DOI: 10.21641/los.2026.1.1.272.

Dostępne online www.journals.wco.pl/los

Zeszyty Naukowe WCO, Letters in Oncology Science 2026;23(2):13-19

Letters in Oncology Science
ISSN 2543-6724
ZESZYTY NAUKOWE WIELKOPOLSKIEGO CENTRUM ONKOLOGII

Praca poglądowa/Review paper

Rola badania ^{18}F-FDG PET-CT w onkologii: przegląd zastosowań

The role of ^{18}F-FDG PET-CT examination in oncology: applications review

Nikola Dzioch[1], Witold Cholewiński[1,2]

[1] *Katedra i Zakład Elektroradiologii, Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu*

[2] *Zakład Medycyny Nuklearnej, Wielkopolskie Centrum Onkologii, Poznań*

Streszczenie

Pozytonowa tomografia emisyjna z tomografią komputerową (z ang. *positron emission tomography/computed tomography*, PET-CT) z zastosowaniem radiofarmaceutyku ^{18}F-fluorodeoksyglukozy jest obecnie jedną z najczęściej wykorzystywanych technik obrazowania molekularnego w onkologii. Technika ta wykorzystywana jest w detekcji, ocenie stopnia zaawansowania, planowaniu leczenia i ocenie jego skuteczności w przypadku szeregu chorób onkologicznych, stanowiąc istotny element procesu diagnostyczno-terapeutycznego, stosowanego wobec chorych z podejrzeniem i rozpoznaniem nowotworu złośliwego.

Abstract

Positron emission tomography/computed tomography (PET-CT) with ^{18}F-fluorodeoxyglucose is one of the most frequently used methods of molecular imaging in oncology. This technique is applied in detection, staging, treatment planning and evaluating treatment response in a wide range of oncological cases, constituting as an essential element of the diagnostic and therapeutic process used upon patients with suspected and diagnosed cancer.

Słowa kluczowe: ^{18}F-FDG, onkologia, pozytonowa tomografia emisyjna, tomografia komputerowa
Keywords: ^{18}F-FDG, computed tomography, oncology, positron emission tomography

Adres do korespondencji
Nikola Dzioch
Katedra i Zakład Elektroradiologii
Uniwersytetu Medycznego im . Karola Marcinkowskiego w Poznaniu
nikoladzioch30@gmail.com, 731 478 021

Wstęp

Pomimo rozwoju medycyny, dostępności szeregu metod diagnostycznych oraz leczniczych, jak również – wzrastającej świadomości czynników ryzyka rozwoju wielu jednostek chorobowych, nowotwory złośliwe pozostają jedną z najczęstszych przyczyn zachorowań i zgonów na świecie, a według Światowej Organizacji Zdrowia (z ang. *World Health Organisation*, WHO), wskaźniki zapadalności i śmiertelności z przyczyn onkologicznych nieustannie rosną [1,2]. Skuteczna terapia przeciwnowotworowa wymaga szybkiego i precyzyjnego rozpoznania choroby, a te – znajomości czynników ryzyka, właściwej

