

# Badanie PET

## Przewodnik dla pacjentów

**Dr hab. n. med. Bogdan Małkowski**

Prof. UMK

Prezes Polskiego Towarzystwa Medycyny Nuklearnej

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Katedra Diagnostyki Obrazowej

Materiał świadomościowy powstał na zlecenie firmy Takeda Pharma, która pokryła koszty jego przygotowania i dystrybucji.  
Materiał edukacyjny przeznaczony dla pacjentów i szerokiej publiczności.  
Przedstawionych informacji nie należy traktować jako porady medycznej.  
W przypadku jakichkolwiek pytań lub wątpliwości należy skontaktować się z lekarzem.  
W niniejszym poradniku, ekspert dzieli się własną wiedzą oraz doświadczeniem.

C-ANPROM/PL/ADCE/0073 03.2021



Takeda Pharma Sp. z o. o.  
ul. Prosta 68  
00-838 Warszawa

Copyright 2021 Takeda Pharmaceutical Company Limited.  
Wszystkie prawa zastrzeżone. Wszystkie znaki handlowe są własnością ich prawowitych właścicieli.



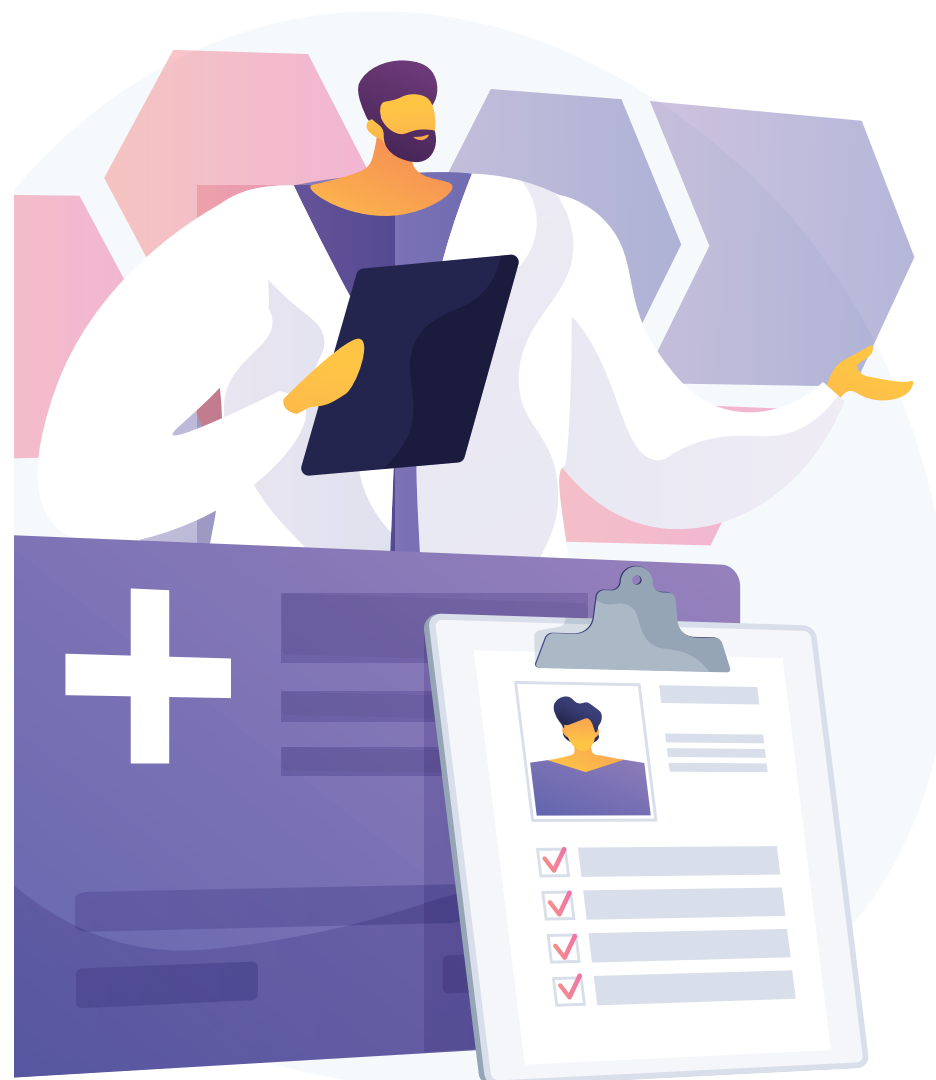
Zeskanuj kod QR,  
żeby przejść do wersji  
mobilnej przewodnika dla  
pacjentów z chłoniakiem  
Hodgkina



Zeskanuj kod QR,  
żeby przejść do wersji  
mobilnej przewodnika dla  
pacjentów kliniki  
transplantacji



