



INFORMACJE
DLA LEKARZY

DIAGNOSTYKA PET/CT

Opracowanie:

Dyrektor Medyczny Affidea Polska, Kierownik Zakładu Medycyny Nuklearnej

dr hab. n. med. Mirosław Dziuk, prof. nadzw.

Wojskowy Instytut Medyczny Centralny Szpital Kliniczny MON Zakład Medycyny Nuklearnej



 224 411 111

www.affidea.pl

SPIS TREŚCI

- 4 PET/CT – zasada działania
- 5 Badanie PET/CT
- 6 Interpretacja obrazów
- 7 PET/CT w onkologii
- 8 PET/CT w kardiologii
- 8 PET/CT w neurologii
- 9 Wskazania do badania pet/ct refundowanego przez NFZ



Szanowni Państwo,

szybka i dokładna diagnoza jest warunkiem właściwego sposobu leczenia. Dzięki technologii współczesna medycyna staje się coraz bardziej skuteczna. Do najnowocześniejszych metod diagnostycznych należy pozytonowa emisyjna tomografia komputerowa – PET/CT.

Oddaję w Państwa ręce krótki przewodnik opisujący zasadę działania i wskazania wykorzystania PET/CT w diagnostyce schorzeń Państwa pacjentów.

Zapraszam do lektury.

Dyrektor Medyczny Affidea Polska,
Kierownik Zakładu Medycyny Nuklearnej
dr hab. n. med. Mirosław Dziuk, prof. nadzw.
Wojskowy Instytut Medyczny Centralny Szpital Kliniczny MON
Zakład Medycyny Nuklearnej

PET/CT – ZASADA DZIAŁANIA

Pozytonowa tomografia emisyjna (PET) to jedna z najnowocześniejszych metod diagnostycznych i należy do szerokiej grupy badań radioizotopowych. Łączy w sobie zalety badań anatomicznych (CT) oraz funkcjonalnych (PET). Dzięki fuzji obrazów PET i CT jesteśmy w stanie nie tylko zobrazować ogniska patologicznego gromadzenia radioznacznika, lecz również z dużą dokładnością zlokalizować ich położenie anatomiczne.

Do badania wykorzystuje się radioznaczniki znakowane izotopami promieniotwórczymi emitującymi pozytony. Pozyton jest korpuskularną formą energii, to znaczy, że posiada masę. Jego masa i ładunek są identyczne jak elektronu – z tą różnicą, że elektron posiada ładunek ujemny, a pozyton dodatni. Pozytony powstają z rozpadu protonów znajdujących się w jądrze atomu. Po rozpadzie w jądrze atomu pozostaje powstały z protonu neutron, natomiast pozyton i cząstka nieposiadająca masy (antyneutrino) emitowane są na zewnątrz.