profilaktyki, jak również - odpowiedniej diagnostyki, w tym: obrazowej [1,2]. Obecnie, w onkologii wykorzystywane są badania obrazowe takie jak tomografia komputerowa (z ang. *computed tomography*, CT), magnetyczny rezonans jądrowy (z ang. *magnetic resonance imaging*, MRI), ultrasonografia (USG), mammografia, zdjęcia rentgenowskie (RTG) oraz techniki tzw. obrazowania molekularnego takie jak pozytonowa tomografia emisyjna z tomografią komputerową (z ang. *positron emission tomography-computed tomography*, PET-CT) [1,2]. Ostatnie z wymienionych najczęściej przeprowadzane jest z wykorzystaniem radioznacznika 2-deoksy-2-[^{18}F]fluoro-D-glukozy (^{18}F-FDG). Spośród dostępnych metod obrazowania z dziedziny medycyny nuklearnej (tzw. obrazowania radioizotopowego), najczęściej stosowanym w onkologii jest technika ^{18}F-FDG PET-CT, która umożliwia obrazowanie znacznej powierzchni ciała chorego w trakcie jednej akwizycji, a połączenie technik: radiologicznej i radioizotopowej, umożliwia uzyskanie danych o czasowo-przestrzennym rozkładzie radiofarmaceutyku w precyzyjnie określonym położeniu anatomicznym zaburzeń tzw. utylizacji radioznacznika. ^{18}F-FDG jest tzw. radioznacznikiem nieswoistym, co stanowi zarówno zaletę techniki ^{18}F-FDG PET-CT (umożliwia ocenę szeregu jednostek chorobowych), jak również - może być uznawane za ograniczenie badania (np. utrudniona diagnostyka różnicowa zmian zapalnych i złośliwych z uwagi na wysoki stopień utylizacji glukozy w obu tych obszarach). Niemniej, z uwagi zarówno na względnie wysoką dostępność radiofarmaceutyku w porównaniu z tzw. radioznacznikami swoistymi (np. dedykowanymi ocenie określonego procesu, czy też jednostki chorobowej), jak również – wysoką czułością i swoistością w ocenie licznych chorób onkologicznych, metoda ^{18}F-FDG PET-CT pozostaje cennym narzędziem diagnostycznym, wykorzystywanym w wykrywaniu, ocenie stopnia zaawansowania (tzw. *staging* – przed leczeniem, *restaging* – w trakcie i po zakończeniu terapii), planowaniu i ewaluacji skuteczności terapii (radioterapii, leczenia systemowego, postępowania chirurgicznego) nowotworów złośliwych wielu regionów ciała [3,4].

Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie roli metody ^{18}F-FDG PET-CT w diagnostyce onkologicznej w oparciu o analizę aktualnego piśmiennictwa naukowego oraz wytyczne towarzystwa EANM jako wiodącego towarzystwa medycyny nuklearnej na świecie.

Materiał i metoda

Poniższa praca powstała w oparciu o przegląd aktualnego piśmiennictwa w zakresie roli metody ^{18}F-FDG PET-CT w onkologii z lat 2015-2025 ze szczególnym uwzględnieniem wytycznych krajowych oraz międzynarodowych. Źródła piśmiennicze, wykorzystane w pracy pochodzą z baz naukowych: National Center for Biotechnology Information (NCBI; Stany Zjednoczone Ameryki, 8600 Rockville Pike, Bethesda MD, 20894 USA) oraz internetowej bazy danych GLOBOCAN stworzonej przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem (IARC; 25 avenue Tony Garnier CS 90627 69366 LYON CEDEX 07 France).

Omówienie

Charakterystyka badania ^{18}F-FDG PET-CT

Badanie PET-CT jest metodą obrazowania molekularnego (pozwala ocenić funkcję komórek i tkanek), jak również - tzw. techniką hybrydową. Połączenie obrazowania radiologicznego CT oraz molekularnego PET umożliwia ocenę czasowo-przestrzennego rozkładu radiofarmaceutyku w precyzyjnie określonym położeniu anatomicznym. Jest to niezwykle znaczące, ponieważ istotą obrazowania radioizotopowego jest wykrycie zaburzeń utylizacji radioznacznika, stąd musi on przypominać fizjologiczną dla badanego organizmu substancję, znakowaną radioizotopem.

Radiofarmaceutyk ^{18}F-FDG jest analogiem glukozy, w której jeden z atomów wodoru został zastąpiony radioizotopem ^{18}F. Zatem proces jego utylizacji w organizmie jest zatem podobny do glukozy - przyłącza się do transporterów błonowych, tzw. transporterów GLUT. Po przejściu do cytozolu drogą transportu aktywnego, cząstki preparatu ulegają fosforylacji do ^{18}F-FDG-6-fosforanu, lecz w odróżnieniu od glukozy nie jest metabolizowany w cyklu glikolitycznym. Na tej podstawie możliwa jest ocena ilościowa zużycia glukozy w danej komórce [5,6]. Radiofarmaceutyk ten, jest w wysokim stopniu utylizowany w mózgu czy mięśniach, ale również w stanach zapalnych czy w większości guzów złośliwych [5-13]. Stopień zużycia

glukozy jest mierzony wskaźnikiem Standaryzowanej Wartości Wychwytu (ang. *Standardized Uptake Value*, SUV) [4].