Zeskanuj kod QR,  
żeby przejść do wersji  
mobilnej przewodnika dla  
pacjentów z neuropatią  
obwodową



## Badanie PET/CT:

- Umożliwia wczesną identyfikację zmiany nowotworowej
- Pozwala określić dokładną lokalizację zmiany nowotworowej
- Pozwala ocenić zaawansowanie choroby
- Umożliwia precyzyjne planowanie leczenia
- Daje możliwość monitorowania leczenia i oceny jego skuteczności
- Daje możliwość oceny ewentualnej wznowy choroby
- Daje także możliwość rozpoznania choroby w przypadku trudnych do zdiagnozowania nowotworów

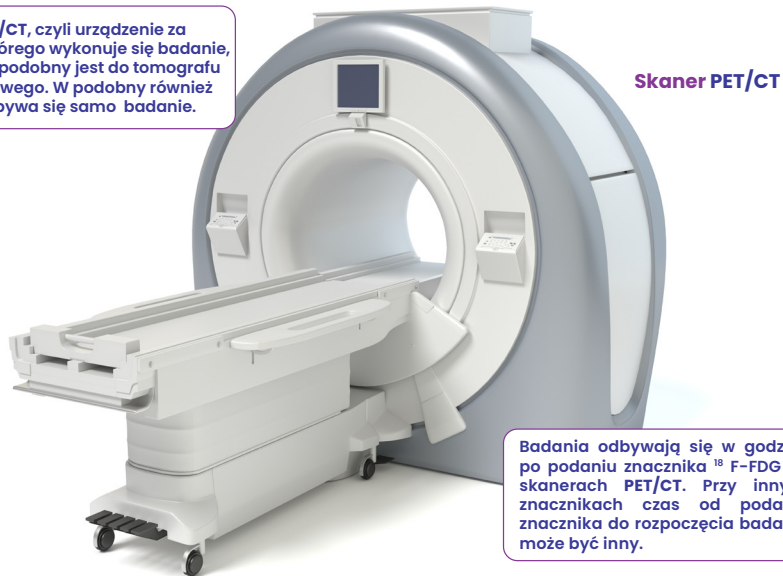
### Pozytonowa Tomografia Emisyjna (PET) – definicja:



Funkcjonalne, przestrzenne obrazowanie całego ciała, tułowia lub wybranego narządu (np. mózgu, wątroby, serca) po podaniu dożylnym radiofarmaceutyku znakowanego izotopem pozytonowym.

Metoda **Pozytonowej Emisyjnej Tomografii (PET/CT)** służy do obrazowania tkanek i narządów z wykorzystaniem substancji występujących prawidłowo w organizmach (lub ich prekursorów), znakowanych pierwiastkami promieniotwórczymi o niskiej masie atomowej, emitującymi w wyniku swojego rozpadu pozytony.

Skaner PET/CT, czyli urządzenie za pomocą którego wykonuje się badanie, z zewnątrz podobny jest do tomografu komputerowego. W podobny również sposób odbywa się samo badanie.



Skaner PET/CT

Badania odbywają się w godzinę po podaniu znacznika  $^{18}\text{F}$ -FDG na skanerach PET/CT. Przy innych znacznikach czas od podania znacznika do rozpoczęcia badania może być inny.

## Co powinienem wiedzieć o badaniu PET/CT?

- Co wykrywa badanie PET/CT?
- **Badanie PET/CT** przede wszystkim pozwala wykryć niewielką zmianę. Pozwala także odpowiedzieć na pytanie, czy wykryta zmiana ma charakter łagodny czy złośliwy. **Badanie PET/CT** to także ocena rozległości zmiany, która umożliwia dokładne zaplanowanie leczenia. Dodatkowo daje możliwość określenia istnienia ewentualnych przerzutów.
- **Badanie PET/CT** bardzo często wykorzystywane jest w celu monitorowania postępów wdrożonego już leczenia.

### Badanie PET/CT – na czym polega?



Przed badaniem otrzymasz specjalny zastrzyk z glukozą związaną z izotopem fluoru.



Następnie zostaniesz pozostawiony na godzinę w zaciemnionym pomieszczeniu.



Po upływie godziny zostaniesz umieszczony w specjalnym skanerze. Musisz mieć ręce nad głową. Nie będziesz mógł się poruszać. W czasie badania swobodnie oddychaj i przełykaj ślinę. Wszelkie dane, które odczyta maszyna, przekazane zostają do komputera. Ten, dzięki specjalnemu programowi, tworzy obraz obszaru, który poddawany jest sondowaniu. W związku z tym, że chore komórki zużywają więcej glukozy, ich wygląd różni się od tych zdrowych.