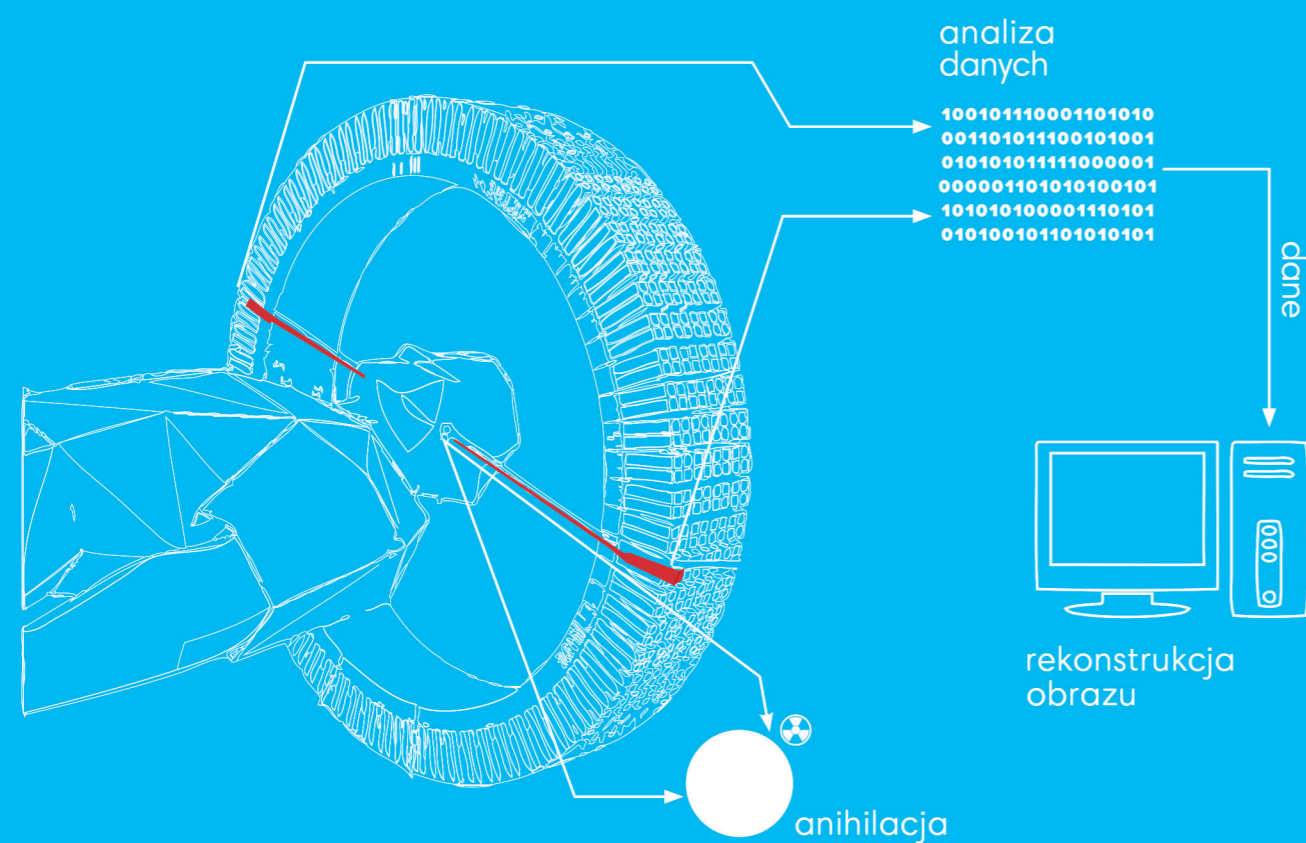
Po utracie części energii kinetycznej pozyton zderza się z elektronem krążącym po orbicie innego atomu. Podczas zderzenia uczestniczące w nim elektron i pozyton ulegają anihilacji, czyli tracą masę, która wraz z ich energiami przekształcona zostaje w dwa kwanty promieniowania, każdy o energii 511 keV (kiloelektronowoltów), poruszające się w dokładnie przeciwnych kierunkach. Właśnie te kwanty promieniowania „widzi” skaner PET.

Obecnie jednym z najczęściej stosowanych izotopów emitujących pozytony jest izotop fluoru ^{18}F , który dzięki dość długiemu okresowi półtrwania (110 minut) można transportować do bardziej oddalonych od cyklotronu ośrodków PET/CT. Izotopem ^{18}F można znakować różne substancje, dzięki czemu możliwe jest zobrazowanie i zmierzenie ich metabolizmu w organizmie człowieka. Do większości badań PET/CT w Polsce stosuje się radioznacznik ^{18}F -FDG (FDG), który jest analogiem glukozy znakowanym

BADANIE PET/CT

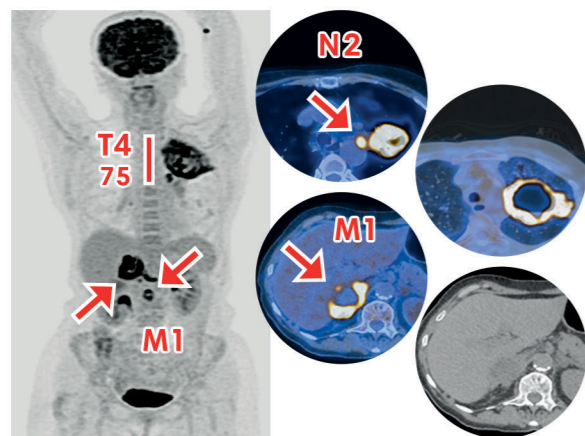
Okolo godziny przed badaniem pacjent otrzymuje radiofarmaceutyk – FDG w formie dożylnego zastrzyku. Podawana substancja nie uczula, nie zawiera jodu i nie powinna powodować żadnych działań ubocznych. FDG jest wchłaniane przez komórki jak glukoza, natomiast nie ulega dalszemu metabolizmowi. **Co więcej, poziom gromadzenia FDG w komórce odpowiada poziomowi zużycia przez nią glukozy.** Ponieważ jedną z cech komórek nowotworowych jest zwiększone zapotrzebowanie na glukozę, obszary patologicznego gromadzenia FDG, widoczne na obrazie PET/CT, mogą świadczyć o zachodzących