Metoda ^{18}F-FDG PET-CT jest bardziej czuła i swoista od pozostałych badań wykorzystywanych w onkologii, w wybranych rozpoznaniach, takich jak nowotwory głowy i szyi, zatem pozwala na wykrywanie ognisk istotnych klinicznie, przerzutów do węzłów chłonnych niezmienionych strukturalnie i drobnych zmian, które na wynikach innych badań nie są widoczne [3,9,14]. Ponadto, ^{18}F-FDG PET-CT jest przydatna do rozpoznawania i *stagingu*, oceny odpowiedzi na leczenie, rozróżnianiu zmian złośliwych od łagodnych oraz wykrywaniu nawrotów w przebiegu wielu nowotworów [3,11]. Zdaniem autorów [3,12], badanie PET-CT pozwala na znacznie szybsze wykrycie wznowy nowotworowej w porównaniu z samodzielnym badaniem CT (nawet o 6. miesięcy wcześniej) z uwagi na to, że zaburzenia metaboliczne mogą pojawić się zanim dojdzie do zmian strukturalnych tkanki w wyniku postępującego procesu nowotworzenia. Podobnie jest z oceną odpowiedzi na leczenie - zmiany wielkości parametrów metabolicznych - SUVmax, metabolicznej objętości guza (ang. *metabolic tumour volume*, MTV) i całkowitej glikolizie w obszarze podejrzanej zmiany (ang. *total lesion glycolysis*, TLG) są bardziej wiarygodne niż wymiary guzów [4,15]. Wysoka wartość SUVmax, na którą w głównej mierze zwraca się uwagę, często koreluje z bardziej agresywnym guzem oraz gorszym rokowaniem [11,15]. Kluczowe znaczenie dla jakości uzyskanych skanów ma odpowiednie przygotowanie pacjenta, na które składa się między innymi unikanie wychłodzenia i aktywności fizycznej oraz dieta uboga w węglowodany na 24-48 godzin przed badaniem, dbanie o dobre nawodnienie organizmu oraz wstrzymywanie się od przyjmowania posiłków na 6-8 godzin przed badaniem, a tuż przed podaniem radiofarmaceutyku pomiar glikemii na czczo, co pozwala na zminimalizowanie wychwytu znacznika w prawidłowych tkankach [16]. Protokoły, zarówno przygotowania chorego, jak i planowania akwizycji czy w końcu - iniekcji radiofarmaceutyku - wynikają m.in. z zaleceń Europejskiego Towarzystwa Medycyny Nuklearnej (z ang. *European Association of Nuclear Medicine*, EANM)
i podyktowane są zasadą "tak nisko jak rozsądnie osiągalne" (z ang. *As Low As Reasonably Achievable*, ALARA). Pozwala to na efektywne skanowanie z możliwie ograniczoną ekspozycją na promieniowanie jonizujące [16]. Warto zauważyć, że aktywność iniekcji - zgodnie z wytycznymi EANM - dla osoby dorosłej nie przekracza 3,7MBq/kg, przy czym w badaniach pediatrycznych wielkości aktywności zależą m.in. od wieku i masy ciała chorego. Bez względu na wyniki badań obrazowych, niezbędne do ostatecznego rozpoznania nowotworu jest badanie histopatologiczne, które jest uznawane za złoty standard w onkologii [11].

Nowotwory głowy i szyi

Metodą z wyboru w diagnostyce nowotworów regionu głowy i szyi jest badanie ^{18}F-FDG PET-CT, które cechuje się najwyższą czułością i swoistością spośród badań stosowanych w onkologii. Metoda ta jest przydatna w wykrywaniu ognisk pierwotnych, *stagingu* oraz planowaniu leczenia czy kwalifikacji do zabiegów chirurgicznych. Jednakże ograniczeniem może być specyfika tego obszaru utrudniająca wykrywanie i rozróżnianie zmian - wysoki wychwyt ^{18}F-FDG w wielu strukturach i ich bliskie względem siebie położenie. Pomimo to, wykorzystanie ^{18}F-FDG PET-CT może pozwolić na ograniczenie liczby wykonywanych zabiegów czy operacji, które wpływają na jakość życia pacjentów onkologicznych [17]. Dla guzów mózgu metoda ta nie jest często wykorzystywana, ze względu na wysoką aktywność tła spowodowaną intensywnym poborem glukozy przez niezmieniony patologicznie miąższ mózgu, co utrudnia zlokalizowanie guza [18]. W przypadku raka tarczycy wykorzystywana jest w dużej mierze USG, ale PET-CT również znajduje tu zastosowanie w postaci narzędzia do diagnozy, wykrywania nawrotu choroby czy przerzutów guzów ze zwiększonym metabolizmem glukozy. Gdy wyniki ^{18}F-FDG PET-CT były negatywne, nowotwory tarczycy miały dużo lepszą odpowiedź na leczenie radioaktywnym jodem, niż te które dawały pozytywne wyniki [19].

