

Molekuláris képalkotás és terápia hazánkban

Galuska László

A molekuláris képalkotás és terápia – korábban izotópdiagnosztika, nukleáris medicina – több mint 50 éves múltra visszatekintő orvosi szakterület. A szerző rövid történeti áttekintés után – nemzetközi összehasonlításokat téve – ismerteti a diszciplína hazai helyzetét, elválasztva a hagyományosnak is mondható egyfotonos diagnosztikai és terápiás eljárásokat az újabb, kétfotonosnak vagy közismertebb nevén PET-technikának nevezett eljárásoktól. Bemutatja a szakma legfontosabb területeit magába foglaló korszerű, ideális munkahely szerkezetét. A széles körben ismert eljárások felsorolása mellett jellemzi az izotópterápia hazai helyzetét. Részletesebben foglalkozik az utóbbi években egyre fontosabb, főleg onkológiai diagnosztikai szerepet kapott PET- és PET-CT vizsgálatok hazai helyzetével és várható fejlődésével.

**molekuláris képalkotás, izotópterápia,
SPECT, PET, PET-CT**

**MOLECULAR IMAGING AND THERAPY
IN HUNGARY**

After a brief historical summary of molecular imaging and therapy (earlier called isotope diagnostics or nuclear medicine), which has more than 50 years history in Hungary, the author presents comparative international information regarding the status of this particular discipline in Hungary. He distinguishes between “single photon” or traditional techniques and “double photon” or PET methods. Besides listing well-known traditional methods, the author gives additional details and prognosis about Hungarian PET and PET-CT investigations playing increasingly important roles, especially in the field of oncology.

**molecular imaging, isotope therapy,
SPECT, PET, PET-CT**

dr. Galuska László (levelezési cím/correspondence):

Debreceni Egyetem Orvos- és Egészségtudományi Centrum, Nukleáris Medicina Tanszék/
University of Debrecen, Medical and Health Science Centre, Department of Nuclear Medicine;
H-4012 Debrecen, Nagyerdei krt. 98.

Érkezett: 2005. március 9.

Elfogadva: 2005. június 28.

A klinikai betegellátás egésze során az esetek mintegy 30%-ánál olyan diagnosztikai vagy terápiás teendők adódnak, amelyek csak a molekuláris képalkotás és terápia – korábban izotópdiagnosztika, nukleáris medicina – módszereivel oldhatók meg. Az e módszereket alkalmazó speciális orvosi diszciplína kezdetei 1924-ig vezethetők vissza. Hevesy György kutatásai jelentették a kezdetet, úttörő munkájáért 1943-ban elnyerte a kémiai Nobel-díjat. Hevesy meghatározása szerint: „Ha egy molekulában valamilyik atomot annak radioaktív izotópjára cseréljük, ez nem változtatja meg lényegesen a kémiai és biológiai tulajdonságait.” Ez az alapja annak, hogy külső sugár-méréssel, megfelelő detektorral az emberi szervezetben is kimutatható a jelzett molekulák mozgása, eloszlása. A több mint 60 évvel ezelőtt elnyert Nobel-díj tézisei ma is helytállóak. Azért tisztelik Hevesy György személyében világszerte a molekuláris képalkotás atyját, mert munkássága alapozta meg a nukleáris medicina napjainkban is rohamosan változó, fejlődő orvosi szakterületét. A molekuláris képalkotás körébe ma már per-

se nemcsak a radioaktív izotópokkal, hanem más fizikai jelenség alapján – például: fluoreszcencia, mágnesezés – jelölt molekulákkal végzett képalkotás is tartozhat, a továbbiakban azonban a radioaktív nyomjelzést alkalmazókkal foglalkozom.

Eszközpark

Ha végignézzük a nukleáris medicina eszközparkjának fél évszázados fejlődését, akkor a vizsgált korszak csúcstechnikát képviselő elektromos-elektronikus, majd digitalizált készülékeit látjuk. Az 1960-as években még az úgynevezett egycsatornás mérőhelyeket ismerték, ezekkel egyszerű egyfotonos méréstechnikai eljárásokat, például pajzsmirigy-jódfelvételi görbét, vonalütős szcintigráfiát végeztek. Az 1970-es évektől már megjelentek a nagyobb látóterű gamma-kamerák, amelyek lehetővé tették egy 30-40 cm átmérőjű látóterren belül akár több izotóp egyidejű mozgásának, eloszlásának letérképezését is. Ezeket a szcintigramokat már

digitális formában, számítógépeken tudták gyűjteni, tárolni és utólag feldolgozni.

