

^{18}F -fluoro-dezoxi-glükóz pozitronemissziós tomográfia/komputertomográfia (^{18}F -FDG-PET/CT) képalkotás a kardiológiában

Besenyi Zsuzsanna dr.¹ ■ Nagy Ferenc Tamás dr.²
Sághy László dr.² ■ Pávics László dr.¹

¹Szegedi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Nukleáris Medicina Intézet, Szeged

²Szegedi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar,
II. Belgyógyászati Klinika és Kardiológiai Központ, Szeged

Az utóbbi évtizedekben elismertté vált a ^{18}F -FDG-PET/CT nélkülözhetetlen szerepe a daganatos betegségek diagnosztikájában, stádiumbesorolásában és azok terápiára adott válaszána utánkövetésében. Ezen modern funkcionális és morfológiai képalkotást kombináló módszer használatának nemcsak onkológiai, hanem egyes kardiológiai kórképekben is vannak elfogadott evidenciái. Összefoglaló közleményünkben ismertetjük az optimalizált kardiológiai ^{18}F -FDG-PET/CT vizsgálati protokollt és az ehhez szükséges beteg-előkészítés módszereit. Néhány esetben saját eredményekkel is illusztrálva áttekintjük az irodalmát a jól ismert „gold standard” myocardiumviabilitás és onkorkardiológiai vizsgálatoknak, melyek mellett különös figyelmet fordítunk a szív gyulladásos megbetegedéseire. Ez a relatív újabb indikációs kör olyan betegségeket foglal magában, mint az infekatív műbillentyű-endocarditis, cardialis implantált elektromos eszköz infekciója és a myocardium különböző eredetű gyulladásos megbetegedései, mint a sarcoidosis, amelyekben a ^{18}F -FDG-PET/CT vizsgálatnak kitüntetett szerepe van, különösen a bizonytalan esetek differenciáldiagnosztikájában.

Orv Hetil. 2019; 160(26): 1015–1024.

Kulcsszavak: ^{18}F -FDG-PET, CT, kardiológia, gyulladás, cardialis implantált elektromos eszköz infekciója

^{18}F -fluoro-deoxy-glucose positron emission tomography/computer tomography (^{18}F -FDG-PET/CT) imaging in cardiology

Over the past decades, ^{18}F -FDG-PET/CT imaging has been recognized as an indispensable tool in the diagnosis, staging and treatment monitoring of cancer. This modern imaging technique combining functional and morphologic information has approved indications not only in oncology but in clinical cardiology as well. In the current review we discuss the specific requirements of patient preparation and image acquisition protocol for cardiac ^{18}F -FDG-PET/CT. We review the literature in some cases highlighted by our own examinations of well-known “gold standard” viability and onco-cardiology examinations while placing special emphasis on inflammatory disorders involving the heart. This relatively newer class of indications includes prosthetic valve endocarditis, cardiac implantable device infection, myocardial inflammation of varying origin such as sarcoidosis where ^{18}F -FDG-PET/CT appears to be particularly useful in the differential diagnosis of cases where standard investigation is non-diagnostic or equivocal.

Keywords: ^{18}F -FDG-PET/CT, cardiology, inflammation, myocarditis, cardiac implantable electronic device infection

Besenyi Zs, Nagy FT, Sághy L, Pávics L. [^{18}F -fluoro-deoxy-glucose positron emission tomography/computer tomography (^{18}F -FDG-PET/CT) imaging in cardiology]. Orv Hetil. 2019; 160(26): 1015–1024.

(Beérkezett: 2019. január 14.; elfogadva: 2019. február 19.)

Rövidítések

¹⁸F-FDG-PET/CT = (¹⁸F-fluoro-deoxy-glucose positron emission tomography/computer tomography) ¹⁸F-fluoro-dezoxiglükóz pozitronemissziós tomográfia/komputertomográfia; AV = atrioventricularis; CIED = (cardiovascular implantable electronic device) cardialis implantált elektromos eszköz; CT = (computed tomography) számítógépes tomográfia; FDG = fluoro-dezoxi-glükóz; EKG = elektrokardiográfia; MBIE = infektív mübillentyű-endocarditis; MIBI = metoxi-izobutil-izonitril; MRI = (magnetic resonance imaging) mágnesesrezonancia-képzés; PET = (positron emission tomography) pozitronemissziós tomográfia; SPECT = (single photon emission computed tomography) egyfoton-emissziós komputertomográfia; STICH = Surgical Treatment for Ischemic Heart Failure vizsgálat; SUV = (standardized uptake value) standardizált felvétel értéke; TOE = (transesophageal echocardiography) transoesophagealis szívultrahang-vizsgálat; TTE = (transthoracic echocardiography) transthoracalis szívultrahang-vizsgálat; VT = ventricularis tachycardia

A pozitronemissziós tomográfias (PET-) vizsgálat olyan *in vivo* molekuláris képalkotó eljárás, mely lehetőséget ad a szervezetben zajló biokémiai folyamatok leképezésére. Az 1970-es években a ¹⁸F-izotóppal jelölt fluoro-dezoxi-glükóz (FDG) szintézisének leírása után világszerte gyorsan elterjedt a ¹⁸F-fluoro-dezoxi-glükóz pozitronemissziós tomográfia/komputertomográfia (¹⁸F-FDG-PET/CT) vizsgálat, mely nagy érzékenységgű kvantitatív molekuláris képalkotó eljárás. Az intravénásan szervezetbe juttatott ¹⁸F-FDG intracellulárisan glükóz-6-foszfát alakul, mely nem metabolizálódik tovább, a sejten belül egyensúlyi állapotban felhalmozódik. Az így akkumulálódott ¹⁸F-FDG-felvétel mértéke arányos a cukoranyagcsere mértékével. A daganatsejtek nagy részére jellemző a fokozott glükózanyagcsere, amit a glükóztranszporter membránprotein emelkedett kifejeződése, másrészt a daganatszövet fokozott vascularisatiója és magas mitotikus aktivitása okoz. A daganatsejtekhez hasonlóan a gyulladásos folyamatokban megjelenő aktivált immunsejtek emelkedett glükóztranszporter-jelenléte, az érintett területen fokozott vascularisatio, valamint a megjelenő gyulladásos faktorok (citokinek, növekedési faktorok) együttesen ugyancsak fokozott cukoranyagcserét okoznak [1]. Amellett, hogy a ¹⁸F-FDG jelenleg a leggyakrabban használt radiofarmakon az onkológiai betegségek és gyulladásos folyamatok nukleáris medicinai vizsgálatában, napjainkra növekvő jelentőséggel bír a myocardium betegségeinek diagnosztikájában is. A pozitronemissziós tomográfias vizsgálatmódszer hatékonyságát tovább javította a hibrid képalkotó eljárások megjelenése: ezek során a PET metabolikus információkat nyújt magas funkcionális felbontással, melyeket a komputertomográfia (CT) és a mágnesesrezonancia-képzés (MRI) morfológiai információkkal egészít ki [2]. A jelen publikációban a már szélesebb körben elterjedt, evidenciákkal alátámasztott kardiológiai ¹⁸F-FDG-PET/CT vizsgálatokat tárgyaljuk.

Kardiológiai ¹⁸F-FDG-PET/CT beteg-előkészítés, leképezési protokoll és értékelés

Nyugalomban a myocardiumsejtek fő energiaforrását a szabad zsírsavak és a glükóz kombinációjának felhasználása nyújtja. Az előkészítés nélkül végzett kardiológiai ¹⁸F-FDG-PET vizsgálatok esetén komoly nehézséget okozhat a fiziológiás és patológiás myocardium-glükózfelvétel elkülönítése, ami a vizsgálat specificitását ronthatja, fals pozitív eredményekhez vezethet. A myocardium fiziológiás glükózfelvételének csökkentésére kifejlesztett eljárások közül az (a) elhúzóó éhezés, (b) diétás megszorítások és (c) az intravénásan adott nem frakcionált heparin módszerét alkalmazzák [3]. Éhezési stádiumban a myocardium energiafelhasználása a glükóz helyett a szabad zsírsavak irányába tolódik el [4]. Hasonló hatást érhetünk el a vizsgálat előtti napon bevezetett alacsony szénhidrát-, magas zsírtartalmú diétával [5]. Végül a vizsgálat előtt közvetlenül intravénásan adott nem frakcionált heparin szintén emeli a vér szabadzsírsav-szintjét, habár ennek hatásossága közvetlenül a myocardium-glükózfelhasználás csökkentésében vitatott [6]. Jelenleg a legelfogadottabb ajánlás a vizsgálat előtti napon két, alacsony szénhidrát- (<3 g) és magas zsírtartalmú (>35 g) étkezés és az azt közvetlenül megelőző 4–12 órás éhezés, opcionálisan heparin adásával kiegészítve. Az egy vizsgálóhelyen belüli egységes protokoll alkalmazása az összehasonlító vizsgálatok pontos értékelése érdekében különös jelentőséggel bír [3].