Nowotwory obszaru klatki piersiowej

Jednym z głównych wskazań do wykonania ^{18}F-FDG PET-CT jest rak płuca, gdzie badanie to znajduje zastosowanie w wykrywaniu przerzutów, *stagingu*, procesie planowania radioterapii i monitorowania odpowiedzi na leczenie, aczkolwiek według autorów [11] nie jest ono zalecane pacjentom z niedrobnokomórkowym rakiem płuca (*z ang. non small-cell lung cancer,* NSCLC) z wcześniejszym rozpoznaniem przerzutów odległych [4,11]. W procesie monitorowania odpowiedzi nowotworu na leczenie najbardziej istotne dla wiarygodnych wyników badania ^{18}F-FDG PET-CT jest zachowanie odpowiedniego odstępu czasowego od zakończenia cyklu terapii. W przypadku zakończenia cyklu chemioterapii lub po operacji czas ten powinien wynosić od 4 do 6 tygodni, natomiast po zakończeniu cyklu radioterapii lub

radiochemioterapii powinien on wynosić co najmniej 12 tygodni [4,20]. Różnice te wynikają z reakcji organizmu na leczenie. Zbyt wczesne wykonanie badania, zwłaszcza po leczeniu z wykorzystaniem promieniowania jonizującego może skutkować fałszywie pozytywnymi wynikami, ze względu na występujące wczesne odczyny popromienne w postaci stanów zapalnych skóry. Gdy zachowany jest dystans czasowy badanie ^{18}F-FDG PET-CT wykazywało redukcję SUVmax o nawet 20% po pierwszym cyklu chemioterapii w przypadku NSCLC, co wskazywało na dobrą odpowiedź na leczenie [4]. U pacjentów z rakiem przełyku ^{18}F-FDG PET-CT znajduje głównie zastosowanie w ocenie stopnia zaawansowania nowotworu i rozpoznawania przerzutów odległych, które są widoczne u nawet 14% chorych, u których nie zostały wykryte na innych technikach obrazowych, lecz nie ma ona potwierdzonej wartości w ocenie odpowiedzi na leczenie [11]. Podobnie jest u pacjentów z rakiem piersi. Do podstawowych badań poza USG zalicza się również mammografia, a PET-CT z użyciem ^{18}F-FDG wykorzystywany jest głównie u chorych w stadium IIB-III, gdy jest podejrzenie przerzutów odległych lub zostały wykryte przypadkowe, niespecyficzne zmiany, do stagingu, ponownej oceny stopnia zaawansowania nowotworu (restaging) i lokalizowania przerzutów.

Nowotwory jamy brzusznej

Dzięki skanom z PET-CT stopień zaawansowania niektórych nowotworów mógł zostać dokładniej określony, co pozwalało na kwalifikacje do leczenie paliatywnego, pomimo wczesnej oceny nowotworu jako niewyleczalny [10]. Rak pęcherzyka żółciowego (*z ang. gallbladder cancer*, GBC) charakteryzuje się bezobjawowym, a zarazem agresywnym przebiegiem, a w momencie rozpoznania znajduje się już często w zaawansowanym stadium, dlatego niezwykle ważna jest szybka i dokładna diagnostyka, która umożliwia dokładną ocenę położenia guza wraz z jego stadium zaawansowania i sprawdzenie czy w wątrobie występują przerzuty, co jest kluczowe do zaplanowania terapii. Doskonale w tej roli sprawdza się ^{18}F-FDG PET-CT pozwalając na dokładny staging przed i po leczeniu, a dzięki przewadze nad obrazowaniem konwencjonalnym jest w stanie istotnie zmieniać strategię leczenia nawet u co czwartego pacjenta. Chociaż wiele badań wykazuje wysoką czułość PET-CT w zakresie identyfikacji zmian pierwotnych, przerzutów do węzłów chłonnych i przerzutów odległych, to skuteczność w ocenie zajęcia węzłów chłonnych bywa ograniczona [15].

