

Prof. Dr. Frühling János
Dr. Lengyel Zsolt



A PET/CT diagnosztikáról orvosoknak



Pozitron-Diagnosztika Kft. H-1116 Budapest, Hunyadi J. u. 9.
Tel.: 36-1-203-9387 Fax: 36-1-203-9386 E-mail: info@pet.hu Web: www.pet.hu
Info vonal: 36-1-505-8888



■ Prof. dr. Frühling János

Institut J. Bordet, Brussel ny. igazgató főorvos,
Sugárterápia és Nukleármedicina O. ny.osztályvezető főorvos,
a Belga Királyi Orvos Akadémia alelnöke,
örökös ügyvezető főtáskára,
a Magyar Tudományos Akadémia külső tagja,
a Brabant-Brüsszeli Orvosi Kamara elnöke

■ Dr. Lengyel Zsolt

orvos
az izotópdiagnosztika szakorvosa
Phd

■ Mi a PET?

A PET betűszó a pozitronemissziós tomográfia rövidítése. A PET az egyik legmodernebb, orvosi funkcionális képalkotó eljárás. A CT-vel kombinált PET-berendezések jelentik ma a képalkotó diagnosztika csúcsát.

A hagyományos, rutin képalkotó eljárások (UH, CT, MRI) elsősorban a szervek, szervrendszerek morfológiáját, az anatómiai viszonyokat ábrázolják, általában egyre jobb térbeli felbontással. Nagy hátrányuk, hogy a kóros folyamatot csak akkor lehet velük azonosítani, ha az már az érintett szerv szerkezetében, méretében elváltozást okozott.



A funkcionális képalkotó eljárások (pl. fMR, SPECT, PET) sajátossága, hogy nem az anatómiai viszonyokat, hanem a szervek, szövetek különböző funkcionális jellemzőjét (pl. véráramlás, anyagcsere) jelenítik meg egy adott pillanatban. Egy betegség kialakulása először a szervek, szövetek funkcionális jellemzőiben okoz elváltozást és ezt általában másodlagosan kíséri az anatómia megváltozása. Így érthető, hogy a **funkcionális képalkotó eljárások jóval hamarabb, még az anatómiai elváltozások kialakulása előtt képesek jelezni a betegséget.**

A pozitronemissziós tomográfia olyan funkcionális képalkotó eljárás, amely pozitron sugárzó izotópokkal jelölt molekulák segítségével képes a szervezet biokémiai folyamatait ábrázolni. Ma már a PET-kamerát CT-készülékkel építik egybe, így teremtve meg a lehetőségét annak, hogy a PET-tel nyert funkcionális képek és a CT morfológiai információja azonos anatómiai „szeletekben”, egy leképezés keretén belül rendelkezésre álljon. A PET/CT-technológia az elmúlt évtizedben forradalmi újdonságokat hozott az onkológiai, kardiológiai és neurológiai diagnosztikába.

■ A PET-diagnosztika elméleti háttere

A módszer lényege az, hogy különböző biológiai anyagokat (pl. glükózt, aminosavakat, receptor-ligandokat, stb.) bomlásuk során pozitront kibocsátó izotópokkal (^{11}C , ^{18}F , ^{13}N , ^{15}O) jelölnek, majd a jelölt anyagot (radiofarmakon) a betegbe bejuttatják, és a bejuttatott anyag eloszlását leképezik. Az izotópos nyomjelzési technika kidolgozása és klinikai alkalmazása Hevesy György Nobel-díjas (1943) magyar kutató nevéhez fűződik.

Az izotópok előállítására részecskegyorsítóban (ciklotronban) történik. A PET-izotópok jellemzője, hogy fizikai felezési idejük nagyon rövid (2-110 perc), így alkalmazásuk a beteg számára kis sugárterheléssel jár. Elméletileg az élő szervezet anyagcseréjében résztvevő bármelyik szerves molekula jelölhető PET-izotóppal, és a módszer segítségével szinte mindegyik biokémiai, élettani folyamat leképezhető, illetve aktivitása mérhető.

A leggyakrabban használt radiofarmakon a ^{18}F -fluoro-dezoxi-glükóz (röviden FDG) a fokozott glükóz-metabolizmusú sejtekben (agy, szívizomzat, rosszindulatú tumorok, aktivált granulociták és limfociták) halmozódik fel, nem metabolizálódik, majd ugyanabban a formában a vesén keresztül a vizeletbe kiválasztódik (ellentétben a glükózzal). A kiválasztás ütemére jellemző, hogy 90 perccel a beadást követően az injektált aktivitás 40%-a már távozott a vizelettel.