A vizsgálat során készüléktípustól függően 300–350 MBq ¹⁸F-FDG radiofarmakont adunk intravénásan, előtte pedig vércukorszint-ellenőrzést végzünk. A ¹⁸F-FDG beadása után a 60–90 perc dúsulási idő alatt a beteg ingerszegény környezetben nyugodtan pihen (az izommunkát, beszédet kerülni kell). A PET-leképezést háton fekvő helyzetben feltett kezekkel végezzük. Először tájékoztató CT-felvétel készül a szívregió pontos beállítására, amit alacsony dózisu CT-leképezés követ, végül a PET-adatgyűjtés történik meg (két- vagy háromdimenziós módban), mely készüléktől és vizsgálatától függően lehet EKG-kapuzott is. A szívleképezést rutin „rövid-egésztest” vizsgálat egészíti ki a koponyabázistól a combok felső harmadáig, potenciális extracardialis manifestáció azonosítására. A leképezett fotonok szöveti elnyelési korrekciója a CT-elnyelési térkép alapján történik. Mind az elnyeléskorrigált, mind a korrigálatlan képek rekonstrukciója szükséges a teljes test-vizsgálat elkészítéséhez [7]. A ¹⁸F-FDG-PET képeit standard (axiális, sagittális, koronális) síkokban, továbbá a szív-PET-vizsgálat axiális szeleteit reorientálva vertikális és horizontális hossz tengelyi, valamint rövid tengelyi metszeti képeként rekonstruáljuk, a standard 17 szegmentumos myocardialis modell alapján [8]. A myocardium rekonstruált ¹⁸F-FDG-PET-metszeti képei esetenként szimultán értékelhetők a párhuzamosan készült myocardiumperfúziós vizsgálat, echokardiográfia vagy szív-MRI-vizsgálatok

azonos síkú képeivel. A vizuális kiértékelésen túl az egymást követő vizsgálatok esetén a terápiára adott válasz pontos utánkövetésére kvantitatív kiértékeléssel egészítjük ki a folyamatot. Egy kijelölt térfogaton belül mind relatív, mind abszolút értékben meghatározható a radiofarmakon *in vivo* koncentrációja, mely a jelen esetben a cukormetabolizmus mértékét mutatja. A kvantitatív értéket az általánosan is elterjedt SUV- (standardized uptake value) értékben adjuk meg. Egy adott térfogaton belül kiszámítható a legmagasabb (SUVmax), továbbá az átlagos (SUVmean) izotópfelvétel, melyet a különböző módszerek a testtömegre vagy a test „szárazanyag-” tartalmára vonatkoztatnak. Számszerűen meghatározható a fokozott cukoranyagcsere mértéke mind a teljes myocardiumban, mind az egyes szegmentumokban. Az egyes vizsgálatok összehasonlíthatóságát tovább pontosítja a szöveti háttérhez, a „vér-pool” aktivitáshoz viszonyított SUV-hányados [3].

¹⁸F-FDG-PET/CT képalkotás a szívizom-viabilitás megítélésében

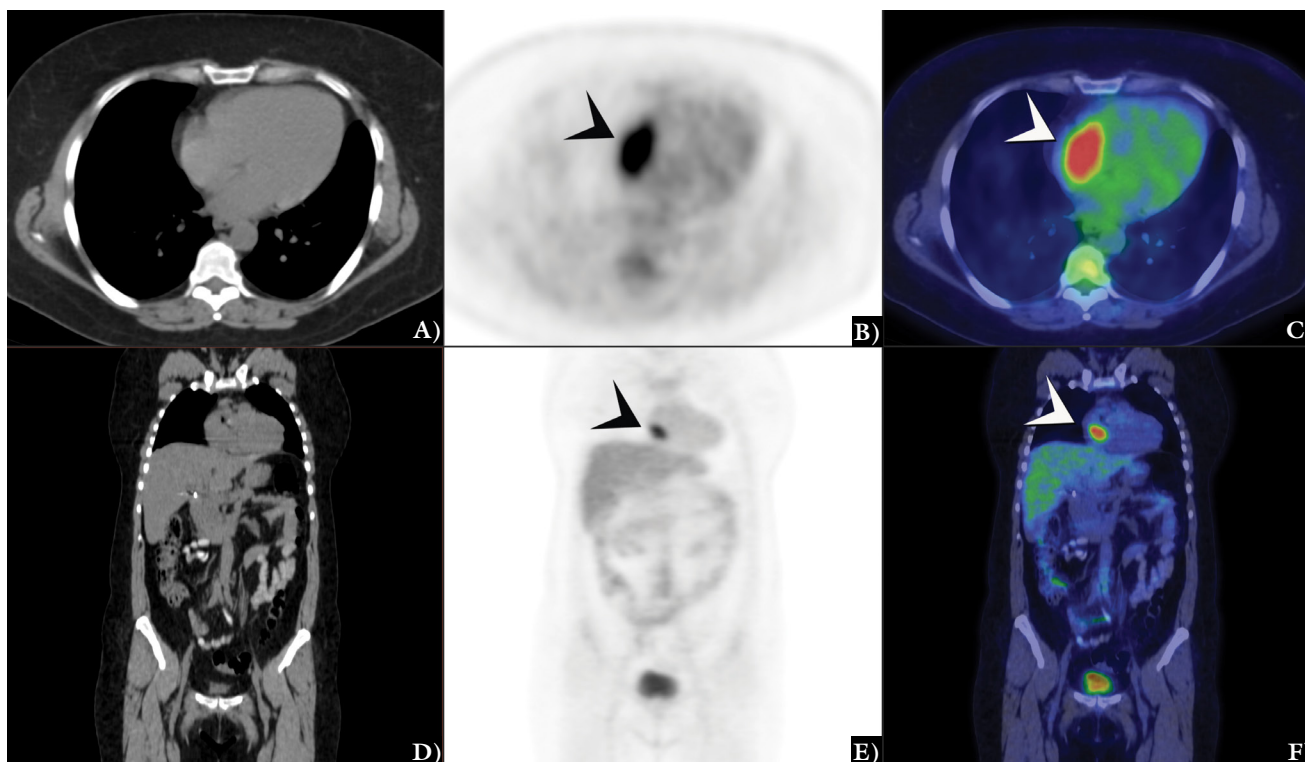
A ¹⁸F-FDG-PET vizsgálatnak történelmileg úttörő szerepe volt a myocardiumviabilitás koncepciójának kidolgozásában, és az annak meghatározására alkalmas első, „gold standard” eljárásaként ismert. Viabilis myocardiumként a celluláris funkcióra, metabolikus aktivitásra és kontraktilitásra alkalmas, „életképes” myocardiumot definiáljuk. A viabilitás kérdéskörének kitüntetett szerepe van posztinfarktusos, ischaemiás szívbetegségben szenvedő, csökkent balkamra-funkciójú betegpopulációban. A csökkent perfúzió miatt átmenetileg hibernált, azaz viabilis myocardium szívsebészeti vagy perkután intervenciós revascularisatiójával a beteg balkamra-funkcióját, klinikai állapotát és potenciálisan a túlélését is javíthatjuk. Ezzel ellentétben a véglegesen károsodott, heges myocardium esetén a revascularisatiótól érdemi javulás nem várható, viszont a beteget jelentős műtéti rizikónak tesszük ki [9]. A ¹⁸F-FDG-PET/CT vizsgálat az intakt metabolikus aktivitás kimutatásán keresztül alkalmas a viabilitás igazolására. A vizsgálati protokoll két lépésből áll: 1) nyugalmi myocardiumperfúziós egyfoton-emissziós komputertomográfias (SPECT-) vizsgálat (^{99m}Tc-tetrofoszmin, ^{99m}Tc-MIBI) vagy ritkábban PET (³N-ammónia, ⁸²rubídium vagy ¹⁵O-H₂O); 2) myocardialis glükózmétabolizmus kimutatása ¹⁸F-FDG PET-tel. A hibernált, életképes myocardium típusos képét az 'egy területre lokalizált perfúziós defektus megtartott ¹⁸F-fluoro-dezoxi-glükóz-felvétel mellett' jelenti (úgynevezett 'mismatch' jelenség). Ezzel szemben tartósan károsodott, heges, már életképtelen myocardiumra utal a perfúzió és a ¹⁸F-FDG-felvétel együttes kiesése. A vizsgálat alatti glükózfelvétel optimalizálásához itt is szigorú protokoll betartása szükséges, amely a korábbiakban részletesen leírt vizsgálatot megelőző alacsony szénhidrát-, magas zsírtartalmú diétán és éhezésen túl a vizsgálat alatt adott

glükózfúziót jelenti, lehetőség szerint inzulinnal kombinálva [10].

