

**35960 EGÉSZTEST PET/CT VIZSGÁLATA**  
**35930 TUMOR VIZSGÁLATA PET/CT-VEL**  
**(Mindkét OENO esetében FDG radiofarmakkal)**

*Összeállította: Dr. Szilvási István*

## **1. Az alkalmazás elve, patofiziológiai alapok**

Az FDG  $^{18}\text{F}$  pozitron sugárzó radioizotóppal megjelzett szőlőcukor, azaz glükóz analóg. A glükózhoz hasonlóan **a fokozott anyagcseréjű sejtekben** fokozott mértékben dúsul. A malignus daganatok fokozott anyagcseréje miatt az FDG PET/CT elsősorban az onkológiában nélkülözhetetlen vizsgálat, de a központi idegrendszer, a kardiovaszkuláris és a gyulladásoz betegségek egy részében pl. demenciák, szívizom életképesség, vasculitisek, sarcoidosis, stb.) is igen hasznos módszer.

A fokozott dúsulás patomechanizmusa: a fokozott anyagcseréjű sejtek felszínén a glükóz transzporterek mennyisége megnő, ezekbe a sejtekbe több FDG kerül. Intracellulárisan a fokozott aktivitású hexokináz enzim hatására az FDG foszforilálódik. Az FDG-foszfátot azonban – ellentétben a glükóz-6-foszfáttal – a sejt nem képes lebontani, ezért a sugárzó molekula feldúsul a fokozott anyagcseréjű sejtekben. A fokozottan sugárzó kóros képletek intenzívebben ábrázolódnak a PET berendezés 3-dimenziós felvételein.

## **2. Radiofarmakon**

$^{18}\text{F}$ -Fluoro-2-deoxy-2-d-glucose, más néven:  $^{18}\text{F}$ -Fluorodeoxyglucose, rövidítve:  $^{18}\text{F}$ -FDG vagy általánosan elterjedt egyszerű nevén: az FDG.

**Az aktivitásmennyiség** függ a PET/CT berendezés típusától. A modern berendezésekkel - azonos vizsgálati idő mellett – 30-50 %-kal kevesebb aktivitásmennyiséggel ugyanolyan képminőség érhető el. A beadandó aktivitásmennyiség függ a vizsgált beteg testsúlyától (pontosabban a BMI indexétől), a PET/CT látómezejének méretétől és az egyes ágypozíciók átfedésének mértékétől is.

Az European Association of Nuclear Medicine szakmai irányelve szerint a MBq-ban számolt beadandó aktivitásmennyiség ma: 14 MBq/testsúlykilogramm (azaz szorozva a beteg kg-ban mért testtömegével) és osztva az egy ágypozíció percben megadott felvételi idejével, ha az ágypozíciók „átfedése” 30 %-nál kisebb. Eszerint egy 75 kg testtömegű embernek, ha egy

ágypozíció adatgyűjtési ideje 3 perc, akkor  $14 \times 75 / 3$ , azaz 350 MBq aktivitásmennyiség adandó.

### 3. Indikációk

Széleskörűek. Leggyakrabban a rosszindulatú daganatok vizsgálatára használjuk, mert a legtöbb (de nem minden!) rosszindulatú daganat többé-kevésbé dúsítja az FDG-t. Az FDG PET azonban a központi idegrendszer, a kardiovaszkuláris és a gyulladássos betegségek vizsgálatában is hasznos.

#### 3.1. A vizsgálat céljai, a beteg sorsát meghatározó legfontosabb kérdésekre adott válaszok:

Az FDG PET/CT a rosszindulatú daganatok vizsgálatában az alábbi kérdések megválaszolására alkalmas:

Képalkotó eljárásokkal (CT, MR) talált kóros képletek jó- vagy rosszindulatú voltának eldöntése (pl.: a hasnyálmirigy vagy a tüdő esetében)

Diagnosztizált primer tumor kiterjedésének, áttét képzésének ( pl. a nyirokcsomókban, tüdőben, májban, stb.) megállapítása

Az un. paraneopláziás tünetek esetében a daganat kimutatása

A rosszindulatú daganatok kezelése eredményességének megállapítása

Ismeretlen eredetű daganat áttétei esetében a primer daganat helyének kimutatása

A kezelés befejezését követően annak eldöntése, hogy az esetleg tapintható vagy képalkotó eljárásokkal látott elváltozás vajon tumor maradvány vagy a kezelés következtében létrejött nekrozis, ill. hegszövet-e

Daganatos betegség kezelése után, ha klinikai, radiológiai vizsgálat, vagy az emelkedett tumor marker a kiújulás gyanúját kelti – a gyanú megerősítése vagy elvetése

Ismert daganatos betegségben a biopszia (szöveti mintavétel) optimális helyének kiválasztása

A sugárterápia tervezése (hogy csak a daganatot érje sugárhatás).