Niestety **badanie PET/CT** nie wykrywa wszelkich możliwych nowotworów. Wszystko za sprawą zmiennego metabolizmu glukozy. Jest to jednak obecnie najbardziej precyzyjne badanie.



Aby się do niego przygotować, na 24 godziny przed badaniem nie wolno pić alkoholu, kawy, herbaty czy coli.



Powinieneś zrezygnować z ćwiczeń fizycznych.



Wyjątkiem jest przyjmowanie czystej wody, bez żadnych dodatków. Powinieneś mieć wodę ze sobą. Konieczne będzie jej spożycie także po badaniu, ponieważ wypłucze ona wstrzyknięty izotop.



Nie wolno żuć gumy, ssać cukierków czy palić papierosów



Okolo 6 godzin przed badaniem nie wolno pić ani jeść.

#### • PET/CT badanie – przeciwwskazania

Badania co do zasady nie powinno się wykonywać u kobiet w ciąży. W tym przypadku wskazana będzie alternatywna diagnostyka, jeżeli istnieje, ale o tym decyduje lekarz prowadzący badanie.

Mimo tego, że ogólnie metoda **PET/CT** uważana jest za bezpieczną, istnieją pewne przeciwwskazania do jej przeprowadzenia. Przeciwwskazaniem względnym jest karmienie piersią. W przypadku konieczności wykonania badania u kobiety karmiącej należy przewidzieć 2-dniową przerwę w karmieniu piersią. Badania nie należy przeprowadzać bezpośrednio po lub w trakcie radioterapii, chemioterapii, po badaniach endoskopowych, operacjach, biopsjach, z wyjątkiem indywidualnych przypadków zgodnie z zaleceniem lekarza. Przeciwwskazaniem jest również niewłaściwe przygotowanie pacjenta do badania **PET-TK**.

## Zastosowanie znacznika (fluorodeoksyglukozy – FDG) umożliwia obrazowanie tkanek, wykazujących zwiększone zapotrzebowanie na glukozę.

Większość nowotworów (w tym chłoniaki), wykazuje zwiększone zapotrzebowanie na glukozę.

**Samo badanie jest bezpieczne, a w jego trakcie pacjent jest przez cały czas nadzorowany przez wysoko wykwalifikowany personel**

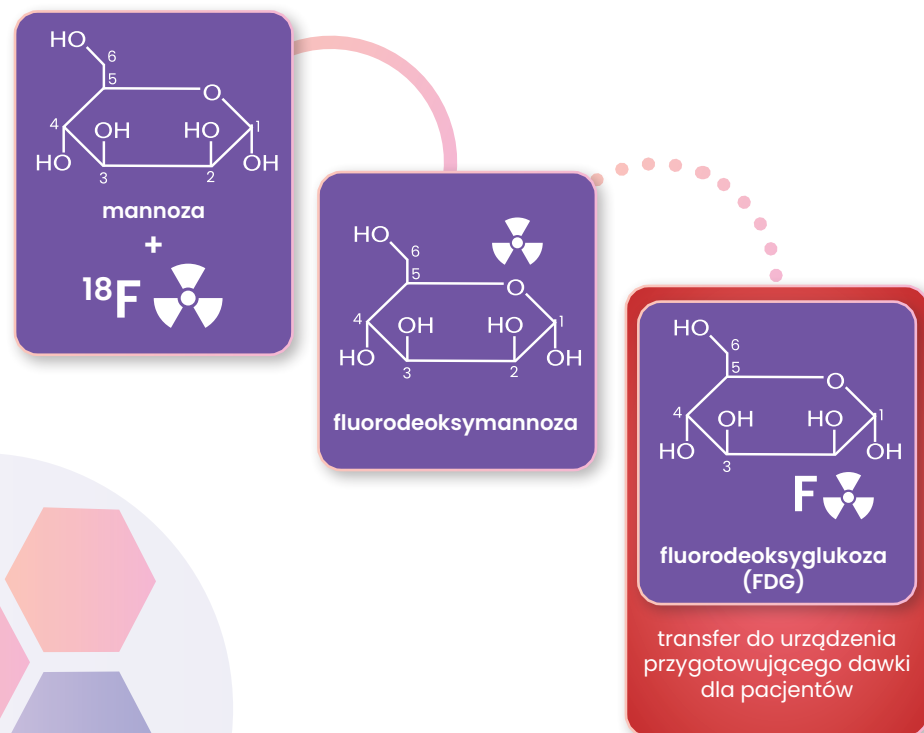


## Najczęściej wykorzystywanym znacznikiem w badaniach PET/CT w onkologii i hematologii jest FDG – fluorodeoksyglukoza.

Jest to znakowany izotopem fluoru –  $^{18}\text{F}$ , cukier (glukoza). Ilość podawanego pacjentowi dożylnie cukru jest minimalna i wagowo wynosi około 1 nanograma.