Az első biztató retrospektív adatok után elvégzett prospektív klinikai vizsgálatok – és azok között a legnagyobb STICH-vizsgálat – azonban nem igazolták az előre definiált végpontokban a viabilitásvezérelt szívsebészeti revascularisatio szuperioritását a hagyományos gyógyszeres terápiához képest csökkent balkamra-funkciójú ischaemiás szívbeteggekben [11]. A kérdés tisztázására hivatott további prospektív vizsgálatok eredményéig továbbra is 'IIB, B' indikációként szerepel a viabilitásvizsgálat a legutolsó, 2018-as európai revascularisatiós ajánlásokban [12]. A ¹⁸F-FDG-PET/CT alkalmazása mellett a myocardiumviabilitás kimutatására alternatívát jelent 1) a szív-MRI-vizsgálat a transmuralitás mértékének megítélésére késői gadolíniumfelvétel alapján [13] vagy 2) a kontraktilis rezerv kimutatása alacsony dózisu dobutamin-stressz echokardiográfiával [14] vagy MRI-vel [15].

¹⁸F-FDG-PET/CT képalkotás a szív tumoros betegségeiben

A primer cardialis tumorok ritka kórképek (autopszia során 0,01–0,03%-ban fordulnak elő). Legnagyobb részük jóindulatú (myxoma), kisebb számban (25%) rosszindulatú daganatok (rhabdomyosarcoma, angiosarcoma) [16]. A metasztatikus eredetű szívtumorok jóval gyakoribbak (100–1000 : 1). Ismert primer tumor mellett incidenciájuk autopszia során a 2,3–18,3%-ot is elérheti. A legtöbbször tüdő-, emlődaganat és malignus hematológiai betegségek áttéteként jelennek meg [17, 18]. Kezelésükben benignus eseteknél a szívsebészeti rezekciót, míg malignus esetekben, amennyiben lehetséges, a rezekciót és a primer tumornak megfelelő kemoterápiát alkalmaznak. A cardialis terimék képalkotó kivizsgálásának első lépése a transthoracalis/transoesophagealis szívultrahang-vizsgálat, amelyet a pontos anatómiai kiterjedés, invazivitás megítélésére mellkas-CT-vel, illetve szív-MRI-vizsgálattal javasolt kiegészíteni. Ezen eljárások önmagukban (különösen a szív-MRI) már a terime morfológiai jegyei alapján képesek lehetnek a jó- és rosszindulatú daganatok elkülönítésére [19]. Szövetiagnózt thoracotomia vagy a perkután biopszia során nyerhetünk [20]. A részletes radiológiai kivizsgálás ellenére előfordulnak azonban bizonytalan esetek, különösen ha a cardialis biopszia csak igen magas rizikóval végezhető el, vagy nem informatív. Ilyen betegeken a megfelelő előkészítés mellett elvégzett ¹⁸F-FDG-PET/CT alkalmas lehet a malignitás tisztázására, illetve mind a primer, mind a metasztatikus cardialis rosszindulatú terimék glükózfelvele (SUV) magas specificitás és szenzitivitás mellett szignifikánsan magasabb, mint a közel háttéraktivitást mutató benignus folyamatoké [21, 22]. A fentieken túl a ¹⁸F-FDG-PET/CT vizsgálat változott esetekben alkalmazva értékes kiegészítője lehet a hagyományos diagnosztikai és terápia-utánkövetési algoritmusnak az alábbiakban: a) primer szívtumor stádium-



1. ábra

¹⁸F-FDG-PET/CT-vel igazolt melanoma malignum szívmetasztázis. Rutin onkológiai beteg-előkészítéssel végzett ¹⁸F-FDG-PET/CT vizsgálat melanoma malignum staging indikációval. Az alacsony dózisu CT-felvételeken a jobb pitvarban lágyrész-képlet egyértelműen nem különül el (A, D). Az axiális síkú ¹⁸F-FDG-PET (B), valamint a fuzionált natív CT- és ¹⁸F-FDG-PET-képeken (C) a jobb pitvarban nagy kiterjedésű, intenzív ¹⁸F-FDG-akkumuláció rajzolódik ki, amely metasztázisra utal (nyíl). Ugyanazon beteg koronális síkú felvételein is látható az igen magas ¹⁸F-FDG-felvétel mutató cardialis metasztázis (E, F). Az elváltozás műtéti eltávolítása megtörtént, szövettani vizsgálata a melanoma malignum metasztázisát igazolta

¹⁸F-FDG-PET/CT = ¹⁸F-fluoro-dezoxi-glükóz pozitronemissziós tomográfia/komputertomográfia; CT = komputertomográfia; FDG = fluoro-dezoxi-glükóz; PET = pozitronemissziós tomográfia

besorolásában távoli áttét, lokális infiltráció megítélése, b) metasztatikus szívtumornál a primer folyamat azonosítása, c) sebészeti rezekció után a recidíva megítélése, d) a kemoterápia hatásosságának utánkövetése [23]. Végül fontos megemlíteni, hogy esetenként az ismert primer malignus folyamat rutin-stádiumbesorolása, utánkövetése céljából végzett ¹⁸F-FDG-PET/CT lehet az első, amely a szív metasztatikus folyamatára hívja fel a figyelmet (1. ábra).

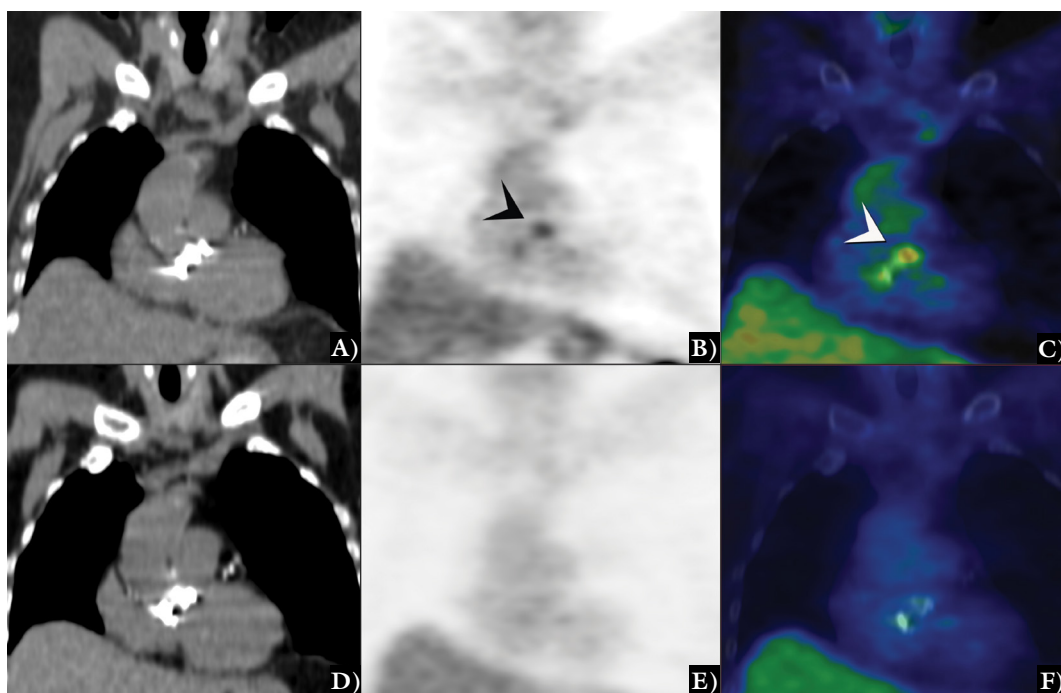
¹⁸F-FDG-PET/CT képalkotás a szív gyulladásoos kórképeiben