Nowotwory regionu miednicy

^{18}F-FDG jest też podstawowym radiofarmaceutykiem do oceny układu moczowo-płciowego w badaniu PET-CT, pomimo tego że ocena jego wyników wymaga dużo uwagi z racji na gromadzenie się radioznacznika w pęcherzu moczowym oraz endometrium i jajnikach w zależności od fazy cyklu, a także zwiększona aktywność tła miednicy może mieć wpływ na prawidłową ocenę [11,12]. Zastosowanie tego badania w nowotworach ginekologicznych takich jak rak szyjki macicy, rak endometrium i rak jajnika polega na stagingu przed leczeniem radykalnym lub skojarzonym w celu wykluczenia przerzutów odległych oraz wykrywania nawrotów choroby. Możliwe jest to dzięki wysokiej czułości i swoistości ^{18}F-FDG PET-CT, którą można dodatkowo zwiększyć, dla niektórych raków jajnika, za pomocą markera nowotworowego CA-125. Zwiększony poziom markera we krwi, będzie powodował, że badanie będzie jeszcze bardziej czułe, a co za tym idzie wyniki będą bardziej dokładne i prawdziwie pozytywne. U pacjentów z rozpoznaniem raka jądra ^{18}F-FDG PET-CT stosuje się do oceny stopnia zaawansowania nowotworu przy podejrzeniu przerzutów, a u chorych na nasieniaki do oceny skuteczności chemioterapii [3,11]. Aby ocenić stopień zaawansowania raka pęcherza moczowego najczęściej wykorzystuje się CT i MRI, jednakże na ich podstawie nie można ocenić stanu węzłów chłonnych aż tak dokładnie jak na podstawie ^{18}F-FDG PET-CT, w związku z tym często, bo nawet u ⅓ pacjentów nowotwory pęcherza moczowego mają określony niższy stopień zaawansowania, niż ten w którym faktycznie są. Użyteczność tej hybrydowej metody obrazowania przy wykrywaniu raka pierwotnego pęcherza moczowego jest ograniczona z powodu dużego wydzielania moczu zawierającego radiofarmaceutyk w moczowodach i pęcherzu moczowym, co utrudnia identyfikację nacieków w ścianie pęcherza moczowego czy przerzutów do lokalnych węzłów chłonnych. Kluczowe dla uzyskania wiarygodnych wyników jest odpowiednie przygotowanie pacjenta, które polega na dobrym nawodnieniu przed badaniem, tak aby stężenie radiofarmaceutyku w pęcherzu moczowym było mniejsze lub na podaniu leków diuretycznych w celu zwiększenia dokładności skanów w badanym obszarze. Innym rozwiązaniem zwiększającym dokładność ^{18}F-FDG PET-CT może być założenie cewnika [12].

Czerniak, szpiczak mnogi i chłoniaki

Metoda ta jest również szeroko stosowana do oceny odpowiedzi na leczenie w przypadku czerniaków złośliwych, chociaż czasem wymaga dodatkowej weryfikacji w postaci CT lub MRI. Na wczesnym etapie

choroby niestety jego czułość i swoistość jest stosunkowo niska w zakresie oceny stopnia zaawansowania węzłowego [20]. ^{18}F-FDG PET-CT odgrywa niezwykle istotną rolę w diagnostyce i monitorowaniu szpiczaka mnogiego (*z ang. mulitple myeloma*, MM) i chłoniaków Hodgkina oraz agresywnych postaci chłoniaków nieziarniczych [13,16]. Przewyższa ono klasyczne RTG pod względem czułości w wykrywaniu ognisk pozaszpikowych i zmian osteolitycznych oraz jednocześnie pozwala na lokalizację zmian kostnych, ale też ocenę aktywności metabolizmu nacieków nowotworowych, co sprawia, że jest niezastąpionym narzędziem w kwalifikacji pacjentów do leczenia, oceny jego skuteczności oraz różnicowaniu zmian aktywnych od bliznowatych [16]. Zmiany w metabolizmie obserwowane są już po 2-3 cyklach chemioterapii i stanowią ważny wskaźnik rokowniczy, zmniejszenie wartości parametrów metabolicznych pozwalają na prognozę dłuższego czasu przeżycia wolnego od progresji nowotworu lub wydłużony czas całkowitego przeżycia. PET-CT bezsprzecznie wykazuje przewagę nad innymi badaniami obrazowymi pod względem czułości i swoistości co jest niezwykle użyteczne przy ocenie węzłów chłonnych, nacieków pozawęzłowych i infiltracji szpiku kostnego. To z kolei przekłada się na trafniejsze decyzje terapeutyczne oraz bardziej precyzyjne planowanie leczenia [13].