**3.2. Azon rosszindulatú betegségek köre, amelyekben a fenti kérdések megválaszolására a PET CT hasznosnak bizonyul, folyamatosan bővül.** (Utalunk az Európai Nukleáris Medicina Útmutatóra, ill. a Brit Orvosszakmai Kollégium kiadványára is, lásd Irodalomjegyzék.) A Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő (NEAK) jelenleg - 2019 szeptemberben - az alábbi daganatfélésekben finanszírozza a PET CT vizsgálatot (mert ezekben az esetekben a legnagyobb a várt egészség-nyereség, és a költséghatékonyság bizonyított):

Vastagbél- és végbél rák

Tüdőrák

Emlőrák

A nyirokrendszer rosszindulatú daganatai

A fej-nyak rákos megbetegedései

Méhnyakrák

Nyelőcsőrák

Rosszindulatú festékes daganatok

A pajzsmirigyrák

Az agydaganatok bizonyos típusai

(Az egyéb, nem daganatos megbetegedések közül a NEAK mindössze a gyógyszeres kezelésre nem gyógyuló epilepsziában finanszírozza a rohamokat kiváltó góc megkeresését, ha az egyéb módszerekkel nem sikerül.)

Az FDG klinikai indikációinak bővítése folyamatban van.

#### **4. Kontraindikációk**

A terhesség relatív kontraindikáció.

A szoptatás felfüggesztése a vizsgálat napjára ajánlott.

#### **5. A beteg előkészítése**

A vizsgálat menetéről a vizsgálatot végző szakképzett munkatársaktól részben az előjegyzés során telefonon, részben megérkezésekor – még az izotóp beadása előtt –

**részletes tájékoztatást** kap, ami után

aláírja a **beleegyező nyilatkozatot** és közli, hogy

**leletét milyen** módon szeretné megkapni.

**A beteg a vizsgálat előtti napokban** szokásos étrendjét, gyógyszer szedését ne változtassa.

**A vizsgálat előtti napon** már fizikai megerőltetést okozó munkát ne végezzen, ne sportoljon.

A **vizsgálat napján** pontosan jelenjen meg, hozza magával betegségével összefüggő, előző leleteit, CD-t. A PET/CT-vizsgálatra a beteget gyermek, vagy terhes nő ne kísérelje el!

**Lényeges, hogy a vizsgálat előtt legalább 4 órával semmit ne egyen, szénhidrát tartalmú folyadékot ne fogyasszon (legjobb a víz)!** Erre azért van szükség, mert az FDG PET vizsgálat elvégzéséhez az szükséges, hogy megérkezésekor vércukor szintje 11 mmol/L (200 mg/dL) alatt legyen. Ha ugyanis az FDG injekció beadása előtt a beteg ujjbegyéből vett apró vércseppből végzett vizsgálattal vércukra 11 mmol/L-nél magasabb, akkor a vizsgálatot el kell halasztani. Izgulós beteg a vizsgálat előtt nyugtatót bevehet. A vizsgálat előtti 2 órában igyon legalább 1 liter vizet. Az FDG injekció iv. beadását (erre automata aktivitásmérő-osztó-fecskendőbe-töltő berendezés szolgál) követően testi-szellemi nyugalomban, meleg helyen egy órát fekvé-ülve vár, közben 1 liter vizet iszik. Közvetlenül a vizsgálat előtt vizel, majd megkezdődik a vizsgálat. Ez ma – géptípustól függően - 8-20 perc. A vizsgálat után félórányi várakozás után a beteg távozik. Az ezt követő órákban is bő folyadék fogyasztás szükséges. Aznap a beteg kisgyermekkel, terhes nőekkel közvetlen testi kapcsolatban (ölbe vevés, együtt alvás) ne legyen.

**Cukorbetegség esetén** – attól függően, hogy a beteg tablettás vagy inzulin kezelésben részesül – külön étkezési és gyógyszerbeviteli utasítást kell adni a betegnek és a legmegfelelőbb napszakban végzik el a vizsgálatát.

**Terhesség:** a vizsgálandó beteget előjegyzéskor és megérkezésekor is megkérdik, hogy **terhes-e**, ill. lehet-e terhes? Terhes nőknél ugyanis csak kivételes esetben lehet PET/CT-t végezni.

A **szoptató nők** a vizsgálat előtt gyűjtsenek tejet, a vizsgálat utáni 12 órában fejt tejet öntsék ki, ugyanis az FDG beadása után 20 óráig nem szoptathatnak.

Ritkán, a beutaló orvos kérésére a PET vizsgálattal együtt kontrasztanyagot CT vizsgálat is készül.