Infektív műbillentyű-endocarditis

Az infektív endocarditis – definíció szerint – a cardiovascularis struktúrák endothelialis felszínén és/vagy az intracardialis idegen testek felszínén létrejövő mikrobás infekció. Súlyos kórkép, a kórházi mortalitás a rendelkezésre álló modern diagnosztikus és terápiai lehetőségek mellett is 15–20%, az összesített mortalitás 40%. A diagnosztikus felállítására a klinikai adatokon és képalkotó vizsgálatok eredményein alapuló módosított (az egyesült államokbeli Duke University of North Carolina után elnevezett) Duke-kritériumrendszert használják. Klinikai

tünetek mellett a diagnosztikus két alappillére a pozitív mikrobiológiai vizsgálat és a pozitív képalkotó vizsgálati eredmény, ami hagyományosan az echokardiográfiát, azon belül is a transoesophagealis echokardiográfiát (TOE) jelenti [24]. A Duke-kritériumrendszer és a szívultrahang-vizsgálat szerepének kiterjedt validáltsága ellenére elismert annak korlátozott értéke is a korai esetek, illetve az endocarditis egyes speciális formái, mint az infektív műbillentyű-endocarditis (MBIE) azonosításában [25].

Az elmúlt évtizedekben a technikai lehetőségek bővülése, a multimodalitású képalkotó eljárások kifejlesztése számos kórképben lehetővé tette a differenciáldiagnosztikai pontosság növelését. A 2015-ben megjelent európai infektívendocarditis-kezelési útmutatás három ilyen új eljárás létjogosultságát ismerte el. A módosított európai Duke-kritériumrendszer major kritériuma lett: 1) a kontrasztos CT-vel igazolt paravalvularis „leak” (szívárgás), 2) a perivalvularis metabolikus aktivitás fokozódása ¹⁸F-FDG-PET/CT-vel (2. ábra) vagy 3) a radioaktívan jelölt autológ fehérvérsejt akkumulációja az implantált műbillentyű körül SPECT/CT vizsgálat során. Továbbá minor kritériumként ismertek el bármely, kizárólag képalkotó eljárással igazolt vascularis eltérést is (például arté-



2. ábra

¹⁸F-FDG-PET/CT-vel igazolt infektív műbillentyű-endocarditis. Kardiológiai előkészítés után műbillentyű-endocarditis gyanúja miatt végzett ¹⁸F-FDG-PET/CT vizsgálat. Koronális síkú, natív, alacsony dózisu CT-felvételen (A) az aortaszíjadékban mechanikus műbillentyű ábrázolódik, az azonos síkú ¹⁸F-FDG-PET- (B), valamint a fuzionált natív CT- és ¹⁸F-FDG-PET-képeken (C) perivalvularisan ¹⁸F-FDG-akkumuláció rajzolódik ki (nyíl), mely az infektív endocarditis diagnózisát támogatja. A két hónapi antibiotikumterápia után azonos protokollal készült kontroll ¹⁸F-FDG-PET/CT vizsgálat képein (D, E, F) már fiziológias aktivitáseloszlás ábrázolódik

¹⁸F-FDG-PET/CT = ¹⁸F-fluoro-dezoxi-glükóz pozitronemissziós tomográfia/komputertomográfia; CT = komputertomográfia; FDG = fluoro-dezoxi-glükóz; PET = pozitronemissziós tomográfia

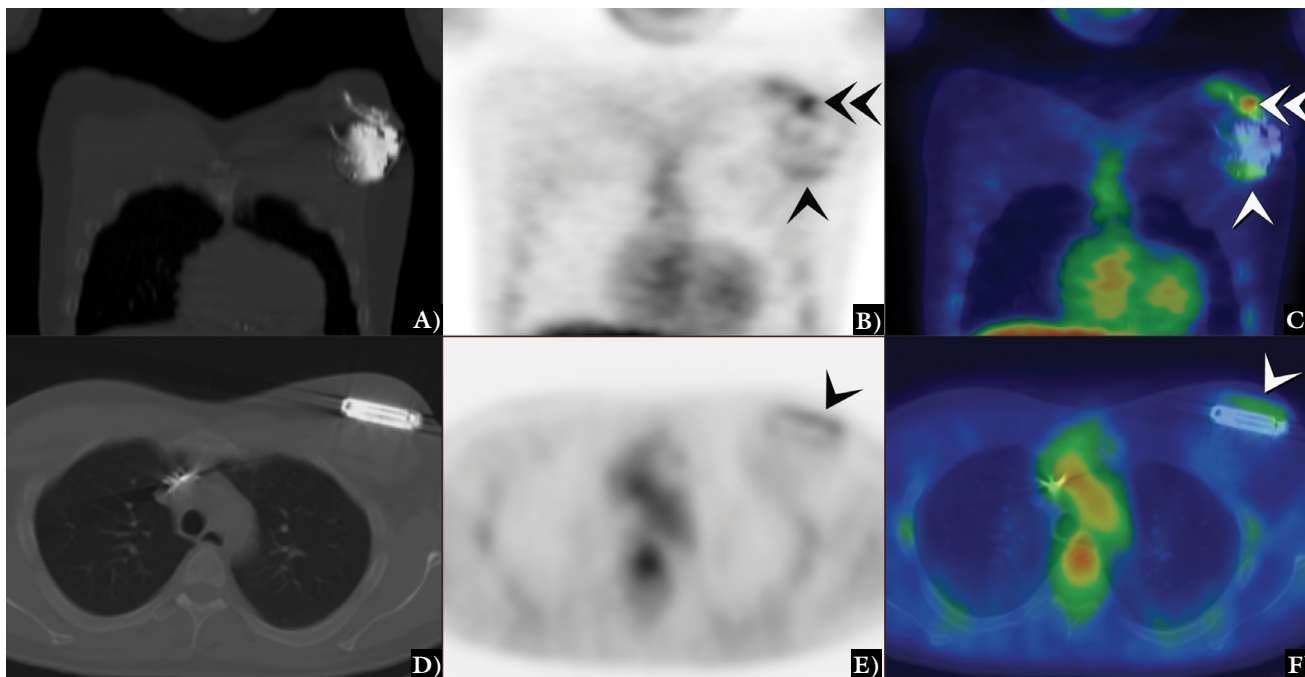
riás embolisatio, septicus pulmonalis infarktus, mikotikus aneurizma stb.) [26].

Egy 537 beteg adatait feldolgozó metaanalízis szerint a műbillentyű infektív endocarditisének kimutatása szempontjából a ¹⁸F-FDG-PET/CT vizsgálat specificitása 77,9% és szenzitivitása 76,8%. Az endocarditis gyanúja miatt vizsgált betegek 17%-ában a kezelési tervet befolyásoló extracardialis infekciót vagy malignus fókust talált a ¹⁸F-FDG-PET/CT [27]. A Duke-kritériumok kiegészítéseként alkalmazva, különösen bizonytalanok minősített esetekben, annak pontosságát szignifikánsan növelte (szenzitivitás 70% vs. 98%) [28]. A vizsgálat technikai aspektusai között kiemelendő: 1) a megfelelő beteg-előkészítés, amely nélkül a fiziológias glükózfelvétel fals pozitív eredményekhez vezet, 2) a vizsgálat kiegészítése a teljes test ¹⁸F-FDG-PET/CT leképezésével az embolisatiós fókuszok azonosítására is alkalmas (az agyi embolisatio kivételével), 3) potenciális fals pozitivitást okozó posztoperatív steril gyulladás miatt a műtétet követő 3 hónapon túl célszerű a vizsgálatot végezni.

Cardialis implantált elektromos eszköz infektója (pacemaker, intracardialis defibrillátor, reszinkronizációs terápiás eszköz)

Az infektív endocarditis egyik speciális formája a cardialisan implantált elektromos eszközök (CIED) infektója.