w tym miejscu procesach nowotworowych. Po podaniu radiofarmaceutyku pacjent mniej więcej godzinę przebywa w specjalnym pomieszczeniu, aż FDG zostanie rozproszony i wchłonięty przez komórki. Następnie pacjent jest skanowany na aparacie PET/CT. Na początku wykonywane jest badanie CT całego ciała, a następnie, w tej samej pozycji, pacjent jest obrazowany za pomocą kamery PET. Cała procedura trwa 15-20 minut i jest dla pacjenta bezbolesna oraz bezpieczna. Obrazy są następnie rekonstruowane i przesyłane na stację opisową.



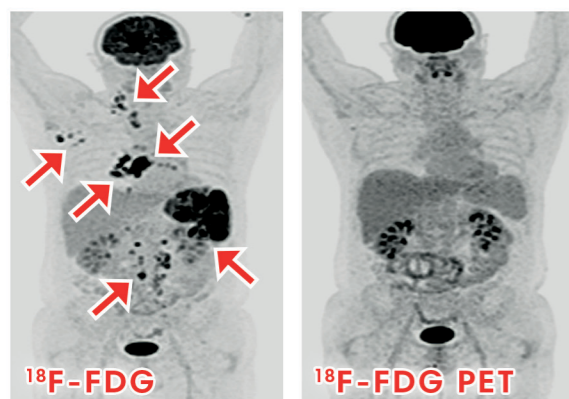
INTERPRETACJA OBRAZÓW

Obraz CT dostarcza lekarzowi informacji o strukturach anatomicznych, co umożliwia bardzo dokładne określenie lokalizacji zmian patologicznych. **Badanie PET uwidacznia zarówno fizjologiczne, jak i patologiczne obszary gromadzenia radioznacznika.** Jednakże na podstawie samego obrazu PET niezwykle trudno jest precyzyjnie określić lokalizację podejrzanej zmiany. Dopiero fuzja obrazów PET i CT zapewnia maksymalną dokładność badania. Ponieważ obydwa badania odbywają się sekwencyjnie na jednym aparacie, pacjent pozostaje w tej samej pozycji, a fuzja obrazów dokonywana jest automatycznie na stacji opisowej. Ze względu na to, że tak jak w przypadku CT i MRI, możemy oglądać go w przekrojach oraz w prezentacjach trójwymiarowych, PET/CT jest również obrazem tomograficznym.



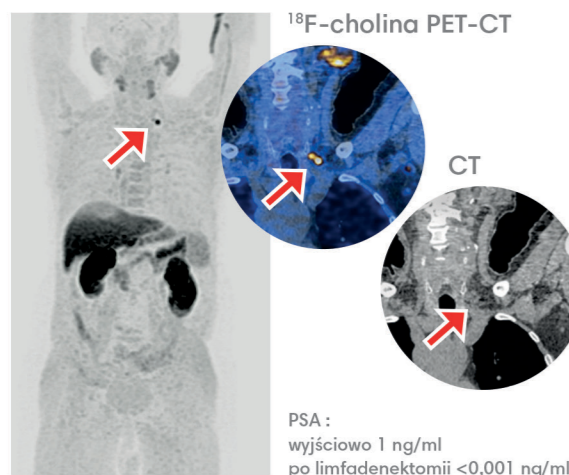
Przypadek 1 – Rak gruczołowy płuca T4N2M1c

60 letni pacjent skierowany na badanie PET-CT z ^{18}F -FDG celem oceny zaawansowania raka płuca lewego. Uwidoczniono guz płuca lewego o wielkości ponad 7 cm (**cecha T4**) wykazujący intensywne gromadzenie radioznacznika; guz w części centralnej z widocznym rozpadem. Ponadto uwidoczniono aktywny metabolicznie węzeł chłonny śródpiersia po stronie guza (**cecha N2**) oraz aktywne metabolicznie zmiany przerzutowe w prawym nadnerczu i w węzłach chłonnych jamy brzusznej (**cecha M1c**). Informacja dla lekarza kierującego: rak płuca lewego w stopniu zaawansowania T4N2M1c, IVB wg 8 edycji TNM.