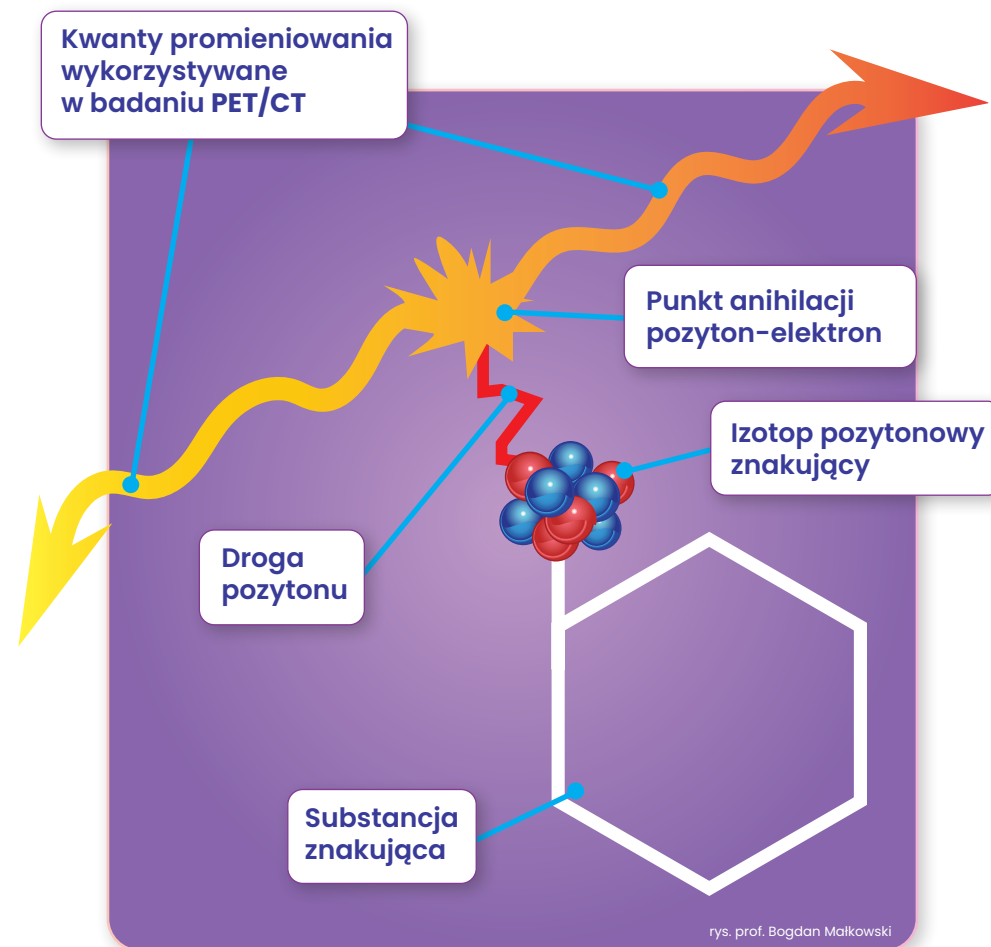
Dla uźmysłowienia, jeden kryształek cukru waży ok. 0,2 miligrama, czyli gdybyśmy poddawali cukier, to z jednego kryształka moglibyśmy przebadać ok. 500.000 pacjentów.

## Produkcja fluorodeoksyglukozy (FDG) jest skomplikowana i przebiega w specjalnych laboratoriach:



## Schemat budowy radiofarmaceutyku – znacznika PET/CT

Ten skomplikowany proces zarówno produkcji znacznika, jak i sama jego wyjątkowa właściwość wynikająca z budowy pozwala na poszukiwanie i wykrywanie bardzo drobnych zmian nowotworowych.