A szervezetbe juttatott jelzett anyag szöveti eloszlását a PET kamera segítségével lehet detektálni a pozitron-kibocsátást kísérő sugárzás észlelésén keresztül. A vizsgálat során nyert adatokból számítógép segítségével történik a képek rekonstruálása. A vizsgálatnál elsődlegesen a test hossz tengelyére merőleges szeletek nyerhetők (a CT-hez hasonlóan), akár az egész testről. Később ezekből a szeletekből tetszőleges irányú, akár háromdimenziós képek állíthatók elő.

A bejuttatott radiofarmakon szöveti eloszlása a különböző (fiziológias, illetve kóros) funkcionális állapotokban egymástól jelentős mértékben eltér, így ennek alapján a kóros folyamatok felismerhetők és lokalizálhatók.

■ Mit kell tudni a PET/CT-vizsgálatokról?

A vizsgálatnak abszolút ellenjavallata nincs. A gyorsan osztódó szöveteket érő sugárterhelés miatt terhesség esetén a vizsgálat csak vitális indikációban végezhető el. A szoptatás nem ellenjavallat, mivel az emlők kifejtését követően, az injektálástól számított 6 óra múlva folytatni lehet. Magas szérumszintű glükóz (pl. diabetes mellitus) esetén törekedni kell arra, hogy a vércukor a vizsgálat kezdetére megközelítse a normális értéket, de mindenképpen 8,3 mmol/l alatt legyen. Veseelégtelenség a képek értékelését megnehezíti, de a vizsgálatot nem zárja ki. A beadott radiofarmakon (FDG) molárisan nagyon kis anyagmennyiséget jelent.



A vizsgálat előtt éhgyomri állapot, kb. 6 óras éhezés szükséges, de a megfelelő hidrátságra törekedni kell (ásványvíz fogyasztása), mivel ez gyorsítja az FDG kiürülését a vizeletelvezető rendszerből. Ritkán, betegtől függően az izomtónus és a szorongás csökkentésére 5 mg-os Seduxen (diazepam) tabletta adására lehet szükség, ezt követően 12 órán belül a vizsgált személy gépjárművet nem vezethet.

Az intravénásan beadott FDG aktivitása általában 6-10 mCi (222-370 MBq) felnőttekben, és a testsúllyal arányosan kevesebb gyermekekben. A vizsgált személynek az FDG-injektálás időpontjától kezdve ingerzegény helyiségben kell pihennie. A képek felvétele általában 60 perccel a radiofarmakon beadása után kezdődik, és 15-30 percet vesz igénybe.

A vizsgálatot követően a beteg távozhat és napi tevékenységét folytathatja.

■ A PET-vizsgálat indikációi

A PET/CT diagnosztikai alkalmazása FDG radiofarmakonnal elsősorban az onkológiai (a vizsgálatok kb. 90%-a), kisebb részben a neuro-pszichiátriai (kb. 5%) és a kardiológiai (kb. 5%) betegellátásban játszik szerepet. A kardiológiai alkalmazásban a PET/CT-kamera gyors CT-része jelentősen hozzájárul a komplett kivizsgáláshoz a koronáriák anatómiájának és az esetleges szűkületek nagy részletességű megjelenítése révén.

• Onkológiai indikációk

Az FDG-vel végzett PET-vizsgálatok legnagyobb része onkológiai indikációval történik. Ez elsősorban azért van így, mert a PET-vizsgálat az életképes, aktívan metabolizáló tumorszövet megjelenítésével olyan funkcionális, biológiai információt szolgáltat, amelyre a többi nem-invazív vizsgálati módszer (laboratóriumi paraméterek, röntgenvizsgálat, endoszkópia, CT, MRI, SPECT, színekódolt ultrahang stb.) egyike sem képes.

Az onkológiai indikációkat általánosan és betegségekre, vagy érintett szervekre bontva lehet megfogalmazni.

Általánosan a PET/CT-vizsgálat alkalmas:

- a. korai tumordiagnosztikára (aktív anyagcseréjű tumorszövet korai kimutatására),
- b. a tumorok kiterjedésének pontos megállapítására („staging”) és ezen keresztül a terápiás tervnek, a műtéti beavatkozás határainak, illetve a sugárkezelés céltérfogatának meghatározására,
- c. a tumorok malignitásának nem-invazív becslésére,
- d. a szövettani mintavétel helyének kijelölésére,
- e. az alkalmazott terápia hatékonyságának mérésére („restaging”),
- f. az esetleges kiújulások igazolására vagy elvetésére.

A fentiekén túl hasznos a PET/CT-vizsgálat olyan okkult tumorok keresésében, ahol a hagyományos diagnosztikai vizsgálatok nem vezettek eredményre.