A gyulladás nemcsak intracardialis, hanem a készülék egyéb extracardialis struktúráiban (például elektróda, zseb) is jelen lehet. A CIED-infekciók gyakorisága növekedésének háttérében az indikációs kör bővülése, a beültetett készülékek számának, komplexitásának növekedése mellett a recipiens páciensek fennálló társbetegségeinek súlyosbodása is áll. A CIED-infekció súlyos, magas mortalitású komplikáció, amely még sikeres kezelés esetén is jelentős megterheléssel jár mind a betegre, mind az egészségügyi ellátórendszerre nézve [29]. Bizonyított esetekben a kezelés alapját célzott antibiotikus terápia és a teljes rendszer (generátor és elektródák) eltávolítása, majd többnyire halasztott reimplantációja jelenti. A diagnózis esetenként egyértelmű (generátorkifekélyesedéssel járó gyulladás), vagy az esetek többségében a klinikai tünetek, mikrobiológiai leletek és transoesophagealis echocardiográfiás vizsgálat kombinált értékelésével egyértelműen meghozható. Komoly diagnosztikus problémát jelenthet viszont elsősorban a tünetszegény zsebinfekcióknak, illetve ezzel összefüggésben a rendszer intravascularis részei érintettségének bizonyítása. A MBIE-hez hasonlóan azonban az infektív endocarditis Duke-kritériumrendszer szerinti szenzitivitása elmarad CIED-infekcióban a natív endocarditisben tapasztaltakhoz képest [26]. Tekintettel a speciális helyzetre mind az amerikai, mind az európai szakmai társaság külön ajánlást fogalmazott meg a CIED-infekció diagnosztikus és terápiás irányelveiről [30, 31].

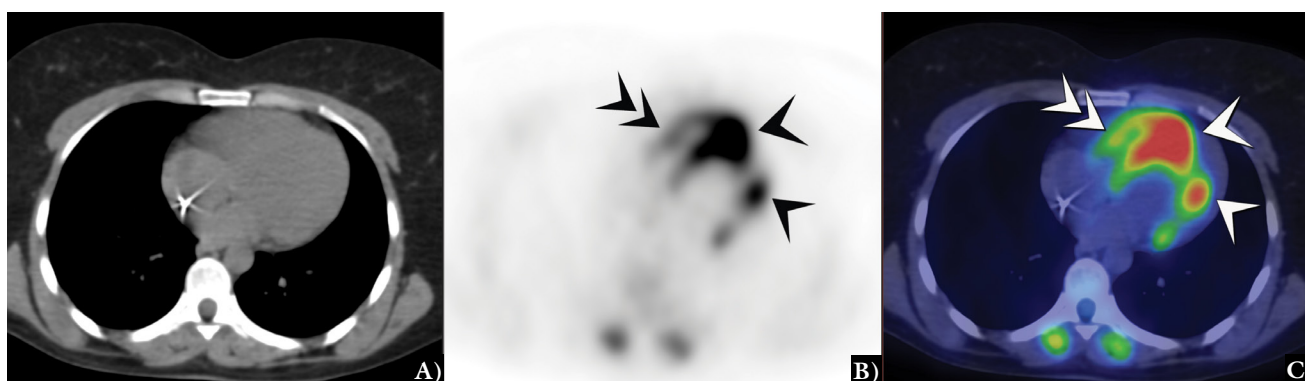


3. ábra ^{18}F -FDG-PET/CT vizsgálat által igazolt CIED-infekció. Kardiológiai előkészítés után CIED-infekció gyanúja miatt végzett ^{18}F -FDG-PET/CT vizsgálat. Koronális síkú natív, alacsony dózisu CT-felvétel (A) a bal subclaviumban ICD ábrázolódik. Az azonos síkú ^{18}F -FDG-PET- (B), valamint a fuzionált natív CT- és ^{18}F -FDG-PET-képeken (C) az ICD környezetében mérsékelt (nyíl), az elektródák kilépésének környezetében (kettős nyíl) intenzív FDG-akkumuláció látszik, mely zsebinfekcióra utal. Ugyanazon beteg axiális síkú felvételein (D, E, F) az implantátum bőrfelszínközeli oldalán is látható mérsékelt gyulladásra utaló ^{18}F -FDG-dúsulás (nyíl)

^{18}F -FDG-PET/CT = ^{18}F -fluoro-dezoxi-glükóz pozitronemissziós tomográfia/komputertomográfia; CIED = cardialis implantált elektromos eszköz; CT = komputertomográfia; FDG = fluoro-dezoxi-glükóz; ICD = intracardialis defibrillátor; PET = pozitronemissziós tomográfia

A bizonytalan esetek differenciáldiagnosztikájában, a korai felismerésben segítségünkre lehet a gyulladás funkcionális anyagcsere-folyamatát vizsgáló ^{18}F -FDG-PET/CT [32] (3. ábra). Egy 12 vizsgálat 492 betegének adatait feldolgozó metanalízis alapján a CIED-infekció kimutatásában a ^{18}F -FDG-PET/CT vizsgálat szenzitivitása 83%, specifitása 89%. Az eredmények különösen a zsebinfekciók tekintetében kiemelkedők (szenzitivitás 96%, specifitás 97%), míg az elektródainfekciók kimu-

tatásában a szenzitivitás 76% és a specifitás 83% [33]. A metaanalízis ebben az esetben is kiemelte a megfelelő beteg-előkészítés fontosságát. A diétás protokollt alkalmazó vizsgálatok esetében (4/12) a specifitás 83%-ról 92%-ra nőtt. A vizsgálat technikai aspektusai javarészt megegyeznek a MBIE során leírtakkal. Klinikai szempontból érdekes lehet CIED-infekció során és MBIE-ben is a már elindított antibiotikumterápia potenciális hatása a ^{18}F -FDG-PET/CT vizsgálat szenzitivitására.



4. ábra ^{18}F -FDG-PET/CT vizsgálat által igazolt szívérintettség sarcoidosisban. Kardiológiai előkészítést követően ismeretlen eredetű malignus kamrai ritmuszavar miatt végzett ^{18}F -FDG-PET/CT vizsgálat. Axiális síkú alacsony dózisu natív CT- (A), ^{18}F -FDG-PET- (B) és fuzionált kép (C). A bal kamrai myocardium területén többgócú, változó intenzitású, fokális aktivitásfokozódás látható (nyilak), a jobb kamra diffúz, alacsony intenzitású érintettsége mellett (kettős nyíl). A célzott endomyocardialis biopszia a myocardium fibrogranulomatous gyulladását igazolta

^{18}F -FDG-PET/CT = ^{18}F -fluoro-dezoxi-glükóz pozitronemissziós tomográfia/komputertomográfia; CT = komputertomográfia; FDG = fluoro-dezoxi-glükóz; PET = pozitronemissziós tomográfia

Irodalmi adatok hiányában azonban jelenleg nem javasolt a vizsgálat előkészítése során az antibiotikum elhagyása, ugyanakkor 24 órára az esetleges szteroidterápia felfüggesztése javasolt [34].

Összefoglalva, CIED-infekcióban, akár csak MBIE-ben, a ¹⁸F-FDG-PET/CT vizsgálat hasznos a bizonytalan esetek differenciáldiagnosztikájában. Az eljárás alkalmazását ma már a nemzetközi társaságok ajánlják (IIb, C) [30, 31].