Az 1980-as években a gamma-kameráknak a beteg körül körpályán való mozgatása vezetett a *single photon emission computer tomography*, a SPECT kialakulásához. Az 1990-es években megjelent az úgynevezett két-fotonos (koincidencia) technika, ez pozitronemissziós tomográfia, PET néven vált rutineljárássá. Ennél a leképezési módszernél a beteg körül gyűrűszerűen elhelyezett, koincidencia-áramkörbe kapcsolt detektortömeg regisztrálja a térbeli izotópeloszlást. (A leképezési módszereket az 1. táblázat foglalja össze.) Bár Magyarországon valamennyi megyei kórházban – Salgótarján és Szolnok kivételével – működik planáris kamerákkal és SPECT-tel is felszerelt izotóplaboratórium, a PET-leképezésre 2005-ig csak Debrecenben volt lehetőség (1). 2005-ben végre Budapesten is üzembe helyeztek két korszerű PET-készüléket, ezek – a CT-vel kapcsoltan – azonos betegpozícióban, az emberi test strukturális képeivel együtt, a molekuláris-metabolikus képi információkat is rögzítik, összevetítik (PET-CT).

A biológiai mintákból történő pontos anyagmeghatározásokat, hormonszintméréseket jelentő in vitro izotóptechnikák – főleg a RIA-vizsgálatok – ugyan nem leképező, hanem mintavételezési-analitikai eljárások, de természetesen nem nélkülözhetők a diagnosztikai gyakorlatban. Ma már zömmel az egészségügyi munkahelyek kémiai laboratóriumaiban végzik őket, de néhány nagyobb megyei kórházban megmaradtak a nukleáris medicina osztályok keretében is.

A hazai ipar – a PET-technikát kivéve – napjainkig lépést tudott tartani a molekuláris leképezés csúcstechnikát jelentő eszközeinek fejlesztésében és gyártásában. Ezért is sajnálatos, hogy a magyar egészségügyi ellátóhálózat csak nagy késéssel tudja az elavuló műszereket újra cserélni. Ennek hátterében többek között az áll, hogy – összevetve más európai uniós országokkal – hazánkban a nukleáris medicina (is) alulfinanszírozott szakma. A jelenlegi (javuló) OEP-finanszírozás még nem fedezi a kiemelkedően magas rezsiköltséggel működtethető nukleáris medicina költségeit, nem tartalmazza a műszeramortizációt. Ezért sok kórház a

vizsgálati kapacitások szűkítésével működteti izotópd diagnosztikai osztályát. A radiofarmakon-rendelések – takarékosági okokkal indokolt – nyirbálása csak rontja a helyzetet, ezért az eszközök kihasználtsága csak a kórházi szinten kialakított és fenntartott jobb betegszervezéssel közelíthető az optimálishoz.

A korszerű munkahely

Ma egy nukleáris medicina osztályon a korszerűen felszerelt, minden igényt kielégítő (egyetemi szintű) munkahely a következő részlegekből áll:

– Az egyik részleg a betegek úgynevezett *in vivo diagnosztikai* leképezésével foglalkozik; ez a planáris kamerákkal, a SPECT- és a PET-leképezőtechnikával végzett diagnosztikai képalkotást jelenti.

– A másik részleg szérumbintákból *in vitro radioimmuno-* vagy egyéb *esszéeljáráásokat* végez.

– A harmadik a különböző *izotópokkal végzett speciális terápiák* részlege, helyet adva egy környezetvédelmi szempontból megfelelően kialakított néhány ágyas fektetőrészlegnek is (2. táblázat).

Itt meg kell jegyezni, hogy hazánkban nincsen a felsorolt valamennyi részleggel rendelkező (egyetemi oktató) munkahely! A legtöbb munkahelyen – az európai gyakorlathoz hasonlóan – gamma-kamerák, SPECT-ek, esetleg in vitro mérőműszerek találhatóak, és ambulanter végeznek pajzsmirigy-jódizotóp vagy csontfájdalom-csökkentő terápiát. (Privatizált formában egy-egy SPECT és két PET-CT működik.)