Az a) pontban kiemelendő a PET azon képessége, hogy **a rosszindulatú elváltozásokat már akkor felismerhetővé teszi** a fokozott anyagcserén keresztül, **amikor még morfológiai elváltozás nem észlelhető**. Ez a korai diagnosztikában egyedülálló képalkotó módszerre teszi. A PET térbeli felbontása (kb. 4 mm) nem jelent abszolút korlátot a megtalálható malignóma fizikai kiterjedésére, ugyanis a módszer nagy érzékenységeiből fakadóan kisebb, 2-3 mm-es góccok is felismerhetők, amennyiben FDG-halmozásuk a környezetükben elhelyezkedő egészséges szövetét többszörösen meghaladja.

A b) pontban említett pontos stádium-megállapítás az egésztest PET/CT-vizsgálatok legnagyobb előnye, mivel **egy leképezés keretén belül, azonos érzékenységgel azonosítható valamennyi, a daganat által érintett anatómiai hely**. Ugyanezen eredmény PET/CT alkalmazása nélkül csak számos egyéb – részben invazív – diagnosztikai módszerrel (UH, Rtg, CT, MR, endoszkópos vizsgálatok, biopsziák) közelíthető meg, de nem helyettesíthető. A felsorolt vizsgálatok időigénye és a betegre rótt terhelés aránytalanul több a PET/CT-vel elérhetőnél, kisebb diagnosztikai érték, vagy esetleges sikertelenség mellett. A stádium-megállapítás pontossága az onkológiai kezelés kulcsa, ami sok esetben a siker és kudarc közötti választóvonalat jelenti.

A c) pont arra utal, hogy a PET-technika, FDG alkalmazása mellett, a tumorok malignitásának fokát in vivo képes jelezni, mivel a magasabb malignitású tumorok általában intenzívebb glükolízist folytatnak. A glükolízis intenzitása a sejtek energia-igényén túl függ a tumorszövet vérellátásától (oxigénellátásától) is. A malignusabb, gyorsabban osztódó, gyorsan növekedő tumor nem csak több energiát igényel, hanem általában érellátása sem képes követni a szövet szaporodását, így olyan területek alakulnak ki benne, ahol a sejtek csak extra mennyiségű glükóz anaerob lebontása révén képesek életképességüket fenntartani. **A PET/CT-vizsgálat**, amennyiben a biopszia nem végezhető el, **információt tud szolgáltatni a nehezen elérhető helyen** (pl. agytörzsi vagy nagyerek mellett) **elhelyezkedő tumorok malignitásának fokáról**, ami a terápiatervezésben és a prognózisbecslésben nélkülözhetetlen.

A d) pont részben az előzőhöz kapcsolódik. Azokban az esetekben, amikor a szövettani mintavétel elkerülhetetlen, kiemelt fontosságú, hogy az a valóban megismerni kívánt szövetből történjen. **A PET/CT-vizsgálat segíthet abban, hogy** a más képalkotó vizsgálatokkal észlelt több elváltozás, vagy egy nagyobb, inhomogén elváltozás esetén **a metabolikusan aktív, életképes szövetet tartalmazó részből történjen a mintavétel**. Ez különösen agytumorok, vagy többszörös pulmonális góccok esetén fontos.

Az e) pontban felsorolt lehetőség kettős. Egyrészt a **PET/CT-diagnosztika lehetővé teszi az onkológiai kezelések hatásának nagyon korai mérését**, mivel a kezelésre jól reagáló tumorszövet anyagcseréje jelentősebb mértékben csökken, mint a nem vagy rosszul reagálóé. Természetesen a megítéléshez a kezelést megelőzően is szükség van egy PET/CT-leképezésre. A korai elkülönítés révén a felesleges terápia elhagyható és hatékonyabb kezelési alternatíva választható. Másrészt a **kezelés befejezését követően ellenőrizhető, hogy valóban nem maradt vissza életképes daganatszövet a szervezetben**. A ma már elterjedt, igen hatékony kemo- és sugárterápiás eljárások birtokában egyre fontosabb kérdés lesz az onkológiai terápiaiban az indukált késői mellékhatások (közte másodlagos malignitások) előfordulásának minimalizálása az életminőség minél magasabb szinten való megőrzése céljából. Ezt a célt csak pontosan „adagolt” kezeléssel lehet elérni.

Végül, de nem utolsó sorban, az f) pontban leírt korai kiújulás-felismerés ugyancsak a PET/CT-kórismezés erőssége, hiszen ezekben az esetekben már kezelt betegekről van szó, akiknél az alkalmazott terápia (műtét, sugár- és kemo-terápia) következtében általában olyan anatómiai elváltozások alakultak ki (hegesedés, torzulások), amelyek a hagyományos képalkotó diagnosztika pontosságát nagy mértékben rontják. A **megváltozott anatómiai struktúra jelenlétében csak a funkcionális PET/CT-képelemzéstől várható a kiújulás időben történő felismerése**, vagy annak biztos kizárása.