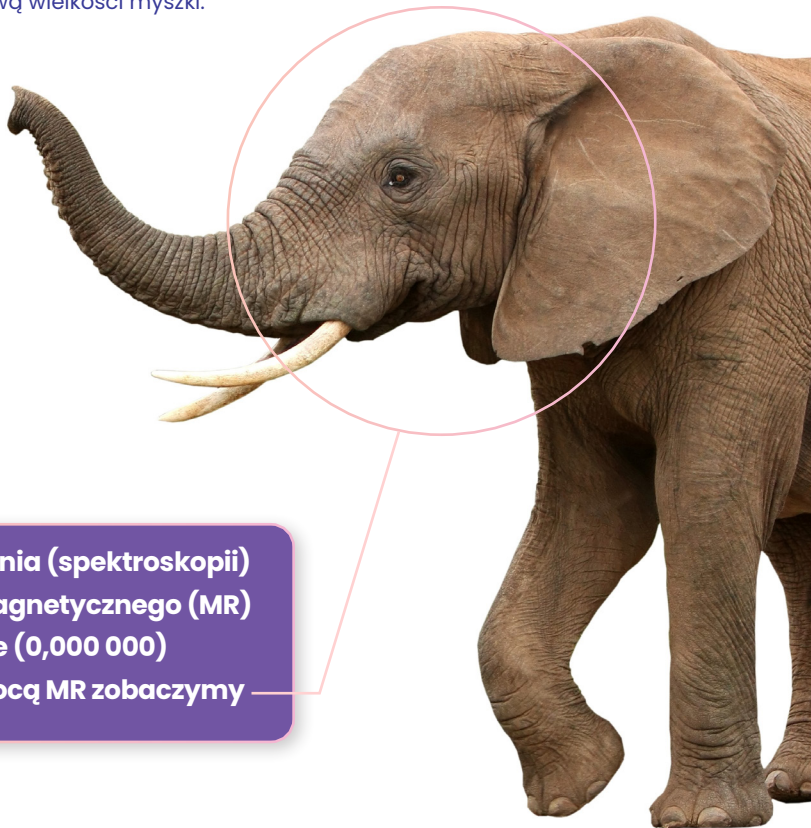


Substancja ta jest podawana pacjentowi dożylnie i skupia się tam, gdzie znajdują się tkanki aktywne metabolicznie, czyli takie, które tej substancji najbardziej potrzebują. Tkanka nowotworowa jest właśnie taką tkanką, która gromadzi większą ilość izotopu niż inne tkanki. Lekarz wykonujący badanie widzi to w czasie wykonywania badania i dzięki temu lekarz może po badaniu zinterpretować jego wynik we właściwy sposób.

## Dlaczego PET/CT?

Czułość badania **PET/CT** jest znacznie większa od innych dostępnych metod i dlatego możliwe jest wykrywanie niewielkich zmian.

Dla porównania: gdy w innych standardowych badaniach jesteśmy w stanie zobaczyć zmianę nowotworową wielkości słonia, to w badaniu **PET/CT** możemy wychwycić zmianę nowotworową wielkości myszki.



Czułość badania (spektroskopii)  
rezonansu magnetycznego (MR)  
–  $\mu\text{mole}$  (0,000 000)  
Czyli za pomocą MR zobaczymy

Czułość badania PET  
jest znacznie większa  
– nmol do pmol  
(0,000 000 000 do 0,000 000 000 000)  
i za pomocą PET zobaczymy



## Wskazania do wykonania badania FDG-PET w onkologii:

- przerzut o nieznanym punkcie wyjścia
- pojedynczy guzek płuca
- niedrobnokomórkowy rak płuca
- ziarnica i chłoniaki nieziarnicze, szpiczak mnogi
- rak jelita grubego, GIST
- rak przełyku
- rak głowy i szyi
- czerniak

## Dalsze wskazania do wykonania badania PET/CT w onkologii:

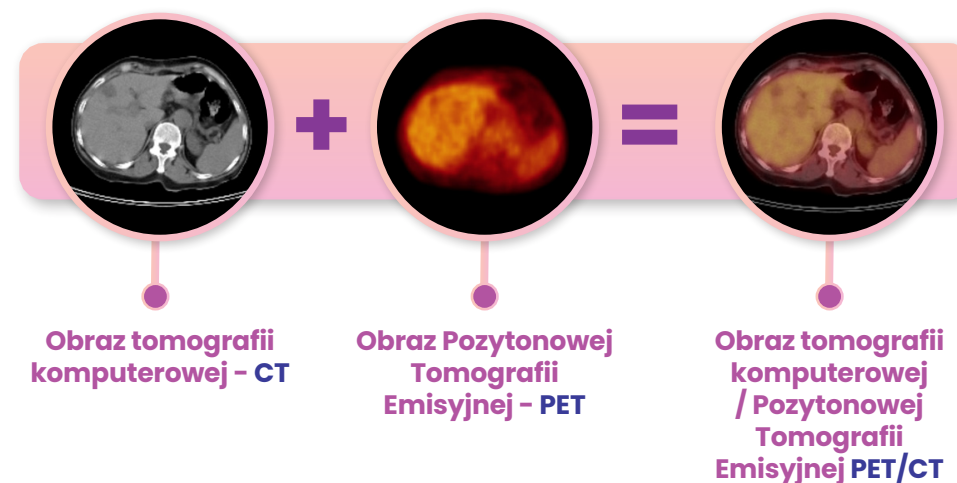
- mięsaki tkanek miękkich i kości
- rak piersi
- rak jajnika
- rak tarczycy
- przerzuty do kości
- planowanie radioterapii radykalnej nowotworów złośliwych
- rak płuca
- nisko zróżnicowane nowotwory neuroendokrynne