Sarcoidosis

A sarcoidosis ismeretlen eredetű, multiszisztémás, granulomatosis gyulladással járó betegség. A ritkának hitt betegség előfordulása jóval gyakoribb, mint korábban gondoltuk, prevalenciája jelenleg 100–300/100 000 betegre tehető [35]. A klinikai képet jelentős heterogenitás jellemzi. A folyamat a leggyakrabban tüdőérintettséggel, bihilaris lymphadenopathiával jár, de bármely más szervben is jelentkezhet. Kardiológiai manifesztáció klinikailag 5%-ban, boncolás során mintegy 25%-ban fordul elő [36]. Izolált, csak a szívre lokalizálódó esetek is vannak. Az alapvetően indolens lefolyású betegségnél a szív klinikailag is manifeszt érintettsége rossz prognosztikai tényező. A betegség jellegének és kiterjedtségének függvényében különböző klinikai képeket láthatunk: a) vezetési zavar, dominálón kamrai ritmuszavarok, b) hirtelen halál, c) diasztolés/szisztolés szívelégtelenség, d) billentyűelégtelenség, e) pericarditis [36, 37]. A sarcoidosis klinikai diagnózisának felállítására több kritériumrendszert is kidolgoztak, legutóbb 2014-ben az Amerikai Szív Ritmus Társaság fogalmazta meg saját ajánlását [38]. A kritériumrendszerek közös diagnosztikus pillérként a hisztológiailag igazolt fibrogranulomatosis jelölik meg. Ugyanakkor az endomyocardialis biopszia szenzitivitása (<25%) sarcoidosisban vélhetőleg a betegség „foltos” megjelenése miatt is kifejezetten alacsony [39]. A klinikai diagnózis nehézségeit ez jól példázza ebben az egyébként is heterogén prezentációjú kórképben. A diagnózis felállításában és a terápia utánkövetésében az utóbbi években egyre nagyobb szerepet kapnak az új korszerű képkeltő diagnosztikai vizsgálatok, az MRI [40], illetve újabban a ¹⁸F-FDG-PET/CT.

A ¹⁸F-FDG-PET/CT képkeltés alapját sarcoidosisban a gyulladással járó folyamatban részt vevő, magas metabolikus aktivitású, fokozott glükózfelvételű, aktivált makrofág sejtek teremtik meg. Nyugalmi perfúziós vizsgálattal kiegészítve a ¹⁸F-FDG-PET/CT alkalmas a cardialis sarcoidosis teljes spektrumának vizsgálatára, elkülönítve a már krónikussá váló perfúziós defektusokat az aktív gyulladással járó fókuszoktól. A vizsgálat specifikitása (78%) és szenzitivitása (89%) sarcoidosisban magasnak mondható, különösen, ha figyelembe vesszük a „gold standard”-ként használt endomyocardialis biopszia, szív-MRI-vizsgálat, illetve a klinikai kritériumrendszer szintén meglehetősen bizonytalanságait [41]. A ¹⁸F-FDG-PET/CT által igazolt szívérintettség fontos prognosztikai té-

nyező. A malignus ritmuszavar és halálozás rizikója ilyen esetekben jelentősen nő [42]. Klinikai relevanciájának megfelelően a ¹⁸F-FDG-PET/CT „pozitivitás” már a sarcoidosis minor diagnosztikus kritériumaként is szerepel a fent említett ajánlásban [38]. Az Amerikai Nukleáris Kardiológiai Társaság és a Nukleáris Medicina és Molekuláris Képkeltő Társaság a közelmúltban közös állásfoglalást készített sarcoidosisban a végzett vizsgálatok indikációira, kivitelezésére, kiértékelésére [3].

Magas diagnosztikus értékű vizsgálatot az indikáló orvos, a beteg és a nukleárismedicina-szakorvos szoros együttműködése, a komplex protokoll pontos kivitelezése esetén kaphatunk. Ennek kiemelt részei: a) a potenciális nyugalmi perfúziós defektust és/vagy nem gyulladással járó ¹⁸F-FDG-felvétel (hibernált myocardium) okozó coronariabetegség előzetes kizárása, b) a fals po-

1. táblázat | Klinikai helyzetek, amelyekben a szív ¹⁸F-FDG PET/CT vizsgálata hasznos lehet ismert, illetve feltételezett sarcoidosisban*

Klinikai kép	Specifikus kritériumok
Betegek extracardialis sarcoidosis hisztológiai bizonyítékával és kóros cardialis szűrővizsgálati eredménnyel a mellékelt kritériumok szerint.	Az EKG-n teljes jobb- vagy bal-Tawara-szár-blokk, illetve egyéb, betegség által nem magyarázott patológiás Q-hullám 2 vagy több konkomittáló elvezetésben. TTE-vel igazolt regionális falmozgászavar, aneurizma, a basalis septum elvékonyodása vagy csökkentett ejekciós frakció (<50%). Holter-EKG alapján tartós vagy nem tartós VT előfordulása. Szív-MRI-vizsgálat, amely sarcoidosisra utal. Ismeretlen eredetű palpitáció vagy syncope.
Tartós VT-s betegek, akiken a mellékelt kritériumok nem teljesülnek.	Típusos kifolyótraktus VT, fascicularis VT, VT más igazolt strukturális szívbetegség következményeként (koszorúér-betegség, egyéb, nem idiopathiás cardiomyopathia).
Fiatal betegek (<60 év), akiken ismeretlen eredetű, novum, jelentős vezetési rendszer-zavar lép fel (például tartós másod- vagy harmadfokú AV blokk).	
Ismert, igazolt cardialis sarcoidosisban szenvedő betegeken a terápia utánkövetésére.	

¹⁸F-FDG-PET/CT = ¹⁸F-fluoro-dezoxi-glükóz pozitronemissziós tomográfia/komputertomográfia; AV = atrioventricularis; EKG = elektrokardiográfia; TTE = transthoracalis szívultrahang-vizsgálat; VT = ventricularis tachycardia

*Az Amerikai Nukleáris Kardiológiai Társaság és az Amerikai Nukleáris Medicina és Molekuláris Képkeltő Társaság konszenzusajánlása alapján adaptált táblázat [3].

zitivitás elkerülésére a fiziológiás cukorfelvétel gátlása a vizsgálat előtti koplalással, illetve alacsony szénhidrát-, magas zsírtartalmú diéta tartásával, heparin adásával, c) a vizsgálat kiegészítése rövid-egésztest ^{18}F -FDG-PET-képpalkotással az esetleges extracardialis manifesztációk felismerésére [3]. A vizuális kiértékelés során a szív sarcoidosisra legjellemzőbb kép a „foltos” fokális patológiás ^{18}F -FDG-felvétel normál- vagy enyhén emelkedett diffúz myocardiumfelvétel mellett, nyugalmi perfúziós defektusokkal vagy azok nélkül (4. ábra). Összefoglalva, a cardialis ^{18}F -FDG-PET/CT nemcsak a szív sarcoidosis diagnosztikájában, hanem prognosztikai tényezőként és a szteroidterápia utánkötésére alkalmas eljárásnak is elismert. Mindezek mellett természetesen továbbra sem rutin-szűrővizsgálatról van szó. A konszenzusajánlás szerint a ^{18}F -FDG-PET/CT alkalmazásának pontos indikációit az 1. táblázatban foglaltuk össze [3].

Myocarditis

A myocarditis a szív diverz etiológiájú, heterogén klinikai prezentációjú, változó lefolyást mutató gyulladással megbetegedése. A diagnózis felállításának „gold standard”-ja az endomyocardialis biopszia eredménye, amelyet azonban az esetek többségében költségek, tapasztalathiány, potenciális komplikációk és változó szenzitivitás miatt zömmel csak ritkán végeznek el. A hagyományos diagnosztikai vizsgálatoknak (szívultrahang, CT, koronarográfia) elsősorban az alternatív kórképek kizárásában, a komplikációk felismerésében van szerepük [43]. A myocarditis noninvazív diagnosztikájában jelentős átöröslést jelentett a szív-MRI-vizsgálat. Az MRI-vizsgálat a gyulladás korai (ödéma, hyperaemia) és késői (necrosis, fibrosis) jeleinek, MRI szöveti karakterisztikáinak kimutatásán alapul (T2-képpalkotás, korai, illetve késői gadoliniumhalmozás), amelyet újabb metodikák T1 és T2 „mapping” technikákkal egészítenek ki [44, 45]. A jelentős technológiai fejlődés ellenére – többek között annak indirekt jellege miatt is – az MRI-vizsgálat szenzitivitása és specificitása akut (66–88%; 44–77%) és különösen krónikus (27–71%; 47–94%) esetekben elmarad a kívánatostól [45].