A mellékelt táblázatban összefoglalva adjuk meg azokat a konkrét onkológiai indikációkat, amelyek nagyobb esetszámú vizsgálatok, illetve a klinikai tapasztalat alapján jelenleg elfogadottak. Ugyancsak megadjuk azokat a javallatokat, amelyektől egy-egy szerv, illetve betegség esetében egyértelműen nem várható haszon.

• **Neuro-pszichiátriai indikációk**

Az epilepszia a népesség 0,5-1%-át érinti. Többnyire jól kezelhető modern antiepileptikumokkal, de esetenként csak az epileptogen area műtéti eltávolításával érhető el rohammentesség. A PET alkalmazásával lehetővé válik a műtét, gyógyszeres kezelésre nem reagáló, fiatal epilepsiás betegekben az epilepsiás fókuszt kimutatása és pontos lokalizálása.

Az FDG PET segítségével lehetővé válik a demenciák egy részének elkülönítése az egyéb kórokú elbutulásoktól, mert a PET-tel látható eltérések Alzheimer-kórra és frontotemporális demenciára specifikusak. Ennek az adja a jelentőségét, hogy korai felismerés esetén az Alzheimer-kór előrehaladása számottevően lassítható gyógyszeres kezeléssel.

Az agytumorkor diagnosztikájában elsősorban a sikeres elsődleges kezelést követő kiújulás igazolásában, vagy az első kezelés sikertelenségének objektív alátámasztásában van szerepe a PET-vizsgálatoknak. Ilyen indikációk főleg nem konkluzív CT- vagy MR-vizsgálatokat követnek. A neuro-onkológiában felhasználható még a PET a tumorok grádusának nem-invazív becslésére, illetve a biopszia optimális helyének kijelölésére is.

Az agytumorkor korszerű terápiájában a PET/CT alapja a külső mezős besugárzás, a beültetett sugárforrásokkal történő kezelés és a gamma-késes beavatkozás pontos dozimetriájának, a céltér fogat meghatározásának. Az indikációk részletes kifejtését a táblázat tartalmazza.

• **Kardiológiai indikációk**

A nem-invazív módszerek közül a szívizom-életképesség kimutatására az FDG PET rendelkezik a legnagyobb diagnosztikai pontossággal, más megfogalmazásban ez a módszer annak „gold standard”-ja. Segítségével eldönthető, hogy egy koszorúsér helyreállító műtéttől várható-e a szívizom működésének javulása, vagy a szívizom állományában már maradandó, műtéttel sem javítható károsodás keletkezett.

A PET/CT-vizsgálat a kardiológiai kivizsgálás egy új dimenzióját nyitja meg, mivel egy időben válik ábrázolhatóvá a koronáriák anatómiája, a miokardium regionális perfúziója és egy kiegészítő vizsgálat során a szívizom életképessége. A PET/CT-vel végzett szívizom-perfúziós vizsgálatok azokban az esetekben szolgáltathatnak biztos eredményt, ahol a megelőző terheléses EKG és SPECT-vizsgálatok nem tudtak egyértelmű diagnózissal szolgálni. Az indikációk részletes kifejtését lásd a táblázatban.

• **Egyéb indikációk**

Az utóbbi évek vizsgálatai alapján egyre több bizonyíték szól amellett, hogy az FDG PET- és még inkább PET/CT-vizsgálatok nagy segítséget jelenthetnek a gyulladásos folyamatok diagnosztikájában is. Ennek alapja, hogy az aktivált granulociták (gennyes folyamatokban, granulómákban) és limfociták (krónikus és immun-eredetű gyulladásokban) sok glükózt használnak. Kiemelkedik az FDG PET/CT szerepe az ismeretlen eredetű láz (FUO) diagnosztikájában, ahol előnye, hogy a rejtett gyulladásokon túl a tumoros eredetű láz esetén is lehetőséget ad az eredet lokalizálására. A másik fontos indikációs terület az osteomyelitis diagnosztikája, illetve a protézisek környezetében zajló csontgyulladások megítélése. Az indikációk részletes kifejtését lásd a táblázatban.