Przypadek 2 – Chłoniak Hodgkina, wczesna ocena skuteczności leczenia (dobra odpowiedź na zastosowane leczenie)

Pacjent lat 25 z chłoniakiem Hodgkina w wyjściowym badaniu ^{18}F -FDG PET aktywne metabolicznie węzły chłonne po obu stronach przepony oraz śledziona – stopień zaawansowania IIIS. W badaniu ^{18}F -FDG PET wykonanym po 1 kursie chemioterapii ABVD opisane zmiany nowotworowe bez istotnie wzmożonego gromadzenia radioznacznika co wskazuje na skuteczność zastosowanego leczenia.



Przypadek 3 – Przerzuty raka gruczołu krokowego do węzłów chłonnych nadobojczykowych

65 letni pacjent skierowany na badanie PET-CT z fluorocholiną (^{18}F -FCH) celem oceny zaawansowania raka gruczołu krokowego. W wywiadzie prostatektomia 1 rok wcześniej a obecnie wzrost poziomu PSA do 1 ng/ml. W badaniu PET-CT z ^{18}F -FCH uwidoczniono dwa drobne węzły chłonne położone nadobojczykowo po stronie lewej wykazujące wzmożone gromadzenie ^{18}F -FCH. Po usunięciu węzłów chłonnych badanie histopatologiczne potwierdziło obecność komórek raka gruczołu krokowego w opisanych węzłach chłonnych. Poziom PSA po operacji wyniósł <0,001 ng/ml.

PET/CT W ONKOLOGII

Ponad 95% zastosowań PET/CT dotyczy onkologii. W diagnostyce wielu schorzeń nowotworowych PET/CT stał się metodą z wyboru ze względu na wysoką czułość i swoistość oraz fakt, iż wykonuje się skan całego ciała pacjenta. Główne zastosowania PET/CT w onkologii:

- 1 Wczesna diagnostyka choroby nowotworowej w przypadku wykrycia podejrzanych zmian (np. diagnostyka pojedynczych guzków płuca).** Dzięki wysokiej czułości i swoistości badanie PET/CT umożliwia różnicowanie zmian o wielkości nawet 7 mm.
- 2 Ocena stopnia zaawansowania choroby nowotworowej w celu doboru optymalnej metody leczenia.** Ponieważ PET/CT jest badaniem całego ciała, w połączeniu z innymi badaniami oraz obrazem klinicznym ułatwia dokładną ocenę stadium choroby, włącznie z oceną guza (T), przerzutów odległych (M) oraz zajęcia węzłów chłonnych (N). Dotyczy to głównie pacjentów, u których stwierdzono chorobę nowotworową, i lekarze są na etapie planowania terapii.
- 3 Wczesne wykrycie wznowy procesu nowotworowego.** Ponieważ PET/CT umożliwia obrazowanie funkcjonalne, w wielu przypadkach jest w stanie wykryć ogniska nowotworowe, jeszcze zanim w badaniach obrazowych będą widoczne zmiany anatomiczne.
- 4 Ocena skuteczności leczenia:**
 - Ocena doszczętności zabiegu. Dzięki obrazowaniu metabolizmu można odróżnić pozostałości nowotworu od zmian powstałych w wyniku zabiegu operacyjnego lub radioterapii.
 - Ocena odpowiedzi na leczenie. PET/CT jest w stanie określić zakres odpowiedzi na leczenie (PR, CR, PD, SD) już po pierwszych cyklach chemioterapii. Jest to szczególnie przydatne w monitorowaniu efektów leczenia chłoniaków, gdzie przy braku odpowiedzi na leczenie można bezzwłocznie wdrożyć alternatywną terapię.
 - Prognozowanie skuteczności leczenia.
- 5 Badanie PET/CT może również być pomocne przy planowaniu procedur medycznych:**
 - Planowanie radioterapii. Badanie PET/CT pokazuje zasięg metaboliczny nowotworu, który często nie idzie w parze z obrazem anatomicznym, przez co pozwala na dokładniejsze określenie parametrów leczenia napromienianiem.
 - Identyfikacja miejsca do biopsji. Ułatwia pobranie materiału z najbardziej aktywnej metabolicznie (najbardziej złośliwej) części guza nowotworowego.