## Dokładność diagnostyczna FDG-PET/CT w onkologii

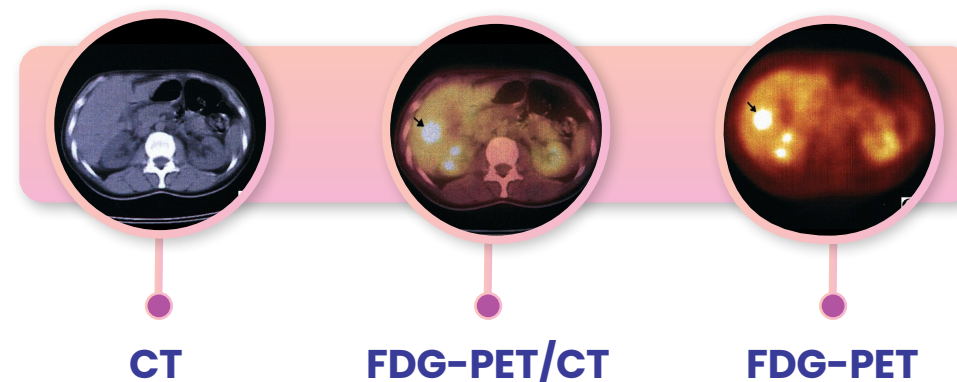
| Rodzaj nowotworu           | Dokładność |
|----------------------------|------------|
| guzek w płucu              | 94%        |
| rak płuca                  | 91%        |
| nowotwory głowy i szyi     | 92%        |
| rak jelita grubego         | 94%        |
| melanoma                   | 98%        |
| chłoniaki                  | 97%        |
| rak sutka                  | 92%        |
| rak jajnika                | 81%        |
| tk. miękkie i kości        | 93%        |
| rak trzustki               | 92%        |
| rak tarczycy (przerzutowy) | 100%       |

## Dokładność obrazu tomografia vv. badanie PET/CT



## Zajęcie wątroby przez chłoniaka Hodgkina - PET/CT

Zmiany niewidoczne w badaniu tomografii komputerowej, są widoczne tylko w badaniu PET/CT



## Co powoduje trudności interpretacyjne wyników FDG-PET/CT?

### • Wychwyty fizjologiczne znacznika u osób zdrowych

- nosogardziel, jama ustna, struny głosowe, mózg, serce, nerki, jelita (zwłaszcza okrężnica), pęcherz moczowy, mięśnie (zwłaszcza przyczepy), tłuszcz brązowy

### • Metabolizm w zmianach łagodnych

- procesy zapalne, gruźlica, ziarninowanie, gojenie

## Czynniki wpływające na prawidłowość oceny badania PET/CT:

- Stężenie glukozy w surowicy krwi – aby uzyskać prawidłowy wynik w chwili podania dożylnego znacznika stężenie glukozy nie może być wyższe niż 150 mg%, (czas od ostatniej iniekcji insuliny u pacjentów chorych na cukrzycę, 4 godz.)
- Aktywność fizyczna – ogranicz aktywności fizyczne na min. 24 godz. przed badaniem
- Na przykład płacz dziecka, żucie gumy mogą zaburzyć wynik badania
- Przechłodzenie organizmu lub zdenerwowanie – powoduje pobudzenie tkanki tłuszczowej brązowej, a w efekcie wpływa na nieprawidłowy wynik badania
- Obecność ognisk zapalnych, ropnych itp.
- Nieznane lekarzowi opisującym chorobę układowe np. toczeń, RZS (reumatoidalne zapalenie stawów) itp.
- Urazy
- Zabiegi i operacje chirurgiczne
- Obecność innych chorób o charakterze nowotworowym

Wszystkie te informacje podaj lekarzowi prowadzącemu podczas wywiadu przed badaniem!



## Jak przygotować się do badania:



- Przed badaniem stosuj dietę niskowęglowodanową, ograniczającą konsumpcję produktów spożywczych bogatych w węglowodany, takich jak: pieczywo, makarony, ziemniaki, inne produkty zbożowe. Zastąp je produktami bogatymi w tłuszcz lub białko: mięso, ryby, jaja, sery. Dieta niskowęglowodanowa zaleca też spożywanie warzyw i owoców z niską zawartością węglowodanów np. sałatę, ogórki, szpinak, orzechy



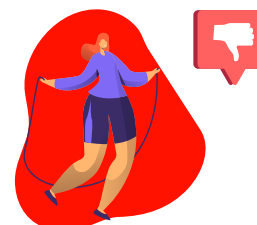
- W dniu poprzedzającym badanie powinieneś unikać jedzenia i picia produktów zawierających duże ilości cukrów, w tym: owoców, soków owocowych, słodczy, deserów i produktów mącznych