Egyfotonos in vivo diagnosztika és terápia

Az izotópd diagnosztika és -terápia területén a kezdetektől alkalmazzák és még ma is használják a 131-jódizotópot. Ezt az izotópot már a II. világháború utáni években, az első atomreaktorok beindulása után nagyobb mennyiségben elő tudták állítani és humán célokra használni. Először a pajzsmirigyműködés diagnosztikai célú követésére, egyes pajzsmirigyrákok, majd a jóindulatú pajzsmirigy-túlműködés kezelésére is egyre elterjedtebben kezdték alkalmazni az endokrinológusok. Az 1970-es évektől az in vivo diagnosztikában bevezették a generátorból „fejhető”, a 131-jóddal szemben csak lágy gamma-sugarat adó mesterséges izotóp, a ^{99m}Tc-pertechnetát használatát. Azóta ez maradt a mindennapos izotópd diagnosztikai munka leggyakrabban használt jelölőizotópja. Szinte valamennyi szerv funkciójának vizsgálatát ezzel az izotóppal jelölt radiofarmakonnal végzik (2–5).

Egyfotonos, planáris leképezőtechnikák

Az egyfotonos, planáris leképezőtechnikák rutinvizsgálatai a pajzsmirigy-, mellékpajzsmirigy-, nyálmirigyszcintigráfia, a perfúziós és inhalációs tüdőszcintigráfia,

Hazánkban nincsen korszerűen felszerelt, minden igényt kielégítő, egyetemi szintű munkahely!

1. TÁBLÁZAT

A nukleáris medicina leképezőeszközeinek csoportjai

Egyfotonos eszközök	Kétfotonos eszközök	
Egycsatornás mérőhelyek	gamma-kamerák	PET (+ciklotron)
Jódfelvételi mérőhely	planáris kamerák	PET-CT
Renográf	pajzsmirigy-kamera	
Gamma-szonda	SPECT-kamerák	koincidencia SPECT

fia, statikus és dinamikus veseszintigráfia, a máj és az epeutak-epehólyag funkcionális vizsgálatai, valamint a fokális (például bélrendszeri) gyulladások vagy az őrszemnyirokcsomók kimutatása.

Egyfotonos SPECT-leképezőeljárások

Az egyfotonos SPECT-leképezőeljárások közé az agyi vérátfolyás-vizsgálatok különböző fajtái, az agyi receptorvizsgálatok (5), a kardiológia területén a szívizom (koszorúerek) vérátfolyása, életképességének vizsgálatai (3) sorolhatók. Bár a különböző endokrinológiai és tumoraffin anyagokkal végzett egyéb egészsztest-vizsgálatokat – legnagyobb számban az egészsztest-csontszintigráfiát – SPECT-készülékkel végzik, de itt csak esetenként, egy-egy régió leképezése történik a SPECT-metszeti képalkotással. Speciális kardiológiai vizsgálat a szívizom-perfúzió és -metabolizmus (életképesség) egyidejű leképezésére végezhető kettős izotópvizsgálat, a DISA (double isotope simultaneous acquisition). A felsorolt vizsgálatok kivitelezését, klinikai indikációit illetően hazai (2) és angol nyelvű tankönyvekre (6), illetve a hazai internetes honlapok közül a Magyar Orvostudományi Nukleáris Társaság honlapján (<http://www.nmc.dote.hu>) elérhető információkra utalok.

Izotópterápia

A 131-jód megmaradt terápiás izotópnak, pajzsmirigydiagnosztikai célra ma már alig használják (7). A pajzsmirigy-jódizotóppal végzett ismert kezelési formák mellett az 1980-as évektől már más izotópkezelési eljárások is gyakorlattá váltak, mint az úgynevezett csontfájdalom-palliació, az ízületi gyulladások izotópkezelése és egyes onkológiai betegségek izotópos immunterápiája.