PET/CT W KARDIOLOGII

Pozytonowa tomografia emisyjna okazała się wyjątkowo użyteczna w ocenie żywotności mięśnia sercowego u chorych z upośledzoną funkcją lewej komory. Kardiolog często staje przed trudną decyzją co do strategii dalszego postępowania (leczenie zachowawcze czy rewaskularyzacja), otrzymując niejednoznaczne wyniki z badania echo-kardiograficznego, próby wysiłkowej albo farmakologicznej lub scyntygrafii perfuzyjnej. Szczególnie trudna jest ocena żywotności mięśnia hibernowanego. Idealnym rozwiązaniem jest wykonanie badania PET z użyciem fluorodeoksyglukozy.

Pozwala ono jednoznacznie stwierdzić, które segmenty lewej komory mają zachowaną aktywność metaboliczną (a więc posiadają żywe kardiomiocyty), i przewidzieć powrót jego funkcji po leczeniu zabiegowym. Ma to szczególne znaczenie na powrót regionalnej i globalnej funkcji lewej komory. Złotym standardem do oceny żywotności mięśnia sercowego jest FDG-blood flow mismatch, czyli wykazanie metabolizmu glukozy w obszarach o upośledzonej perfuzji lub jej braku w badaniu scyntygraficznym. Wartość predykcyjna co do poprawy funkcji danego regionu po rewaskularyzacji sięga 90%.

PET/CT W NEUROLOGII

Obecnie najczęściej w badaniach mózgu wykorzystuje się FDG, aby zmierzyć współczynnik metabolizmu glukozy (cerebral metabolic rate for glucose – CMRGlC) oraz wodę znakowaną tlenem, by móc dokładnie obliczyć regionalny mózgowy przepływ krwi (regional cerebral blood flow – rCBF). **Parametry te znajdują zastosowanie w badaniu wielu schorzeń o podłożu neurologicznym.**

Jednym z najważniejszych zastosowań PET w neurologii jest różnicowanie demencji. Zastosowanie tomografii pozytonowej pozwala np. wykryć ogólne upośledzenie CMRGlC, ze szczególnie nasilonymi zmianami w płatach ciemieniowych i skroniowych. Obraz taki, zwłaszcza u osób poniżej 65 roku życia, pozwala z dużą pewnością rozpoznać chorobę Alzheimera na mniej więcej 13 miesięcy przed spełnieniem kryteriów NINCDS-ADRDA.

Oczywiście, nie jest to obraz patognomoniczny. W różnicowaniu pomocne jest wyliczenie współczynnika mesocortex/neocortex, obserwacja intensywności metabolizmu glukozy w obszarach sensomotorycznych, kory wzrokowej, pnia mózgu i móżdżku. Obiecującym polem zastosowania PET w chorobie Alzheimera jest selekcja pacjentów do odpowiedniej farmakoterapii oraz monitorowanie efektów leczenia. Według niektórych autorów PET jest najczulszym narzędziem różnicującym otępienie pochodzenia naczyniowego (np. multiinfarct dementia) od innych jego rodzajów.

Pierwotna postępująca afazja – w obrazie PET widzimy obniżoną aktywność metaboliczną w płatach ciemieniowych i skroniowych po lewej stronie, przy normalnym obrazie prawej półkuli.

WSKAZANIA DO BADANIA PET/CT REFUNDOWANEGO PRZEZ NFZ

Ośrodki Affidea posiadają kontrakty z Narodowym Funduszem Zdrowia na wykonywanie badań PET/CT. W celu skierowania pacjenta na badanie należy wypełnić druk skierowania i skontaktować się z jednym z naszych ośrodków. Skierowanie musi być wystawione przez lekarza specjalistę.

Badania PET/CT należą do grupy świadczeń odrębnie kontraktowanych i są w pełni refundowane przez NFZ, nie obciążają placówki kierującej nawet w przypadku, gdy pacjent jest w trakcie hospitalizacji.