- Na 6 godzin przed ustalonym terminem badania nie wolno spożywać jedzenia i picia, z wyjątkiem czystej niegazowanej wody mineralnej



- Jeśli zażywasz przepisane przez lekarza leki, dozwolone jest ich przyjęcie o normalnej porze i popicie wyłącznie wodą



- W dniu poprzedzającym badanie oraz w dniu badania unikaj intensywnego wysiłku fizycznego, powstrzymaj się od zajęć sportowych i ciężkiej pracy fizycznej

## Przygotowanie do badania:

- Ubierz się w ciepłe, luźne ubranie, wolne od elementów metalowych, takich jak: zamki błyskawiczne, fiszbiny, nity, piny itp. lub przynieś je ze sobą na zmianę
- Do badania nie trzeba się rozbierać, należy jednak zdjąć (lub nie przynosić) biżuterię i protezy dentystyczne
- Lekarz kierujący na badanie zaleci zastosowanie odpowiednich leków oraz poinformuje o wszelkich dodatkowych zaleceniach, np.: ewentualnej konieczności przyjęcia odpowiednich leków i ich dawkowania oraz kontynuacji leczenia dotychczas stosowanego
- Na badanie nie wolno przyprowadzać ze sobą małych dzieci oraz kobiet w ciąży
- Podany znacznik nie wpływa na zdolność kierowania i obsługi maszyn i pojazdów

## W dniu zgłoszenia się na badanie powinienesz koniecznie dostarczyć dokumentację medyczną, w szczególności:

- Karty informacyjne z leczenia szpitalnego
- Rozpoznanie histopatologiczne
- Wyniki badań obrazowych: tomografii komputerowej (TK) i/lub rezonansu magnetycznego (MR), z elektronicznymi zapisami obrazów na płytach CD lub DVD, ultrasonografii (USG), pozytronowej tomografii emisyjnej (**PET/CT**)

Oraz posiadać ze sobą dowód osobisty oraz skierowanie na badanie

## Zalecenia dla osób chorych na cukrzycę:

- Przed badaniem powinienesz poinformować personel rejestracji o zażywanych lekach przeciwcukrzycowych i poziomie cukru. Na godzinę przed badaniem (jeśli nie ma przeciwwskazań), celem wyeliminowania pobudzenia aktywności metabolicznej tkanki tłuszczowej brunatnej, istnieje możliwość przyjęcia 40 mg propranololu – o takiej potrzebie poinformuje personel medyczny zakładu/pracowni wykonującej badanie
- Ostatnia iniekcja insuliny powinna nastąpić 4 godziny przed badaniem. Personel medyczny zakładu wykonującego badanie powinien przekazać dokładne informacje, w jakim odstępie czasowym powinna być iniekcja insuliny przed podaniem znacznika oraz przekazać dalsze postępowanie



**Przy stężeniu cukru we krwi powyżej 150 mg% badanie nie powinno być wykonane.**

## Zalecenia po badaniu PET/CT:

Znacznik, jak również związany z nim izotop podany w trakcie badania są eliminowane z organizmu wraz z moczem, dlatego jeszcze przed opuszczeniem Pracowni dobrze jest skorzystać z toalety.

Fizyczny rozpad radiofarmaceutyku do wartości śladowych następuje w ciągu 20 godzin po badaniu. W tym czasie:

- Pij większe ilości płynów celem wypłukania znacznika z organizmu wraz z moczem
- Unikaj bliskiego kontaktu z małymi dziećmi i kobietami w ciąży w dniu badania (np. nie przytulaj, śpij w oddzielnym łóżku)
- Unikaj przebywania w dużych skupiskach ludzkich
- Po badaniu PET możesz jeść i pić bez żadnych ograniczeń
- Ręce myj często i dokładnie

## Dodatkowo pamiętaj:

- W dniu badania **PET/CT** niewskazane jest wykonywanie innych badań diagnostycznych (np. gastrokopii, kolonoskopii, bronchoskopii itp.) i badań laboratoryjnych
- Niewskazane jest wykonywanie procedur inwazyjnych (np. wizyta u stomatologa, wizyta u kosmetyczki itp.)

## Warto przeczytać:

### • Ile trwa badanie PET/CT?

- Całkowity czas, który spędzisz na badaniu wynosi ok. 3 godz., z czego tylko ok. 15 min. trwa badanie bezpośrednio pod aparatem

### • Czy powinienem przyjść z osobą towarzyszącą/opiekunem?

- Jeżeli jesteś samodzielny, nie musi towarzyszyć Ci opiekun (osoba towarzysząca)

### • Kiedy można zażyć kolejną dawkę insuliny?

- Bezpośrednio po zakończeniu badania

### • Z jaką częstotliwością można wykonywać badanie PET/CT?

- O potrzebie następnego badania decyduje lekarz prowadzący, a samo badanie jest w pełni bezpieczne dla zdrowia i życia pacjenta.