Radiofarmakonok

Az izotópkezelésre használt néhány gyakoribb radiofarmakon listáját, a jelölőizotópokat és a terápia fajtáját a 3. táblázatban foglaltam össze. A táblázat jól illusztrálja, hogy egyes izotópokkal (például itrium) több, igen hatásos kezelés végezhető. A pajzsmirigy-túlműködés gyógyítására végzett jódterápia ma gyakorlatilag valamennyi megyei kórház izotópdiagnosztikai osztályán – a járóbeteg-forgalom keretében – elvégezhető, ezért pajzsmirigy-túlműködés miatt műtétet ma már csak igen ritkán végeznek. Magyarországon évente körülbelül 300 beteget kezelnek 131-jóddal az Országos Onkológiai Intézetben differenciált pajzsmirigyrákok miatt, de ennél mintegy százal több kezelésre lenne szükség. A pajzsmirigy-túlműködés miatt végzett izotópkezelések száma Magyarországon folyamatosan nő, 2003-ban országosan 2592 történt, de ez még mindig jelentősen elmarad az európai átlagtól (8).

A prosztata- és emlőrák esetében szövődményként

2. TÁBLÁZAT

Egy komplett nukleáris medicina munkahely felépítése 2005-ben

In vivo részleg	In vitro részleg	Terápiás részleg
Planáris kamerák	RIA	Csontfájdalom kezelése
SPECT-kamerák	FIA	Immunoterápia
PET-CT	Liquid szcintillátor	Jódizotópterápia
Mintavételek (például Schilling)	Sejtjelzés	Ízületi kezelés

FIA: fluoroimmunoesszé, RIA: radioimmunoesszé

igen gyakran keletkező csontáttétek okozta fájdalom kezelésére ma már több terápiás palliatív eljárás Magyarországon is rutinszerűen hozzáférhető. A 3. táblázatban felsorolt, a csontfájdalom csökkentésére használt izotópok, illetve radiofarmakonok fájdalomcsillapító hatása eltérő: attól függ, hogy a jelölőizotóp energiája és fizikai bomlási félideje milyen. Tudni kell, hogy ezek az izotópok nem a csontáttét szövetébe, hanem az azt körülvevő védekezési csontzónába épülnek be és kívülről, mintegy köpenyszerűen irradiálják a tumoros áttét széli részét. Ezáltal megkisebbitik az áttétet és így érhető el fájdalomcsökkenés. Magyarországon minden megyei kórház izotóplaboratóriuma képes a csontfájdalom-palliacióra; ez a kezelés az OEP-finanszírozás keretében rutinszerűen végezhető. A kezelések száma sajnos jelentősen elmarad az európai átlagtól (2003-ban 181 kezelés).

A nagyszámú mozgásszervi beteg kezelésében az *ízületi synovitis*ek izotópos kezelése igen hasznos és költséghatékony módszer, de hazánkban nem terjedt el. Csak a fővárosban és egy-egy reumatológiai centrumban végzik. Ugyanakkor Európában az ízületi izotópkezeléseket gyakran és igen eredményesen alkalmazzák (9). A hazai ízületi kezelések számának gyors növelése nálunk is célszerű volna. Elterjedését hátráltatja az a körülmény, hogy a terápiában részesült betegek legalább 24 órást fektetéséhez kevés a meglévő izotópdiagnosztikai ágy.

Az izotópos immunoterápiák Európában már néhány éve rutin eljárások, mi még csak az első próbálkozásokat végeztük. Közülük az egyik legsikeresebb a non-Hodgkin-lymphomás betegek kezelése itriummal jelzett anti-CD20-szal (10). Az első kezelésekre nálunk is sor került, de magas költségei miatt OEP-finanszírozása eseti.

Kétfotonos technika: a PET

Az 1990-es években világszerte elkezdődött a PET-kamerák diagnosztikai alkalmazása (1, 11). Magyarországon – Ausztriát is megelőzve – már 1995-ben meg-

PET-CT-vel közel 90%-os arányú a daganatok korrekt lokalizációja, és mindössze 2% az inkorrekt, álpozitív esetek száma.