Pacjenci pediatryczni a ^{18}F-FDG PET-CT

Choroby nowotworowe u dzieci i młodzieży występują relatywnie rzadko, co przekłada się na ograniczony dostęp do niektórych badań, w tym do ^{18}F-FDG PET-CT. Brak dokładnych badań jednoznacznie świadczących o korzyściach płynących z wykorzystania tej metody oraz obawa przed długotrwałymi skutkami stosowania promieniowania jonizującego u pacjentów pediatrycznych nie wskazują na to, żeby dostępność do PET-CT była łatwiejsza. Powszechnie obecne zawahanie co do przeprowadzania badań klinicznych na dzieciach, komplikuje sprawę ustalenia norm aktywności i dawek promieniowania jonizującego jakie mogą być podawane, aczkolwiek obecne wytyczne zostały ekstrapolowane z wytycznych dla dorosłych [18]. Z reguły organizm dziecka jest bardziej radiowrażliwy, zatem perspektywa przeżycia po napromieniowaniu (*z ang. post-exposure life expectancy*) takich pacjentów jest dłuższa. Szczególną uwagę trzeba też zwracać na odpowiednie dostosowanie protokołów, w CT należy zmniejszać kVp i mAs oraz jednocześnie zwiększyć pitch, a w PET zaleca się podanie mniejszej aktywności radioznacznika, wydłużenie czasu akwizycji oraz korzystanie z iteratywnych technik rekonstrukcji w celu wzmocnienia stosunku sygnału do szumu (*z ang. signal-to-noise ratio*, SNR). U dzieci i młodzieży ^{18}F-FDG PET-CT jest metodą z wyboru do oceny stopnia zaawansowania nowotworu w przypadkach takich jak chłoniaki Hodgkina czy chłoniaki nieziarnicze, ale u tych ostatnich tylko w przypadku gdy występuje niepewność diagnostyczna i dokładne rozpoznanie ma wpływ na wdrożenie leczenia. Metoda ta jest przydatnym narzędziem do rozróżniania zwłóknień od ognisk aktywnie toczącej się choroby, co jest kluczowe w przypadku chłoniaków w niskim stadium zaawansowania [18]. Innym nowotworem złośliwym często występującym u pacjentów pediatrycznych jest kostniakomięsak, charakteryzujący się agresywnym przebiegiem i tendencją do wczesnego przerzutowania do płuc i kości, do czego niezbędna jest precyzyjna diagnostyka obrazowa. Badaniem takim jest ^{18}F-FDG PET-CT, które dostarcza znacznie więcej informacji niż pojedyncze techniki obrazowe i cechuje się wysoką dokładnością w ocenie przerzutów kostnych, a skuteczność w wykrywaniu przerzutów do płuc jest porównywalna do CT [21].

Badanie ^{18}F-FDG PET-CT całego ciała

W przypadku wykrywania guzów nowotworowych o nieznanym pierwotnym charakterze (*z ang. cancer of unknown primary*, CUP) ^{18}F-FDG PET-CT całego ciała jest jednym z podstawowych badań. Dla takich nowotworów złośliwych charakterystyczne są przerzuty, nie możliwe do zidentyfikowania miejsce występowania guza pierwotnego oraz inne właściwości biologiczne w porównaniu do guzów o znanym charakterze. Współczynnik wykrywalności takich guzów pierwotnych w tym rodzaju nowotworu waha się pomiędzy 22-73%. Poza CUP, ten rodzaj PET-CT wykorzystuje się do oceny rozległości choroby i odpowiedzi nowotworu na leczenie [14].