A szív sarcoidosisban leírtakhoz hasonlóan logikusnak tűnik egyéb etiológiájú myocarditisekben is a ^{18}F -FDG-PET vizsgálatot segítségül hívni a gyulladással járó myocardialis folyamat metabolikus hiperaktivitásának, fokozott glükózfelvételének kimutatására [46]. A ^{18}F -FDG-PET irodalma azonban ezen a területen egyelőre elsősorban esetleírásokra és kísérletes vizsgálatokra korlátozódik [47, 48]. Csúpan egy nagyobb prospektív vizsgálat eredményei állnak rendelkezésünkre jelenleg, amelyben ^{18}F -FDG-PET/MRI módszerrel vizsgáltak myocarditis gyanúja miatt kezelt betegeket. A ^{18}F -FDG-PET vizsgálat specificitása 97%, szenzitivitása 74% volt az MRI-vel összehasonlítva [49]. A szív-MRI-vizsgálat ^{18}F -FDG-PET-tel kiegészítve alkalmas lehet a korai esetek azonosítására, illetve a krónikus és az akut folyamatok szétválasztására

[46]. Jelenleg tehát a ^{18}F -FDG-PET a nem sarcoidosis eredetű myocarditis vizsgálatában experimentális eljárásnak számít. A klinikai gyakorlatban a ^{18}F -FDG-PET/CT vizsgálat elsősorban az MRI-vizsgálat végrehajtásának kontraindikációja esetén jön szóba [47].

A kardiológiai ^{18}F -FDG-PET/CT vizsgálat limitációi

A vizsgálati limitációk között elsőként említendő a még mindig korlátozott hozzáférés, amelyet Magyarországon a szív vizsgálatok finanszírozásának hiánya tovább súlyosbít. Fontos azonban kiemelni, hogy a szív ^{18}F -FDG-PET/CT vizsgálata a fenti indikációkban nem tekinthető szűrő- vagy első vonalbeli vizsgálatnak. Harmadik vonalbeli eljárásnak specifikus indikációkkal azonban költséghatékony lehet a bizonytalan esetek differenciáldiagnosztikájában vagy a terápiára adott válasz utánkötésében. További fontos korlátozó tényező a ^{18}F -FDG-felvétel aspecifikus jellege. A ^{18}F -FDG-PET kardiológiai vizsgálati „pozitivitás” hátterében számos különböző etiológiai tényező állhat: 1) onkológiai folyamat, 2) gyulladás, amely lehet infektív, autoimmun eredetű, illetve steril is (például posztoperatív), 3) hibernált myocardiumviabilitással, 4) nem kellően előkészített beteg esetében fiziológiás glükózfelvétel. Ennek megfelelően a ^{18}F -FDG PET/CT vizsgálati eredmények kiértékeléséhez mindenképpen szükséges a precíz protokoll-kivitelezés mellett a részletes klinikumnak és az egyéb kardiológiai vizsgálóeljárások eredményének a pontos ismerete (TTE-vizsgálat, szív-MRI-vizsgálat, nyugalmi és terheléses myocardiumperfúziós SPECT-vizsgálat stb.). Végül, de nem utolsósorban szükséges megemlíteni, hogy mind a CT-, mind a PET-vizsgálat sugárterheléssel jár. Gondosan megválasztott indikáció esetén a vizsgálati eredményből eredő haszon azonban jóval meghaladja a sugárterhelésből adódó elhanyagolható kockázatot.

Következtetés

A szív ^{18}F -FDG-PET/CT vizsgálatának alkalmazását sarcoidosis, cardialis implantált elektromos eszköz és műbillentyű-infekció speciális eseteiben, a myocardiumviabilitás vizsgálatában, valamint a szívérintettséggel járó onkológiai kórképekben ma már nemzetközi társaságok által elfogadott evidenciák is alátámasztják. A differenciáldiagnosztikai alkalmazáson túl a terápia utánkötésében, az akut és a krónikus gyulladással járó folyamatok elkülönítésében, korai azonosításában, valamint az extracardialis manifesztációk felismerésében is szerepet játszik. Mindemellett a ^{18}F -FDG-PET-nek az egyes kardiológiai kórképek klinikai vizsgálati algoritmusában történő végleges elhelyezéséhez további prospektív, randomizált klinikai vizsgálatok szükségesek.

Anyagi támogatás: A közlemény megírása anyagi támogatásban nem részesült.

Szerzői munkamegosztás: A kézirat megszüvegezésében mindegyik szerző részt vett. B. Zs. a nukleáris medicinai, N. F. T. a kardiológiai, S. L. az elektrofiziológiai vonatkozások kialakításában, P. L. a koncepció kidolgozásában és a végleges forma lektorálásában vállalt meghatározó szerepet. A cikk végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

Érdekltségek: A szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

Irodalom

- [1] Jones T. The imaging science of positron emission tomography. *Eur J Nucl Med Mol.* 1996; 23: 807–813.
- [2] Jones T, Townsend D. History and future technical innovation in positron emission tomography. *J Med Imaging (Bellingham)* 2017; 4: 011013.
- [3] Chareonthaitawee P, Beanlands RS, Chen W, et al. Joint SNMMI-ASNC expert consensus document on the role of ¹⁸F-FDG PET/CT in cardiac sarcoid detection and therapy monitoring. *J Nucl Med.* 2017; 58: 1341–1353.
- [4] Taegtmeyer H. Tracing cardiac metabolism *in vivo*: one substrate at a time. *J Nucl Med.* 2010; 51(Suppl 1): 80S–87S.
- [5] Harisankar CN, Mittal BR, Agrawal KL, et al. Utility of high fat and low carbohydrate diet in suppressing myocardial FDG uptake. *J Nucl Cardiol.* 2011; 18: 926–936.
- [6] Gormsen LC, Christensen NL, Bendstrup E, et al. Complete somatostatin-induced insulin suppression combined with heparin loading does not significantly suppress myocardial ¹⁸F-FDG uptake in patients with suspected cardiac sarcoidosis. *J Nucl Cardiol.* 2013; 20: 1108–1115.
- [7] Dilsizian V, Bacharach SL, Beanlands RS, et al. ASNC imaging guidelines/SNMMI procedure standard for positron emission tomography (PET) nuclear cardiology procedures. *J Nucl Cardiol.* 2016; 23: 1187–1226.
- [8] Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, et al., American Heart Association Writing Group on Myocardial Segmentation and Registration for Cardiac Imaging. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Int J Cardiovasc Imaging* 2002; 18: 539–542.
- [9] Patel H, Mazur W, Williams KA Sr, et al. Myocardial viability – state of the art: is it still relevant and how to best assess it with imaging? *Trends Cardiovasc Med.* 2018; 28: 24–37.
- [10] Anagnostopoulos C, Georgakopoulos A, Pianou N, et al. Assessment of myocardial perfusion and viability by positron emission tomography. *Int J Cardiol.* 2013; 167: 1737–1749.
- [11] Bonow RO, Maurer G, Lee KL, et al. Myocardial viability and survival in ischemic left ventricular dysfunction. *N Engl J Med.* 2011; 364: 1617–1625.
- [12] Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J.* 2019; 40: 87–165.
- [13] Simor T. Cardiovascular MRI. In: Préda I, Czuriga I, Édes I, et al. (eds.) *Cardiology. Foundations and guidelines.* [Kardiovaszkuláris MRI. In: Préda I, Czuriga I, Édes I, et al. (szerk.) *Kardiológia. Alapok és irányelvek.*] Medicina Könyvkiadó, Budapest, 2010; pp. 117–143. [Hungarian]
- [14] McLean DS, Anadiotis AV, Lerakis S. Role of echocardiography in the assessment of myocardial viability. *Am J Med Sci.* 2009; 337: 349–354.
- [15] Kirschner R, Pécsvárady Z, Bedros JR, et al. Dobutamine stress cardiovascular magnetic resonance imaging in patients with peripheral artery disease. [Dobutaminterheléses szív mágneses rezonanciás vizsgálat alsó végtagi érszűkületben szenvedő betegeken.] *Orv Hetil.* 2011; 152: 285–291. [Hungarian]
- [16] Butany J, Nair V, Naseemuddin A, et al. Cardiac tumours: diagnosis and management. *Lancet Oncol.* 2005; 6: 219–228.
- [17] Bussani R, De-Giorgio F, Abbate A, et al. Cardiac metastases. *J Clin Pathol.* 2007; 60: 27–34.
- [18] Chiles C, Woodard PK, Gutierrez FR, et al. Metastatic involvement of the heart and pericardium: CT and MR imaging. *Radiographics* 2001; 21: 439–449.
- [19] Lichtenberger JP 3rd, Reynolds DA, Keung J, et al. Metastasis to the heart: a radiologic approach to diagnosis with pathologic correlation. *Am J Roentgenol.* 2016; 207: 764–772.
- [20] Kutyifa V, Merkely B, Pozsonyi Z, et al. Intracardiac echocardiography guided cardiac tumormass biopsy. [Intracardialis echokardiográfia-vezérelt cardialis tumormassa-biopszia.] *Orv Hetil.* 2008; 149: 1857–1859. [Hungarian]
- [21] Rahbar K, Seifarth H, Schäfers M, et al. Differentiation of malignant and benign cardiac tumors using ¹⁸F-FDG PET/CT. *J Nucl Med.* 2012; 53: 856–863.
- [22] Nensa F, Tezga E, Poeppel TD, et al. Integrated ¹⁸F-FDG PET/MR imaging in the assessment of cardiac masses: a pilot study. *J Nucl Med.* 2015; 56: 255–260.
- [23] Saponara M, Ambrosini V, Nannini M, et al. ¹⁸F-FDG-PET/CT imaging in cardiac tumors: illustrative clinical cases and review of the literature. *Ther Adv Med Oncol.* 2018; 10: 1758835918793569.
- [24] Lengyel M. Diagnosis, treatment and prevention of infective endocarditis. [Az infektív endocarditis diagnózisa, kezelése és prevenciója.] *Orv Hetil.* 2010; 151: 613–620. [Hungarian]
- [25] Saraste A, Knuuti J. Guidelines in review: comparison of ESC and AHA guidance for the diagnosis and management of infective endocarditis in adults. Are the differences clinically relevant? The European perspective. *J Nucl Cardiol.* 2019; 26: 309–312.
- [26] Habib G, Lancellotti P, Antunes MJ, et al. 2015 ESC guidelines for the management of infective endocarditis: the Task Force for the Management of Infective Endocarditis of the European Society of Cardiology (ESC). Endorsed by: European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), the European Association of Nuclear Medicine (EANM). *Eur Heart J.* 2015; 36: 3075–3128.
- [27] Mahmood M, Kendi AT, Ajmal S, et al. Meta-analysis of ¹⁸F-FDG PET/CT in the diagnosis of infective endocarditis. *J Nucl Cardiol.* 2019; 26: 922–935.
- [28] Saby L, Laas O, Habib G, et al. Positron emission tomography/computed tomography for diagnosis of prosthetic valve endocarditis: increased valvular ¹⁸F-fluorodeoxyglucose uptake as a novel major criterion. *J Am Coll Cardiol.* 2013; 61: 2374–2382.
- [29] Maytin M, Jones SO, Epstein LM. Long-term mortality after transvenous lead extraction. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2012; 5: 252–257.
- [30] Kusumoto FM, Schoenfeld MH, Wilkoff BL, et al. 2017 HRS expert consensus statement on cardiovascular implantable electronic device lead management and extraction. *Heart Rhythm* 2017; 14: e503–e551.
- [31] Bongiorni MG, Burri H, Deharo JC, et al. 2018 EHRA expert consensus statement on lead extraction: recommendations on definitions, endpoints, research trial design, and data collection requirements for clinical scientific studies and registries: endorsed by APHRS/HRS/LAHRS. *Europace* 2018; 20: 1217.
- [32] DeSimone DC, Sohail MR. Approach to diagnosis of cardiovascular implantable-electronic-device infection. *J Clin Microbiol.* 2018; 56: e01683–e01717.
- [33] Mahmood M, Kendi AT, Farid S, et al. Role of ¹⁸F-FDG PET/CT in the diagnosis of cardiovascular implantable electronic device infections: a meta-analysis. *J Nucl Cardiol.* 2019; 26: 958–970.