• **Összefoglalás**

A PET módszer bevezetése jelentőségében összemérhető azzal a haladással, amely a CT, majd később az MRI klinikai rutinná válásával volt észlelhető. Figyelembe véve a PET-módszer előnyeit, **kívánatos lenne a diagnosztikus sorban minél korábbi, más vizsgálatokat megelőző, illetve kiváltó alkalmazása**, mind a beteg érdekei, mind a költséghatékonyág szempontjából. **A PET vizsgálat megfelelő esetben és időben történő elvégzésén az onkoterápia helyes indikációja, a beteg sorsa, életminősége, hosszú távú életkilátásai múlhatnak.**

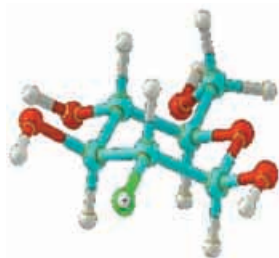
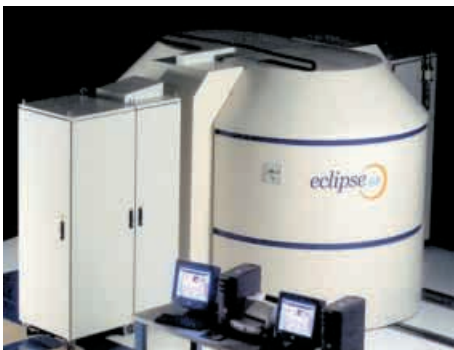
Az alkalmazott radiofarmakonról

A PozitronScan™ egy magas minőségű diagnosztikum, amely pozitron bomló izotóppal jelölt szénhidrátot, (¹⁸FDG-t) tartalmaz aktív hatóanyagként. A Pozitron Diagnosztika Kft. a készítményt napi rendszerességgel állítja elő, mivel a molekulába épített izotóp gyors bomlása miatt a gyógyszerkészítményt csak a vegyület szintézisének napján lehet felhasználni.

A PozitronScan™ szintéziséhez szükség van a fluor 18-as tömegszámú izotópjára (¹⁸F), amely a diagnosztikus vizsgálat során a detektáláshoz szükséges gamma fotonokat szolgáltatja. A Pozitron-Diagnosztika Kft. ezt az izotópot közvetlenül a kémiai beépítés előtt egy, csak erre a célra kifejlesztett, modern részecskegyorsító berendezésben, az amerikai gyártmányú EclipseHP ciklotronban hozza létre. Tekintve, hogy a ciklotront kifejezetten erre a célfeladatra optimalizálták, az izotóp igen nagy megbízhatósággal, és garantáltan kiemelkedő minőségben állítható elő.

A megfelelően elkészített protokoll alapján a radioaktív nyomjelző-molekula többlépéses szintézisét egy programozható logikai vezérlő irányítja, manuális beavatkozás nélkül. Tekintve, hogy a jelző izotóp hordozómentes formában áll rendelkezésre az előállítás követően, így a jelzett hatóanyag is csak igen kis mennyiségben - jóval a farmakológiai hatást kiváltó koncentráció alatt - található a készítményben. Így érthető, hogy a radioaktív izotóp által leadott sugárdózison túl, a készítmény alkalmazása nem jár semmiféle mellékhatással.

A PET vizsgálatokhoz szükséges steril, pirogénmentes gyógyszerkészítményeket a legfrissebb uniós normáknak megfelelően, mikrobiológiai tisztaság körülmények között állítják elő. Minden gyártási tétel felhasználás előtt az Európai Gyógyszerkönyv szerinti minőségvizsgálaton esik át. A gyártás és a minőségellenőrzés folyamata a helyes gyógyszergyártási gyakorlatnak (GMP) megfelelően minőségbiztosítás által jóváhagyottan zajlik, és a termék gyógyszerész által felszabadítva kerülhet csak felhasználásra.



Irodalom

Általánosan a PET-ről

- Trón L, Ésik O, és a PET Munkacsoport tagjai. Első hazai tapasztalatok pozitron emissziós tomográfiás (PET) vizsgálatokkal. Orv Hetil 138:259-269, 1997
- Lengyel Zs, Ésik O, Trón L. Pozitronemissziós tomográfia Magyarországon: eredmények a klinikumban és a kutatásban. Orv Hetil 143. (21) Suppl 3, 2002
- Delbeke D, Martin WH. Metabolic imaging with FDG: a primer. Cancer J. 2004 Jul-Aug;10(4):201-13.
- Townsend DW, Carney JP, Yap JT, Hall NC. PET/CT today and tomorrow. J Nucl Med. 2004 Jan;45 Suppl 1:4S-14S.
- Vogel WW, Oyen WJ, Barentsz JO, Kaanders JH, Corstens FH. PET/CT: panacea, redundancy, or something in between? J Nucl Med. 2004 Jan;45 Suppl 1:15S-24S.
- Bockisch A, Beyer T, Antoch G, Freudenberg LS, Kuhl H, Debatin JF, Muller SP. Positron emission tomography/computed tomography--imaging protocols, artifacts, and pitfalls. Mol Imaging Biol. 2004 Jul-Aug;6(4):188-99.