Dyskusja

Badanie ^{18}F-FDG PET-CT swoją użyteczność zawdzięcza wysokiej czułości i swoistości w ocenie szeregu jednostek chorobowych, co wyróżnia je na tle innych metod diagnostycznych. Połączenie obrazowania molekularnego z anatomicznym umożliwia precyzyjne wskazanie obszaru, w którym zaburzenia utylizacji radiofarmaceutyku mogą sugerować obecność procesu chorobowego. Nie dotyczy to jedynie techniki ^{18}F-FDG PET-CT, lecz większości badań radioizotopowych, niemniej - czułość i swoistość metody zależy m.in. od użytego preparatu. Dodatkowo, dobór odpowiedniej metody diagnostycznej jest ściśle powiązana ze wskazaniem klinicznym i precyzyjnie ustalonym celem badania.

Metoda obrazowa ^{18}F-FDG PET-CT, jako technika obrazowania molekularnego, stanowi istotny element współczesnej diagnostyki onkologicznej. Dzięki charakterystyce preparatu radiofarmaceutycznego (radioznacznik nieswoisty) oraz samej metody (objętościowa, skanowanie obejmujące znaczną powierzchnię ciała chorego), badanie ^{18}F-FDG PET-CT wykorzystywane jest w detekcji, ocenie stopnia zaawansowania (tak *stagingu*, jak i *restagingu*), czy planowaniu leczenia (leczenia systemowego, chirurgii, radioterapii) [3,12]. Niemniej, technikę cechują pewne ograniczenia. Nieswoisty charakter radioznacznika oznacza, że zaburzenia utylizacji radiofarmaceutyku widoczne są w obszarze zapalenia lub pooperacyjnych zmianach odczynowych. Dodatkowo, niektóre guzy nie utylizują ^{18}F-FDG, co czasem utrudnia ich ocenę. Wysokie koszty badania i ograniczona dostępność to niewątpliwie kolejne wady techniki [3].

Badanie ^{18}F-FDG PET-CT jest metodą z wyboru w diagnostyce nowotworów złośliwych regionu głowy i szyi. Do głównych wskazań do jego wykonania należy również rak płuc czy nowotwory CUP. Badanie to odgrywa znaczącą rolę także u chorych na chłoniaki, kostniakomięsaki oraz u pacjentów z nowotworami jamy brzusznej i klatki piersiowej. Przy nowotworach układu moczowo-płciowego jest ono również przydatne, lecz ocena wyników wymaga dużej dokładności. Natomiast przydatność tego badania jest znacznie ograniczona w przypadku nowotworów mózgu.

Technika ^{18}F-FDG PET-CT znajduje zastosowanie tak w badaniach onkologicznych, jak i nieonkologicznych (np. ocenie zapaleń, chorób serca, neurodegeneracyjnych, innych). Znacznie częściej niż w grupie chorych pediatrycznych, metoda stosowana jest w grupie dorosłych, co nie wyklucza jednak jej przydatności w diagnostyce chorób dzieci. Wymaga jedynie modyfikacji protokołu oraz zakresu aktywności preparatu, czy w końcu - zmiany kluczowych parametrów akwizycji [14,18]. Podsumowując, metoda ^{18}F-FDG PET-CT jest niezwykle przydatnym i szeroko stosowanym narzędziem molekularnej diagnostyki onkologicznej.

Wnioski

Pomimo ograniczeń, metoda ^{18}F-FDG PET-CT znajduje bardzo szerokie zastosowanie w onkologii, umożliwiając detekcję, ocenę stopnia zaawansowania, planowanie i ewaluację skuteczności zastosowanego leczenia przeciwnowotworowego.

Konflikt interesu / Conflict of interest

Nie występuje / None

Etyka / Ethics

Treści przedstawione w artykule są zgodne z zasadami Deklaracji Helsińskiej, dyrektywami EU oraz ujednoliconymi wymaganiami dla czasopism biomedycznych.

Piśmiennictwo

[1] Ferlay J, Ervik M, Lam F, Laversanne M, Colombet M, Mery L, et al. (2024) Global Cancer Observatory: Cancer Today. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. Available from: https://gco.iarc.who.int/today, accessed [5th September 2025].