- [34] Erba PA, Lancellotti P, Vilacosta I, et al. Recommendations on nuclear and multimodality imaging in IE and CIED infections. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2018; 45: 1795–1815.
- [35] Erdal BS, Clymer BD, Yildiz VO, et al. Unexpectedly high prevalence of sarcoidosis in a representative U.S. metropolitan population. *Respir Med*. 2012; 106: 893–899.
- [36] Iannuzzi MC, Rybicki BA, Teirstein AS. Sarcoidosis. *N Engl J Med*. 2007; 357: 2153–2165.
- [37] Sejben I, Som Z, Cserni G. Sudden cardiac death due to sarcoidosis. [Hirtelen szívhalál sarcoidosis következtében.] *Orv Hetil.* 2017; 158: 1067–1070. [Hungarian]
- [38] Birnie DH, Sauer WH, Bogun F, et al. HRS expert consensus statement on the diagnosis and management of arrhythmias associated with cardiac sarcoidosis. *Heart Rhythm* 2014; 11: 1305–1323.
- [39] Cooper LT, Baughman KL, Feldman AM, et al. The role of endomyocardial biopsy in the management of cardiovascular disease. A Scientific Statement from the American Heart Association, the American College of Cardiology, and the European Society of Cardiology. Endorsed by the Heart Failure Society of America and the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 2007; 28: 3076–3093.
- [40] Kullmann T, Simor T, Tóth L, et al. New diagnostic methods of sarcoidosis in Hungary: labial biopsy and cardiac MRI. [Új lehetőségek a sarcoidosis diagnosztikájában Magyarországon: Ajakbiopszia és szív-MRI.] *Orv Hetil.* 2006; 147: 315–319. [Hungarian]
- [41] Youssef G, Leung E, Mylonas I, et al. The use of ¹⁸F-FDG PET in the diagnosis of cardiac sarcoidosis: a systematic review and metaanalysis including the Ontario experience. *J Nucl Med*. 2012; 53: 241–248.
- [42] Blankstein R, Osborne M, Naya M, et al. Cardiac positron emission tomography enhances prognostic assessments of patients with suspected cardiac sarcoidosis. *J Am Coll Cardiol*. 2014; 63: 329–336.
- [43] Caforio AL, Pankuweit S, Arbustini E, et al. Current state of knowledge on aetiology, diagnosis, management, and therapy of myocarditis: a position statement of the European Society of Cardiology Working Group on Myocardial and Pericardial Diseases. *Eur Heart J*. 2013; 34: 2636–2648.
- [44] Friedrich MG, Sechtem U, Schulz-Menger J, et al. Cardiovascular magnetic resonance in myocarditis: a JACC White Paper. *J Am Coll Cardiol*. 2009; 53: 1475–1487.
- [45] Lurz P, Luecke C, Eitel I, et al. Comprehensive cardiac magnetic resonance imaging in patients with suspected myocarditis: the MyoRacer-Trial. *J Am Coll Cardiol*. 2016; 67: 1800–1811.
- [46] Takano H, Nakagawa K, Ishio N, et al. Active myocarditis in a patient with chronic active Epstein–Barr virus infection. *Int J Cardiol*. 2008; 130: e11–e13.
- [47] Redureau E, Lairez O, Hitzel A, et al. Can positron emission tomography be useful to manage systemic sclerosis cardiac involvement? *J Nucl Cardiol*. 2017; 24: 1814–1815.
- [48] Besenyi Z, Ágoston G, Hemelein R, et al. Detection of myocardial inflammation by ¹⁸F-FDG-PET/CT in patients with systemic sclerosis without cardiac symptoms: a pilot study. *Clin Exp Rheumatol*. 2018 Dec 7. [Epub ahead of print]
- [49] Nensa F, Kloth J, Tezgaç E, et al. Feasibility of FDG-PET in myocarditis: comparison to CMR using integrated PET/MRI. *J Nucl Cardiol*. 2018; 25: 785–794.

(Besenyi Zsuzsanna dr.,
Szeged, Korányi fasor 6., 6720
e-mail: besenyi.zsuzsanna@med.u-szeged.hu)

A rendezvények és kongresszusok híryanagának leadása

a lap megjelenése előtt legalább 40 nappal lehetséges, a 6 hetes nyomdai átfutás miatt.
Kérjük megrendelőink szíves megértését.

A híryanagokat a következő címre kérjük:
Orvosi Hetilap titkársága: edit.budai@akademai.hu
Akadémiai Kiadó Zrt.

A cikk a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) feltételei szerint publikált Open Access közlemény, melynek szellemében a cikk bármilyen médiumban szabadon felhasználható, megosztható és újraközölhető, feltéve, hogy az eredeti szerző és a közlés helye, illetve a CC License linkje és az esetlegesen végrehajtott módosítások feltüntetésre kerülnek. (SID_1)