Onkológia

- Gödény M, Kásler M. A képalkotó vizsgálmódszerek alkalmazása daganatok esetében. Magy Onkol. 2004;48(2):167-90.
- Kálvin B, Fekésházy A, Lengyel Zs, Szakáll Sz Jr, Ágoston P, Lengyel E, Székely J, Galuska L, Trón L, Ésik O. Költség-hatékony onkológiai PET-vizsgálatok. Magy Onkol. 46(3):203-23, 2002
- Schoder H, Larson SM, Yeung HW. PET/CT in oncology: integration into clinical management of lymphoma, melanoma, and gastrointestinal malignancies. J Nucl Med. 2004 Jan;45 Suppl 1:72S-81S.
- Bradley JD, Perez CA, Dehdashti F, Siegel BA. Implementing biologic target volumes in radiation treatment planning for non-small cell lung cancer. J Nucl Med. 2004 Jan;45 Suppl 1:96S-101S.
- Goerres GW, von Schulthess GK, Steinert HC. Why most PET of lung and head-and-neck cancer will be PET/CT. J Nucl Med. 2004 Jan;45 Suppl 1:66S-71S.
- Wahl RL. Why nearly all PET of abdominal and pelvic cancers will be performed as PET/CT. J Nucl Med. 2004 Jan;45 Suppl 1:82S-95S.

Neurológia

- Novák L, Emri M, Balkay L, Galuska L, Ésik O, Molnár P, Csécsai Gy, Trón L. PET a neuroonkológiában - indikációk, elkülönítő diagnózis és klinikai alkalmazás. Orv Hetil. 2002 May 26;143(21 Suppl 3):1289-94.
- Halász P, Neuwirth M, Mikecz P, Szakáll Sz Jr, Emri M, Zelei Zs, Trón L. A PET helye az epilepsziás agyi működészavar meghatározásában. Orv Hetil. 2002 May 26;143(21 Suppl 3):1298-301.
- Herholz K, Heiss WD. Positron emission tomography in clinical neurology. Mol Imaging Biol. 2004 Jul-Aug;6(4):239-69.
- Tai YF, Piccini P. Applications of positron emission tomography (PET) in neurology. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2004 May;75(5):669-76.

Kardiológia

- Kőszegi Z, Galuska L, Szakáll Sz Jr, Lehel Sz, Fülöp T, Édes I, Balkay L. A metabolikus PET-vizsgálatok helye a kardiológiai képalkotó eljárások között. Orv Hetil. 2002 May 26;143(21 Suppl 3):1314-6.
- Takalkar A, Mavi A, Alavi A, Araujo L. PET in cardiology. Radiol Clin North Am. 2005 Jan;43(1):107-19, xi.
- Ghesani M, Depuey EG, Rozanski A. Role of F-18 FDG Positron Emission Tomography (PET) in the Assessment of Myocardial Viability. Echocardiography. 2005 Feb;22(2):165-77.

Az FDG-vel végzett PET/CT-vizsgálatok klinikai indikációinak összefoglalása

• Onkológia

Szerv / szervrend- szer vagy betegség	Indikált	Haszonnal járhat	Nem jár haszonnal
Agy és gerincvelő	<ul style="list-style-type: none"> • Daganat-kiújulás gyanúja, ha az anatómiai képalkotás nem egyértelmű és a kezelésben döntés szükséges • A jó- és rosszindulatú elváltozások elkülönítése, ha az anatómiai képalkotás nem egyértelmű és a biopszia relatív kontraindikált • Tumor-kiterjedés megítélése az agyban vagy a gerincvelőben 	<ul style="list-style-type: none"> • Elsődleges agydaganat grádusának becslése • Agyi áttétek megítélése • A terápia hatásának megítélése • A biopszia optimális helyének meghatározása (elsődleges tumor és áttét egyaránt) • Malignitás és gyulladás elkülönítése, ha az MR nem egyértelmű (főleg HIV pozitív betegek) • Agyi sugárkezelés céltérfogatának meghatározása 	