[2] Bray F, Laversanne M, Sung H, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. CA Cancer J Clin. 2024 May-Jun;74(3):229-263. doi: 10.3322/caac.21834. Epub 2024 Apr 4. PMID: 38572751

[3] Kosinska M, Misiewicz P, Kalita K, Fijuth J, Foks M, Kuncman L, et al. The value of [18F]FDG PET/CT examination in the detection and differentiation of recurrent ovarian cancer, Nucl Med Rev 2023; 26, 98–105

[4] Akinwale A, Osayande E, Mboyo-Di-Tamba WV The Role of [18F]FDG PET/CT in Monitoring of Therapy Response in Lung Cancer, Semin Nucl Med. 2025;55:175-189

[5] Ronald Boellaard, Ken Herrmann, Sally F. Barrington, Cranston I, Mottaghy FM, Hoekstra CJ, et al. [18F]FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 3.0, The EANM Journal, Volume 1, 2025, 100006

[6] Costa PF, Santos A, Vidovič B, et al. A Technologist's Guide: Brain Imaging. Wiedeń: European Association of Nuclear Medicine (EANM), 2015

[7] Petroni D, Menichetti L, Poli M. Historical and radiopharmaceutical relevance of [^{18}F]FDG. J Radioanal Nucl Chem 2020;323(1):1017–31

[8] Li M, Zelchan R, Orlova A. The Performance of FDA-Approved PET Imaging Agents in the Detection of Prostate Cancer. Biomedicines 2022;10(10):2533-56

[9] Hussain Hadad ZS, Afzelius P, Sørensen SM, Jurik AG Clinical relevance of 18F-FDG-PET/CT incidental findings, Dan Med J 2020;67(10):A10190553

[10] Skarping I. 18F-FDG-PET/CT in breast cancer imaging: Restaging and Implications for treatment decisions in a clinical practice setting, ACTA ONCOLOGICA, 2024, VOL. 63, 669–677

[11] Małkowski B. w rozdziale „Badania medycyny nuklearnej w nowoczesnej onkologii" (s. 297-316) w książce „Medycyna nuklearna podręcznik dla lekarzy, radiofarmaceutów i fizyków medycznych" pod redakcją Królickiego L i Hubalewskiej-Dydejczyk A (2024). Kraków: Wydawnictwo Medycyna Praktyczna.

[12] Bacchiani M, Salamone V, Massaro E, Sandulli A, Mariottini R, Cadenar A, et al. Assessing the Performance of 18F-FDG PET/CT in Bladder Cancer: A Narrative Review of Current Evidence. Cancers 2023, 15, 2951.

[13] Huang C, Hu H, Zheng X. Application effect of 18F-FDG PET/CT technique in diagnosis and prognosis evaluation of lymphoma; SLAS Technology 29 (2024) 100176

[14] Ikbal Atilgan H, Yalcin H. Sensitivity of [18F]FDG PET/CT and classification of the primary tumor site in patients with carcinoma of unknown primary; Nuclear Medicine Review 2022, 25, 1: 1–5, DOI: 10.5603

[15] Arslan E, Aksoy T, Dursun N, Gürsu RU, Sevinç MM, Çermik TF The Role of 18F-FDG PET/CT in staging of gallbladder carcinomas. Turk J Gastroenterol 2020; 31(2): 105-12.

[16] Nanni C, Deroose CM, Balogova S, Lapa C, Withofs N, Subesinghe M, et al. EANM guidelines on the use of [18F]FDG PET/CT in diagnosis, staging, prognostication, therapy assessment, and restaging of plasma cell disorders; European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (2024) 52:171–192

[17] Mehanna H, Wong WL, McConkey CC i wsp. PET-NECK Trial Management Group. PET-CT Surveillance versus Neck Dissection in Advanced Head and Neck Cancer. N Engl J Med 2016;374(15):1444-54

[18] Chambers G, Frood R, Patel C, Scarsbrook A 18F-FDG PET-CT in paediatric oncology: established and emerging applications. Br J Radiol 2019; 91: 20180584.

[19] Tang X, Shi L, Zhao Z, Wang J, Yang R, Huang R Clinical role of 18F-FDG PET/CT for detection of radioactive iodine refractory differentiated thyroid cancer. Medicine 2023;102:24(e33878).

[20] Kukla P, Pietrzak A Rola techniki PET/CT w ocenie czerniaka złośliwego; Zeszyty Naukowe WCO, Letters in Oncology Science 2021;18(4):86-91

[21] Oh C, Bishop MW, Cho Hyung-Jun Im SY and Shulkin BL 18F-FDG PET/CT in the Management of Osteosarcoma; J Nucl Med 2023; 64:842–851 DOI: 10.2967/jnumed.123.265592