and clinical staging systems? *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 30:1684–1688, 2003
- Díaz-Feijoo B, Pérez-Benavente MA, Cabrera-Díaz S, et al. Change in clinical management of sentinel lymph node location in early stage cervical cancer: the role of SPECT/CT. *Gynecol Oncol* 120:353–357, 2011
- Bombardieri E, Pacini F. Radioiodine therapy a successful tool in treating thyroid cancer. Foreword. *Q J Nucl Med Mol Imaging* 53:439, 2009
- Akincioglu C, Belhocine T, Gambhir S, et al. Complementary roles of low-dose SPECT-CT and high-resolution volume CT for detection of coronary artery disease. *Clin Nucl Med* 33:285–287, 2008
- Technology Review, Published by MIT: 10 Emerging Technologies That Will Change the World (<http://www.technologyreview.com/Info-tech/13060/page7/>)
- Müller I. Szubmilliméteres felbontású molekuláris képalkotás. *IME* 6:51–55, 2007
- Steinmetz H, Huang Y, Seitz RJ, et al. Individual integration of positron emission tomography and high-resolution magnetic resonance imaging. *Cereb Blood Flow Metab* 12:919–926, 1992
- Patel CN, Chowdhury FU, Scarsbrook AF. Clinical utility of hybrid SPECT-CT in endocrine neoplasia. *AJR Am J Roentgenol* 190:815–824, 2008
- Li G, Citrin D, Camphausen K, et al. Advances in 4D medical imaging and 4D radiation therapy. *Technol Cancer Res Treat* 7:67–81, 2008
- Gross MD, Shapiro B, Thrall JH, et al. The scintigraphic imaging of endocrine organs. *Endocr Rev* 5:221–281, 1984
- Hugosson C, Nyman R, Jorulf H, et al. Imaging of abdominal neuroblastoma in children. *Acta Radiol* 40:534–542, 1999
- Rozovsky K, Koplewitz BZ, Krausz Y, et al. Added value of SPECT/CT for correlation of MIBG scintigraphy and diagnostic CT in neuroblastoma and pheochromocytoma. *AJR Am J Roentgenol* 190:1085–1090, 2008

20. Lamberts SW, Bakker WH, Reubi JC, et al. Somatostatin receptor imaging in vivo localization of tumors with a radiolabeled somatostatin analog. *Steroid Biochem Mol Biol* 37:1079–1082, 1990
21. Cwikta JB, Buscombe JR, Mielcarek WA, et al. Comparison of functional imaging and standard CT in evaluation of disease extent in patients with tumours showing neuroendocrine features. *Nucl Med Rev Cent East Eur* 4:27–33, 2001
22. Perri M, Erba P, Volterrani D, et al. Octreo-SPECT/CT imaging for accurate detection and localization of suspected neuroendocrine tumors. *Q J Nucl Med Mol Imaging* 52:323–333, 2008
23. Rubello D, Casara D, Fiore D, et al. An ectopic mediastinal parathyroid adenoma accurately located by a single-day imaging protocol of Tc-99m pertechnetate-MIBI subtraction scintigraphy and MIBI-SPECT-computed tomographic image fusion. *Clin Nucl Med* 27:186–190, 2002
24. Helyar V, Mohan HK, Barwick T, et al. The added value of multislice SPECT/CT in patients with equivocal bony metastasis from carcinoma of the prostate. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 37:706–713, 2010
25. Buda A, Elisei F, Arosio M, et al. Integration of hybrid single-photon emission computed tomography/computed tomography in the preoperative assessment of sentinel node in patients with cervical and endometrial cancer: our experience and literature review. *Int J Gynecol Cancer* 22:830–835, 2012
26. Esfandiari NH, Shulkin BL, Bui C, et al. Multimodality imaging of malignant pheochromocytoma. *Clin Nucl Med* 31:822–825, 2006
27. O'Dorisio MS, Kanne G, Bushnell D. Combining anatomic and molecularly targeted imaging in the diagnosis and surveillance of embryonal tumors of the nervous and endocrine systems in children. *Cancer Metastasis Rev* 27:665–677, 2008
28. Shapiro B, Rufini V, Jarwan A. Artifacts, anatomical and physiological variants, and unrelated diseases that might cause false-positive whole-body ^{131}I scans in patients with thyroid cancer. *Semin Nucl Med* 30:115–132, 2000
29. Kohlfuerst S, Igerc I, Lobnig M, et al. Posttherapeutic ^{131}I SPECT-CT offers high diagnostic accuracy when the findings on conventional planar imaging are inconclusive and allows a tailored patient treatment regimen. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 36:886–893, 2009
30. Almoudi M, Sun ZH. A head-to-head comparison of the coronary calcium score by computed tomography with myocardial perfusion imaging in predicting coronary artery disease. *J Geriatr Cardiol* 9:349–354, 2012



A Magyar Sugárterápiás Társaság 2015. május 14–16. között tartja XII. kongresszusát

Helyszín:

Four Points by Sheraton
Kecskemét Hotel & Conference Center

A kongresszus tudományos programjának fő témái:

1. Képzérelt sugárkezelés + QA
2. Intenzitásmodulált sugárkezelés + QA
3. Urológiai daganatok
4. Szabadon választott témák

A kongresszussal kapcsolatos információk és a jelentkezési lap az MST honlapjáról letölthetők:

www.sugarterapia.hu

Általános szervező: Mis & Bos Kft.

Kedvezményes jelentkezési és absztraktbeküldési határidő:

2015. március 16.

A jelentkezési lapot és absztraktot az alábbi címre kérjük elküldeni:

E-mail: mst2015@misandbos.hu