## 6. Módszer

Legáltalánosabb az ún. **teljes test PET/CT vizsgálat**, ami a koponya tetőtől a combközépig tartó testrészlet vizsgálatát jelenti. Speciális esetekben egy testtájék PET/CT vizsgálatára is sor kerülhet (pl. agy, szív). A teljes test vizsgálat időtartama a berendezés technikai paramétereitől függően kb. 7-20 perc. A leképezést egymást átfedő, úgynevezett ágypozíciókban végezzük, normál testalkatú ember esetén a jelenleg használt berendezésekkel 5-6 egymást részben fedő ágypozícióban történik. A 3D képeket különböző rekonstrukciós módszerekkel állítjuk elő. Az FDG felvétel mértékét szemi-quantitatív módszerrel határozzuk meg. Legáltalánosabban használt paraméter a SUV, ez azt fejezi ki, hogy a vizsgálat betegben lévő átlagos koncentrációnál hányszor nagyobb az FDG-t fokozottabban dúsító kóros képlet FDG koncentrációja. A SUV meghatározásához szükséges

a beteg testsúlyának, a beadott aktivitás mennyiségének és a meghatározás időpontjának ismerete. Minél fokozottabb az anyagcseréje a kóros képletben található képletnek, a SUV értéke annál nagyobb. A SUV-nak a malignus és a jóindulatú daganatnak elkülönítését lehetővé tevő abszolút számértéke nincs. Természetesen a gyulladós folyamatok SUV értéke is magas (a gyulladás intenzitásától függően). Újabban egyéb, pontosabb paramétereket is használunk (pl.: SUL vagy TGM). Természetesen ezen paraméterek meghatározásához szükség van a FDG  $^{18}\text{F}$  megsemmisülési sugárzása 511 keV energiájú fotonja sugárgyengülésének korrekciója szükséges. Ezt az alacsony dóziszú CT segítségével érjük el.

### **Az alacsony dóziszú CT-nek a PET/CT vizsgálatban 2 szerepe van:**

Attenuáció (sugárgyengülés) korrekciója. A FDG  $^{18}\text{F}$ -ből keletkező foton energiája a vizsgált beteg testében gyengül. Az un. attenuációt a CT segítségével korigálni lehet. Erre az FDG felvétel szemikvantitatív méréséhez szükség is van.

A látott kóros FDG dúsító képlet pontos anatómiai lokalizálása. Természetesen nagyobb kiterjedésű kórfolyamatok ábrázolódnak az alacsony dóziszú CT-vel készült felvételeken is, de a képminőség pontos CT diagnózishoz elégtelen. Ritkán – ha a küldő orvos külön kéri – diagnosztikai, kontrasztanyagot CT vizsgálat is végezhető a manapság használt PET/CT-vel.

### **A PET/CT vizsgálat értékelését számos körülmény nehezítheti**

fázás (hideg időjárás, hűvös várakozó helyiségben eltöltött idő) az un. barna zsír aktivizálódását okozza

az erős fizikai munka, várakozás alatti járkálás a vázizomzat FDG felvételét fokozza

a várakozás alatti beszélgetés a gége tájékon FDG dúsuláshoz vezethet

a besugárzott területen 2-3 hónapig fokozott FDG dúsulás lehet

kemoterápia után néhány hétig a csontvelő regenerációja miatt fokozott csont felvétel látható

műtéti, traumás sebek gyógyulása hetekig FDG felvétel fokozódással járhat

fiziológiásan az FDG egy része a gasztrointesztinális traktusba kerülhet, ez betegről betegre változó mértékű (metformin szedés fokozza)

az FDG jelentős része kiválasztódik a vizelettel, ez korlátozza a húgyhólyag tájék megítélhetőségét

a szív FDG felvétele változó, a vizsgálat előtti órákban étkezés fokozza.

A PET/CT vizsgálat elvégzésével **egyres terápiais beavatkozások után várni kell:**

kemoterápia után (lehetőleg) 3 hetet

műtét után 6 hetet

sugárterápia után 3 hónapot

## 7. Sugárterhelés

Az effektív dózis együttható 19 microSv / MBq. A ma használatos berendezésekhez szükséges FDG aktivitás mennyiség (250-400 MBq) mellett a beteg effektív dózisa 4-8 mSv/MBq tartományban van. Ehhez járul a rendszerint alacsony dózisu CT kb. 1-2 mSv sugárterhelése. (Utalunk a CT pótlékról szóló szakmai útmutatóra.)

A legnagyobb sugárterhelést a húgyhólyag fala kapja, ez a kritikus szerv. Az elnyelt dózis értéke a vesefunkciótól és a beteg hidráltságától függően kb. 130 microGy/MBq. Minthogy a szöveti súlytényező 1, ugyanennyi a egyenérték dózis együttható microSv/MBq-ben kifejezve.

## 8. Referenciák

1. European Nuclear Medicine Guide, 2018, [www.nucmed-guide.app](http://www.nucmed-guide.app)
2. EANM Nuclear Medicina Clinical Decision Support, 2018, [www.nucmed-cds.app](http://www.nucmed-cds.app)
3. [FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0](#)