3. TÁBLÁZAT

<i>A terápiára gyakerabban használt izotópok tulajdonságainak összefoglalása</i>					
Izotóp neve	Fizikai bomlás félideje	Energia (maximum) (meV)	Hatótávolság (mm)	Kémiai forma	Kezelt szerv
¹³¹ Na-I	8 nap	béta 0,60 gamma 0,36	1-2	sóoldat	pajzsmirigy
90-itrium	2,7 nap	béta 2,26	maximum 11 minimum 3,6	citrát	térdízület
90-itrium	2,7 nap	béta 2,26	maximum 11 minimum 3,6	anti-CD20 MoAB	non-Hodgkin-lymphoma
90-itrium	2,7 nap	béta 2,26	maximum 11 minimum 3,6	MDP	csontáttétkezelés
186-rénium	3,7 nap	béta és gamma 0,98	maximum 3,7 minimum 1,2	szulfid	váll, könyök, csípő, csukló
153-szamárium	47 óra	béta 0,71 gamma 0,103	maximum 3 átlagos: 0,6	EDTMP	csontáttétkezelés

MoAB: monoklonális antitest

kezde működését a kelet-európai régió első PET-kamerája, de ebben az egyre fontosabb molekuláris leképezőeljárásban tíz évig nem történt lényeges előrelépés. Míg 1994-ben a világban kevesebb mint száz PET-kamera működött, tíz év múlva, 2004-ben egyedül Németországban regisztráltak közel száz PET-kamerát! Az Amerikai Egyesült Államokban hozzávetőleg ezer PET-kamera működik, 2007-ben ez a szám a háromszázat is elérheti. A közeli Ausztriában 1996-tól mintegy tíz PET-munkahelyet alakítottak ki; 2002 óta Pozsonyban is működik már egy PET-kamera, és 2004-ben Lengyelországba is telepítettek egy korszerű PET-CT készüléket.

Az ezredforduló környékén világszerte az úgynevezett PET-CT készülékek használata terjedt el, főleg onkológiai okok miatt. Ennél a technikánál ugyanis a strukturális leképezés adatai a metabolikus információkkal együtt,

ugyanabban a teshelyzetben, egy időben regisztrálhatók. Ezért a módszer diagnosztikai pontossága körülbelül 15%-kal jobb, mintha külön elemezzük a PET- és külön a CT-képeket (6, 12, 13).

Indikációk

A PET-vizsgálati igény többsége a világon mindenütt elsősorban a tüdő- (14), az emlő- (15), a gastro-intestinum- (16), a lymphomák (17), a húgyvívszervek (18) és a fej-nyak rákok (19, 20) differenciáldiagnosztikájában, illetve a terápiás beavatkozások hatékonyságának lemerésében áll. A PET-vizsgálati igény körülbelül 80%-a *onkológiai eredetű* (21, 22).

A neurológiában, az idegsebészetben a PET-leképezés legfontosabb indikációja az agytumrok, illetve a

recidívák kimutatása (5, 23–29). Az epileptogén fókus lokalizálása, a demenciák differenciáldiagnosztikája szintén fontos feladat. Az összes PET-vizsgálati igény körülbelül 15%-a neuropszichiátriai.

A kardiológiai FDG-PET szívizoméletképesség-vizsgálati igény körülbelül 5% (3, 30).

Előnyök

A CT-vel kapcsolt PET (PET-CT) előnyei közé nemcsak a strukturális és metabolikus információk egyidejű ábrázolása tartozik. Mivel a CT segítségével az elnyeléskorrekció is elvégezhető, egy PET egézttest-vizsgálat a PET-CT segítségével mintegy 25 perces időtartamot jelent, míg hagyományos, 11 cm axiális látóterű PET-kamerával az egézttest-leképezés egy óráig is eltarthat. Irodalmi adatok utalnak arra, hogy a CT mint strukturális leképezőeljárás és a PET mint metabolikus eljárás önmagában elég kis diagnosztikai pontossággal dolgozik, körülbelül 40–58% között. Amennyiben a beteg CT-vizsgálati eredményeit külön vetjük össze a PET-vizsgálatok eredményével, a diagnosztikai hatékonyság legalább 20-25%-kal emelkedik, de még elég magas az álpozitív vagy rosszul interpretált esetek száma. Ha PET-CT-t végzünk, akkor közel 90%-os arányú a daganatok korrekt lokalizációja, és mindössze 2% lesz az inkorrekt, álpozitív esetek száma (6).

Hatékonyság

Miért olyan költséghatékony a PET? Az amerikai biztosítótársaságok adatai szerint az onkológiai betegek 30%-ánál megváltozik az eredeti, csak CT alapján végzett onkológiai stádiumbeosztás, és ezzel a kezelési terv is hatékonyabbá válik. PET-CT alkalmazásával a besugárzástervezés az esetek körülbelül 35%-ánál pontosabb (15). Igen fontos az is, hogy a más módszerek-

kel kutatott, de fel nem ismert primer tumorokat mintegy 10–16%-ban megtalálják az egész test PET-vizsgálatával (31)!