### • Czy to jest bezpieczne badanie? Czy coś mi grozi?

- Napromieniowanie? Dawka jest śladowa, nie ma wpływu na zdrowie i życie, dlatego badanie jest w 100 % bezpieczne!

### • Czy bada się dzieci?

- Tak

### • Czy badanie wykonuje się u kobiety w ciąży?

- O potrzebie wykonania badania u kobiety ciężarnej decyduje lekarz prowadzący. Rutynowo nie wykonuje się takiego badania, starając się dopasować alternatywne metody badań. Jeżeli jednak korzyści wynikające z badania PET/CT przewyższają ew. ryzyko, badanie może zostać wykonane

### • Czy badanie wpływa na zdolność prowadzenia pojazdów?

- Nie

### • Implanty

- Implanty – w badaniu PET/CT powodują artefakty, ale jeśli badanie jest konieczne, to trzeba je wykonać. Należy poinformować lekarza o ich obecności i lokalizacji

## Badanie PET/CT u pacjentów chorych na chłoniaki

**Skuteczność prowadzonej terapii chłoniaków ocenia 5-punktowa skala (Deauville Criteria - DC)**  
(informacja pojawiająca się w opisach badań PET/CT)

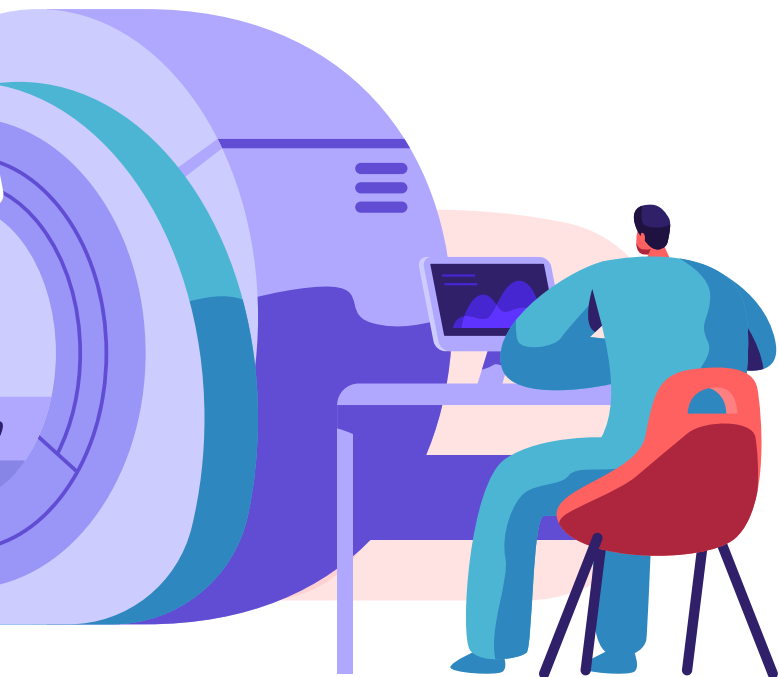


**Stopnie 1 do 3 – są prawidłową odpowiedzią na zastosowane leczenie.**

**Stopnie 4 do 5 – są nieprawidłową odpowiedzią na zastosowane leczenie.**

## Kiedy wykonujemy badania PET/CT u pacjentów chorych na chłoniaki?

- **Badanie PET/CT** wykonujemy przed rozpoczęciem leczenia, aby określić stopień zaawansowania choroby
- Kolejne badanie powinno mieć miejsce po dwóch kursach leczenia. Jest to badanie oceniające skuteczność terapii w jej wczesnym okresie
- Badanie po zakończeniu leczenia oceniające całkowicie efekty zastosowanej terapii



## Inne ważne terminy badań PET/CT

### Kiedy badanie?

- We wczesnej ocenie skuteczności terapii (chłoniaki) pomiędzy drugim a trzecim cyklem, tuż przed cyklem trzecim
- Po zakończeniu chemioterapii 4-6 tyg.
- Po zakończeniu radioterapii min. 3 miesiące (jeżeli chodzi o ocenę w miejscu naświetlania)
- Sterydoterapia – badanie PET rekomenduje się przeprowadzać nie wcześniej niż 2 tygodnie po odstawieniu sterydoterapii. Ewentualne odstawienie sterydów należy skonsultować z lekarzem kierującym na badanie.



### Notatki:

---

---

---



**Nie wykonuje się badań kontrolnych w okresie remisji choroby, bez wyraźnych wskazań klinicznych.**