Szerv / szervrend- szer vagy betegség	Indikált	Haszonnal járhat	Nem jár haszonnal
Fülmirigy	<ul style="list-style-type: none"> • Nyaki metasztázis igazolása ismert malignus tumorból 		<ul style="list-style-type: none"> • Sjögren szindróma elkülönítése rosszindulatú tumortól a nyálmirigyekben • A parotis primer tumora esetén a jó- és rosszindulatúság elkülönítése
Orr- és szájgarat	<ul style="list-style-type: none"> • A primer tumor igazolása és kiterjedésének meghatározása • Tumor-kiújulás igazolása már kezelt karcinómákban 	<ul style="list-style-type: none"> • Preoperatív staging már ismert tumor esetén • Primer tumor keresése ismert nyaki nyirokcsomó-áttét esetén 	
Gége	<ul style="list-style-type: none"> • Kiújulás igazolása előzőleg már kezelt karcinómák esetén 	<ul style="list-style-type: none"> • Ismert gégetumor stádium-megállapítása • Nyaki áttét igazolása ismert egyéb lokalizációjú malignóma esetén 	
Pajzsmirigy	<ul style="list-style-type: none"> • Kiújulás igazolása emelkedett szérumból thyreoglobulin szinttel és negatív ¹³¹I egésztest-vizsgálattal rendelkező betegekben 	<ul style="list-style-type: none"> • Kiújulás lokalizálása medulláris pajzsmirigyrákos betegekben 	<ul style="list-style-type: none"> • Emelkedett thyreoglobulin-szinttel rendelkező betegek kivizsgálása pozitív ¹³¹I egésztest vizsgálat mellett

Szerv / szervrend- szer vagy betegség	Indikált	Haszonnal járhat	Nem jár haszonnal
Tüdő	<ul style="list-style-type: none"> Jó- és rosszindulatú elváltozások elkülönítése olyan esetekben, ahol az anatómiai képalkotás vagy a biopszia inkonkluzív, vagy a biopszia kontraindikált Nem-kissejtes tüdőrák preoperatív stádium-megállapítása Kiújulás megítélése már kezelt területeken, ha az anatómiai képalkotás nem informatív 	<ul style="list-style-type: none"> A kezelésre adott válasz megítélése (kissejtes tüdőrákban is) 	
Nyelőcső	<ul style="list-style-type: none"> Primer tumor stádium-megállapítása Kiújulás megítélése már kezelt rákok esetén 	<ul style="list-style-type: none"> A neoadjuváns kemoterápia hatásának megítélése 	
Gyomor	<ul style="list-style-type: none"> Okkult hasi nyirokcsomó-áttétek kimutatása 	<ul style="list-style-type: none"> Primer malignómák és lokális áttétek megítélése 	
Vékonybél		<ul style="list-style-type: none"> Igazolt vékonybél-asszociált lymphoma kiterjedésének megítélése 	

Szerv / szervrend- szer vagy betegség	Indikált	Haszonnal járhat	Nem jár haszonnal
Emlőrák	<ul style="list-style-type: none"> Amennyiben a rutin vizsgálatok eredményei nem egyértelműek Plexus brachialis laesiók megítélése és lokalizálása (sugárkárosodás és malignus infiltráció elkülönítése) Az áttétes emlőrák kiterjedésének felmérése 	<ul style="list-style-type: none"> Axilláris nyirokcsomó-státusz felmérése, ha az axilláris disszekció kontraindikált Multifokális betegség igazolása ún. nehéz emlőben (denz emlő, implantátum, vagy nem egyértelmű radiológiai eredmény) Lokális recidíva gyanúja A kemoterápia hatásának megítélése 	
Máj (elsődleges tumorok)			<ul style="list-style-type: none"> Hepatómák rutin vizsgálata
Máj (áttétek)	<ul style="list-style-type: none"> Nem konkluzív anatómiai képalkotás Pre- és poszt-terápiás intervenciók hatásának megítélése Egyéb helyen lévő metasztázisok kizárása metasztazektómia előtt 		

Szerv / szervrend- szer vagy betegség	Indikált	Haszonnal járhat	Nem jár haszonnal
Hasnyálmirigy		<ul style="list-style-type: none"> Ismert primer rák stádium-megállapítása krónikus pancreatitis és pancreas carcinóma differenciálása Egyéb eljárásokkal felismert pancreas góccok benignus vagy malignus voltának megítélése 	
Vastagbél és végbél	<ul style="list-style-type: none"> Primer tumorok stádium-megállapítása Kiújulás megítélése Metasztazektómia előtti stádium-felmérés 	<ul style="list-style-type: none"> A kezelés hatásának megítélése Biopszia számára nehezen elérhető terimék megítélése 	<ul style="list-style-type: none"> Polypok megítélése
Vese és mellékvese	<ul style="list-style-type: none"> Világos sejtés rák stádium-megállapítása Mellékvese-áttétek keresése 	<ul style="list-style-type: none"> Paragangliómák vagy metasztázáló phaeochromocytóák esetén az érintett területek azonosítása 	<ul style="list-style-type: none"> Nem világos sejtés rákok megítélése
Húgyhólyag		<ul style="list-style-type: none"> Primer tumor stádium-megállapítása Kiújulás megítélése nem konkluzív anatómiai képalkotás esetén 	