CHOROBY NOWOTWOROWE

- **Pojedynczy guzek płuca** o średnicy >1 cm, w celu różnicowania pomiędzy jego łagodnym i złośliwym charakterem, przy braku rozpoznania innymi dostępnymi metodami.
- **Niedrobnokomórkowy rak płuca**, w celu oceny jego zaawansowania przed planowaną resekcją lub radykalną radioterapią, jeżeli inne badania nie dają jednoznacznej oceny stopnia zaawansowania (z wyjątkiem raka oskrzelikowo-pęcherzykowego i nowotworów neuroendokrynnych lub rozpoznanych wcześniej przerzutów odległych).
- **Niedrobnokomórkowy rak płuca**, w celu oceny resztkowej choroby po indukcyjnej chemioterapii.
- **Chłoniak Hodgkina i chłoniaki nie-Hodgkina**, w celu wstępnej oceny stopnia zaawansowania lub oceny skuteczności chemioterapii albo wczesnego rozpoznania nawrotu, jeżeli inne badania obrazowe nie dają jednoznacznej oceny stopnia zaawansowania.
- **Rak przełyku**, w celu oceny zaawansowania przed leczeniem wczesnego wykrycia nawrotu po radykalnym leczeniu (w przypadku niejednoznacznych wyników badań obrazowych).
- **Rak jelita grubego**, w celu przedoperacyjnej oceny zaawansowania lub wczesnego rozpoznania nawrotu (w przypadku wzrostu stężeń markerów lub niejednoznacznych wyników badań obrazowych).
- **Ocena patologicznej zmiany budzącej podejrzenie raka zlokalizowanej w trzustce lub w wątrobie**, jeżeli rozpoznanie innymi dostępnymi metodami jest niemożliwe.
- **Rak piersi**, w celu wykluczenia odległych przerzutów, kiedy wyniki innych badań są niejednoznaczne lub w przypadku przerzutów do pachowych węzłów chłonnych, z ogniska o nieznanym położeniu i podejrzeniem ogniska pierwotnego w gruczole piersiowym.
- **Czerniaki** z klinicznymi przerzutami do regionalnych węzłów chłonnych, w celu wykluczenia przerzutów do narządów odległych, z potencjalnie operacyjnymi przerzutami do narządów odległych lub z przerzutem bez ustalonego ogniska pierwotnego.
- **Rak jajnika**, w celu wczesnego wykrycia nawrotu po radykalnym leczeniu (w przypadku wzrostu stężeń Ca 125 lub niejednoznacznych wyników badań obrazowych).
- **Nowotwory nabłonkowe głowy i szyi**, w celu wczesnego rozpoznania nawrotu i w ocenie miejscowo-regionalnego zaawansowania, jeżeli wyniki innych badań nie są jednoznaczne.



- **Nowotwory złośliwe mózgu**, w celu wczesnego rozpoznania nawrotu lub dla określenia miejsca biopsji.
- **Rak tarczycy**, w celu lokalizacji ogniska nawrotu w przypadku wzrostu stężenia tyreoglobuliny, jeżeli inne badania nie pozwalają zlokalizować ogniska nawrotu (niezbędne wcześniejsze wykonanie scyntygrafii 131I).
- **Podejrzanie przerzutów do kości**, jeżeli inne badania nie pozwalają zlokalizować ogniska nawrotu nowotworu (preferowany znacznik ¹⁸F).
- **Planowanie radykalnej radioterapii o modulowanej intensywności wiązki**, w celu oceny rozkładu żywotnych komórek nowotworowych, hipoksji lub polifleracji guza, jeżeli inne badania nie pozwalają na dokonanie takiej oceny.
- **Nowotwory jądra** (z wyjątkiem dojrzałych potworniaków), w celu oceny ich zasięgu i skuteczności leczenia (w tym obecności resztkowego guza i rozpoznania nawrotu), jeżeli inne badania nie pozwalają na dokonanie takiej oceny.
- **Rak gruczołu krokowego i rak nerki**, w celu rozpoznania nawrotu (przerzutów) po radykalnym leczeniu (tylko za pomocą PET ze znakowaną choliną lub octanem), jeżeli inne badania nie pozwalają na dokonanie takiej oceny.
- **Mięsaki**, w celu oceny skuteczności chemioterapii (po 1-3 kursach, w porównaniu z wyjściowym badaniem) i wczesnego wykrycia nawrotu, jeżeli inne badania nie pozwalają na dokonanie takiej oceny.
- **Nowotwory podścieliska przewodu pokarmowego (GIST)**, w celu monitorowania odpowiedzi na molekularnie ukierunkowane leczenie.
- **Przerzuty o nieznanym punkcie wyjścia**, w celu lokalizacji guza pierwotnego, jeżeli nie jest to możliwe przy użyciu innych dostępnych badań.