A PET-CT jövője

Magyarországon az onkológia igénye évente mintegy 25 000–30 000 PET-vizsgálat volna. Ezzel szemben 2004-ben a debreceni PET-centrumban csak 1004 beteget vizsgáltak! A PET-CT technika használata az előbb említett előnyök miatt világszerte rohamosan terjed. A hazai Nukleáris Medicina Szakmai Kollégium már évekkkel ezelőtt kialakította, idén átdolgozta országos PET-telepítési koncepcióját, amely PET-CT készülékek telepítését javasolja valamennyi hazai egyetemen működő nukleáris medicina tanszékre. Emellett néhány nagyobb vidéki onkológiai centrum mellett is – például Győrött, Miskolcon – előnyös volna PET-CT-t működtetni. Biztató, hogy 2005-ben Budapesten két, magánérőből finanszírozott PET-CT-t telepítettek. Debrecenben – az elavult első magyar PET-kamera helyett – megkezdtek a PET-CT beszerzését. Szegeden már megteremtették egy PET-CT telepítésének feltételeit, Pécsen pedig rövid időn belül üzembe helyezik. Az országos PET-vizsgálati számok 2005-től Buda-

pesten a PET-CT-k megjelenésével emelkedni fognak. A SPECT- és PET-technikák az alapkutatás területén is terjednek. Ma már egyre gyakrabban találkozhatunk úgynevezett kisállat-SPECT- vagy -PET-készülékkel, amelyekkel az állat leölése nélkül akár 1 mm-es térbeli felbontással rögzíthető és ellenőrizhető az egyes szervek működése, a radiofarmakon halmozódása.

Összefoglalás

Az in vivo molekuláris képalkotást jelentő nukleáris medicina hazai rendszere – két megyei kórházat leszámítva – nemzetközi viszonylatban is jól kiépített, de elavuló műszerparkja cseréjére, fejlesztésre szorul. A molekuláris képalkotás csúcstechnikáját jelentő PET-CT telepítése megkésve, de elindult Magyarországon. Az eddig végzett vizsgálatok száma azonban messze elmarad az országos onkológiai igényektől.

Valamivel jobb a hazai helyzet az izotópterápia területén, de az izotópterápiák száma is kevesebb az európai átlagnál. Bár egyre nagyobb számban találkozunk a pajzsmirigy-túlműködés kezelésével, igen kevés a csontfájdalom-palliáció és az ízületi kezelés. A korszerű izotópos antitest-terápiás eljárások számának emelése is fontos volna.