Szerv / szervrend- szer vagy betegség	Indikált	Haszonnal járhat	Nem jár haszonnal
Here	<ul style="list-style-type: none"> Kiújulás megítélése seminómák és teratómák esetén Reziduális terimék megítélése 	<ul style="list-style-type: none"> Primer tumor stádium megállapítása (főleg seminóma) 	<ul style="list-style-type: none"> Érett teratómák megítélése
Ovárium	<ul style="list-style-type: none"> Lokális és távoli terjedés megítélése Posztoperatív recidíva igazolása 		
Méhnyak		<ul style="list-style-type: none"> Primer tumor stádium-megállapítása 	
Lymphomák	<ul style="list-style-type: none"> Hodgkin-kór stádium-megállapítása Non-Hodgkin-kór stádium-megállapítása Reziduális terimék megítélése Érintett régiók meghatározása kiújulás klinikai gyanúja esetén Kemoterápia hatásának megítélése 	<ul style="list-style-type: none"> Bél-asszociált lymphomák megítélése A csontvelő megítélése a biopszia irányításához A remisszió fokának megítélése 	
Ismeretlen primer tumor metasztázisa	<ul style="list-style-type: none"> Az ismeretlen primer tumor lokalizálása, amennyiben ez a kezelést befolyásolhatja 		<ul style="list-style-type: none"> Előrehaladt metasztatikus betegség

Szerv / szervrend- szer vagy betegség	Indikált	Haszonnal járhat	Nem jár haszonnal
Csont- és lágyszövet-tumорок	<ul style="list-style-type: none"> Elsődleges lágyszövet-tumорок megítélése a magas és alacsony malignitású, valamint jóindulatú elváltozások elkülönítésére Elsődleges lágyszövet-tumорок stádium-megállapítása a csontrendszeren kívüli áttétek felismerésére Lokális kiújulás megítélése az operáció helyén Osteogén sarcomák áttéteinek felderítésére Követés a későbbi metasztázisok és kiújulások felismerésére 	<ul style="list-style-type: none"> A primer elváltozás leképezése a biopszia optimális helyének kiválasztásához 	
Bőrtumорок	<ul style="list-style-type: none"> Malignus melanóma, ismert áttétek mellett a kiterjedés pontos felmérésére Malignus melanómában, ha a sentinel-node biopszia nem volt elvégezve, vagy nem lehet elvégezni (II. stádium mellett) 	<ul style="list-style-type: none"> Bőr-asszociált lymphomák stádium-megállapítása Malignus melanóma negatív sentinel-node biopszia után 	

• Neuro-pszichiátria			
Szerv / szervrend- szer vagy betegség	Indikált	Haszonnal járhat	Nem jár haszonnal
Agy	<ul style="list-style-type: none"> Az epilepszia műtét előtti kivizsgálása A demenciák egyes formáinak (Alzheimer, Pick) korai diagnosztikája, ha egyéb képalkotás nem egyértelmű 		<ul style="list-style-type: none"> Demencia diagnózisa, ha az MR egyértelmű Stroke esetek túlnyomó része Egyéb pszichiátriai kórképek a demencián kívül Preszimptomás vagy fenyegető Huntington-betegség Epilepszia diagnózisának felállítása

• Kardiológia

Szerv / szervrend- szer vagy betegség	Indikált	Haszonnal járhat	Nem jár haszonnal
Szív	<ul style="list-style-type: none"> • A hibernált myocardium kimutató rossz balkamra-funkciójú betegekben, revaszkularizációs beavatkozás előtt • SPECT-vizsgálattal fix defektust mutató betegekben, a revaszkularizáció indikációjához • Szívtranszplantáció indikációjához 		<ul style="list-style-type: none"> • Olyan ismert koronáriabetegekben, ahol a revaszkularizáció nem jön szóba

• Egyéb indikációk

Szerv / szervrend- szer vagy betegség	Indikált	Haszonnal járhat	Nem jár haszonnal
Immunhiányos betegek (pl. HIV-pozítívok)	<ul style="list-style-type: none"> • Benignus és malignus agyi elváltozások elkülönítése • A biopszia helyének meghatározása láz esetén 	<ul style="list-style-type: none"> • Számottevő fogyás esetén malignitásra suspect laesiók keresése 	
Csontot érintő gyulladások		<ul style="list-style-type: none"> • Protézisekkel összefüggő gyulladások aktivitásának megítélése • Gerincoszlopot érintő gyulladásos folyamatok megítélése 	
Csontáttétek		<ul style="list-style-type: none"> • Amennyiben a csontszcintigráfia vagy egyéb képalkotás nem egyértelmű 	
Hypophysis tumorok recidívájának megítélése		<ul style="list-style-type: none"> • Anatómiai képalkotás sikertelensége esetén, a funkcionáló kiújult hypophysis tumorok azonosítására 	
Ismeretlen eredetű láz		<ul style="list-style-type: none"> • Az ismeretlen eredetű láz okának felderítése 	