CHOROBY SERCA: BADANIA PERFUZYJNE SERCA

- **Podejrzanie choroby niedokrwiennej** w grupie chorych o pośrednim ryzyku zachorowania, jeśli inne badania diagnostyczne (w tym szczególnie badanie perfuzyjne SPECT) nie pozwalają na jednoznaczne określenie rozpoznania - jako badanie rozstrzygające.
- **Podejrzanie choroby niedokrwiennej** w grupie chorych o pośrednim ryzyku zachorowania, jeśli czynniki obiektywne wskazują na możliwość uzyskania fałszywego obrazu w klasycznych badaniach SPECT (otyłość, mastektomia, duży biust, wszczepy, inne) - jako badanie podstawowe.

BADANIE W KIERUNKU OCENY ŻYWOTNOŚCI MIĘŚNIA SERCOWEGO

- U chorych po zawale serca kwalifikowanych do rewaskularyzacji.

CHOROBY UKŁADU NERWOWEGO

- Rozpoznana padaczka lekooporna z planowanym leczeniem operacyjnym.

ZMIANA ZASAD ROZLICZEŃ PAKIETÓW W RAMACH POGŁĘBIONEJ DIAGNOSTYKI ONKOLOGICZNEJ DIŁO

W chwili obecnej Podmiot prowadzący pogłębioną diagnostykę u pacjenta ma możliwość skierowania go na badanie PET/CT bez ponoszenia jakichkolwiek kosztów. Zgodnie z nowymi przepisami badanie PET/CT otrzymało odrębną wycenę, którą podczas rozliczenia z NFZ można sumować z dowolnie wybranym pakietem pogłębionej diagnostyki onkologicznej, a tym samym otrzymać zwrot z NFZ za jego wykonanie.

PRZEGLĄD PIŚMIENICTWA

Volpi S, Ali JM, Tasker A, Peryt A, Aresu G, Coonar AS. The role of positron emission tomography in the diagnosis, staging and response assessment of non-small cell lung cancer. *Ann Transl Med.* 2018 Mar;6(5):95.

El-Galaly TC, Villa D, Gormsen LC, Baech J, Lo A, Cheah CY. FDG-PET/CT in the management of lymphomas: current status and future directions. *J Intern Med.* 2018 Oct;284(4):358-376. doi: 10.1111/joim.12813. Epub 2018 Jul 24.

Fischer BM, Siegel BA, Weber WA, von Bremen K, Beyer T, Kalemis A. PET/CT is a cost-effective tool against cancer: synergy supersedes singularity. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2016;43(10):1749-1752

¹⁸F-FDG PET-CT wykazuje wyższą skuteczność diagnostyczną w różnicowaniu guzków płuc (nowotworowe vs nienowotworowe) w porównaniu do tomografii komputerowej (CT). U pacjentów z rakiem płuca w porównaniu z konwencjonalnym obrazowaniem CT badanie ¹⁸F-FDG PET-CT cechuje się wyższą skutecznością diagnostyczną w ocenie zajęcia węzłów chłonnych oraz obecności przerzutów odległych.

Badanie ¹⁸F-FDG PET-CT jest obecnym standardem w ocenie stopnia zaawansowania oraz odpowiedzi na leczenie chłoniaków ¹⁸F-FDG zależnych (np. chłoniak Hodgkina, DLBCL). Badanie ¹⁸F-FDG PET-CT cechuje się większą czułością w porównaniu do badania CT w wykrywaniu zmian chłoniakowych.

Analizy wykazują, że dzięki badaniom PET - CT możliwe jest zmniejszenie kosztów leczenia nowotworów poprzez poprawę dokładności zarówno diagnozy jak i oceny stopnia zaawansowania procesu nowotworowego.



affidea

affinity (ang.) – więź i relacje

affidea

fide (łac.) – wiara i zaufanie

affidea

idea – rozwój i innowacja

PLACÓWKI PET/CT

Affidea Olsztyn

przy Wojewódzkim Szpitalu Specjalistycznym
ul. Żołnierska 18

Affidea Poznań

na terenie Centrum Medycznego HCP
ul. 28 Czerwca 1956r. 194/202

Affidea Warszawa

na terenie Wojskowego Instytutu Medycznego
ul. Szaserów 128

Affidea Wrocław

na terenie Dolnośląskiego Szpitala
Specjalistycznego im. T. Marciniaka
ul. Borowska 213



 224 411 111

www.affidea.pl