IRODALOM

- Trón L. Pozitronemissziós tomográfia és a magyar PET-program. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1235.
- Szilvási I. (szerk.) A nukleáris medicina tankönyve. Budapest: B+V Kiadó; 2002.
- Vitola J, Delbeke D. Nuclear cardiology & correlative imaging. Budapest: Springer; 2004.
- Ell PJ, Gambhir SS. Nuclear medicine in clinical diagnosis and treatment. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2004.
- Borbély K. Az agyi működészavarok megjelenítése funkcionális képalkotó módszerekkel. Budapest: Medicina Kiadó; 2005.
- Oehr P, Biersack HJ, Coleman E. PET and PET-CT in oncology. Budapest: Springer Kiadó; 2004.
- Leövey A. A klinikai endokrinológia és anyagcsere-betegségek kézikönyve. Budapest: Medicina Kiadó; 2001.
- Szilvási I (ed). Nukleáris Medicina Szakmai Kollégium évkönyve. Budapest: Nukleáris Medicina Szakmai Kollégium 2003-4.
- Mödde Gynter Radiosynovioarthritis Involvement of Nuclear Medicine in Rheumatology and Orthopaedics. Köln: Schering; 2001.
- Witzig TE, Gordon LI, Cabonillas F et al. Randomized controlled trial of yttrium-90-labeled ibritumomab tiuxetan radioimmunotherapy versus rituximab immunotherapy for patients with relapsed or refractory low-grade, follicular, or transformed B-cell non-Hodgkin's lymphoma. *Journal of Clinical Oncology* 2002;20:2453-63.
- Lengyel Zs, Fekésházy A, Kálvin B, Galuska L, Szakáll Sz jr. Standard PET-vizsgálati protokollok. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1243.
- Kálvin B, Fekésházy A, Lengyel Zs, Szakáll Sz jr, Ágoston P, Lengyel E, et al. Költséghatékony onkológiai PET vizsgálatok. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1255.
- Czernin J, Dahlbom M, Ratib O, Schippers C. Atlas of PET/CT imaging in oncology. Berlin: Springer; 2004.
- Fekésházy A, Miklovicz T, Ésik O, Lengyel Zs, Petrányi Á, Koncz A. A pozitronemissziós tomográfia alkalmazási lehetőségei a tüdőgyógyászati onkológiában. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1263.
- Apisarnthanarax S, Clifford Chao KS. Current imaging paradigms in radiation oncology. *Radiation Research* 2005;163:1-25.
- Papós M, Takács T, Pávics L, Farkas Gy, Ambrus E, Szakáll Sz jr, et al. Az FDG-PET vizsgálat értéke a pancreascarcinoma diagnosztikájában. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1283.
- Lengyel Zs, Rosta A, Deák B, Molnár Zs, Schneider T, Várady E, et al. A PET szerepe a Hodgkin-kór nyirokterjedésének vizsgálatában. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1268.
- Kálvin B, Márián T, Galuska L, Szakáll Sz, Géczy L, Ésik O, et al. Pozitronemissziós tomográfia a malignus heredaganatok vizsgálatában. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1286.
- Olajos J, Erfán J, Lengyel Zs, Emri M, Füle E, Erdélyi L, et al. Epipharynxdaganatok PET-vizsgálata. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1280.
- Udvaros I, Szakáll Sz jr, Mikecz P, Oberna F, Pólus K, Ésik O, et al. Fejnyaki tumorok daganatkiújulásának megítélése pozitronemissziós tomográfia alkalmazásával. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1278.
- Hunyadi J, Szakáll Sz jr, Gilde K, Bégány Á, Ésik O, Székely J, et al. A PET jelentősége a melanoma malignum diagnosztikájában. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1272.
- Szakáll Sz jr, Bajzik G, Repa I, Miklovicz T, Dabasi G, Sinkovics I, et al. Recidív medulláris pajzsmirigydaganat metasztázisainak FDG-PET vizsgálata. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1280.
- Novák L, Emri M, Balkay L, Galuska L, Ésik O, Molnár P, et al. PET a neuroonkológiában – indikációk, elkülönítő diagnózis és klinikai alkalmazás. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1289.
- Borbély K. Klinikai pozitronemissziós tomográfia: agyi PET-vizsgálatok. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1294.
- Halász P, Neuwirth M, Mikecz P, Szakáll Sz, Emri M, Zelei Zs, et al. A PET helyzete az epilepsziás agyi működészavar meghatározásában. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1298.
- Galuska L, Szakáll Sz jr, Emri M, Oláh R, Varga J, Garai I, et al. PET és SPECT-vizsgálatok autista gyermekeken. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1302.
- Balogh E, Lengyel Zs, Emri M, Szikszai E, Ésik O, Kollár J, et al. Az agyi glükózanyagcsere vizsgálata Down-kórban pozitronemissziós tomográfiával. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1304.
- Novák L, Emri M, Balkay L, Szabó S, Rózsa L, Molnár P. FDG-PET vizsgálatok subarachnoideális vérzéses kórképekben. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1308.
- Degrell I, Berecz R, Glaub T, Lengyel Zs, Égerházy A, Szakáll Sz jr, et al. A pozitronemissziós tomográfia pszichiátriai alkalmazása. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1311.
- Kőszegi Zs, Galuska L, Szakáll Sz jr, Lehel S, Fülöp T, Édes I, et al. A metabolikus PET-vizsgálatok helye a kardiológiai képalkotó eljárások között. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1314.
- Ésik O, Szentirmay Z, Márián T, Kásler M, Ágoston P, Lengyel E, et al. A PET és a kettős, független patológiai leletezés hatékonyan támogatják a rejtett primer tumorok keresését. *Orvosi Hetilap* 2002;143:21(Suppl.3.):1262.