

Maciej Krzakowski¹, Piotr Rutkowski¹, Jacek Jassem², Renata Zaucha², Jacek Fijuth³, Janusz Słuszniak⁴, Barbara Jarzab⁵, Wojciech Zegarski⁶, Bogdan Małkowski⁶, Andrzej Kawecki¹, Witold Rzyman², Andrea D'Amico⁵, Andrzej Stelmach⁷, Wojciech Polkowski⁸, Radosław Mądry⁹, Leszek Królicki¹⁰

¹Centrum Onkologii — Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie

²Gdański Uniwersytet Medyczny

³Uniwersytet Medyczny w Łodzi

⁴Świętokrzyskie Centrum Onkologii w Kielcach

⁵Centrum Onkologii — Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie, Oddział w Gliwicach

⁶Centrum Onkologii im. Prof. Franciszka Łukaszczyka w Bydgoszczy

⁷Centrum Onkologii — Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie, Oddział w Krakowie

⁸Uniwersytet Medyczny w Lublinie

⁹Uniwersytet Medyczny w Poznaniu

¹⁰Warszawski Uniwersytet Medyczny

Zalecenia dotyczące stosowania badań pozytonowej emisyjnej tomografii w onkologii

Recommendations on the application of positron emission tomography in oncology

Pod patronatem konsultantów krajowych w dziedzinie onkologii klinicznej i medycyny nuklearnej oraz Polskiego Towarzystwa Onkologicznego, Polskiego Towarzystwa Chirurgii Onkologicznej, Polskiego Towarzystwa Onkologii Klinicznej i Polskiego Towarzystwa Medycyny Nuklearnej

Artykuł jest tłumaczeniem pracy:

Krzakowski M, Rutkowski P, Jassem J et al. Recommendations on the application of positron emission tomography in oncology. *Oncol Clin Pract* 2015; 11: 155–171.

Należy cytować wersję pierwotną.

Adres do korespondencji:

Prof. dr hab. n. med. Maciej Krzakowski
Klinika Nowotworów Płuca
i Klatki Piersiowej
Centrum Onkologii — Instytut
im. Marii Skłodowskiej-Curie
ul. Roentgena 5, 02-781 Warszawa
e-mail: maciekk@coi.waw.pl

STRESZCZENIE

Pozytonowa emisyjna tomografia (PET) jest nowoczesną metodą czynnościowego obrazowania o potwierdzonej wartości w rozpoznawaniu i określaniu stopnia zaawansowania, ustalaniu kategorii odpowiedzi na leczenie przeciwnowotworowe oraz wykrywaniu nawrotów wielu nowotworów. Użyteczność, czułość i swoistość PET znacznie zwiększyły się po połączeniu z badaniem za pomocą komputerowej tomografii (KT) lub magnetycznego rezonansu (MR) oraz wprowadzeniu nowych radiofarmaceutyków. Obecne opracowanie, przygotowane na podstawie dowodów naukowych przez wielodyscyplinarny zespół autorów, przedstawia użyteczność i zalecenia kliniczne stosowania badania PET-KT w onkologii.

Badanie PET-KT jest szczególnie przydatne w:

- rozpoznawaniu i określaniu wyjściowego zaawansowania u chorych na nowotwory głowy i szyi, płuca, trzustki, przelyku oraz chłoniaki, zaawansowane czerniaki i nowotwory o nieznanym punkcie wyjścia;
- wykrywaniu nawrotów u chorych na nowotwory jelita grubego, tarczycy, jajnika, głowy i szyi, piersi oraz chłoniaki;
- określaniu odpowiedzi na leczenie u chorych na nowotwory jądra, płuca oraz chłoniaki i niektóre mięsaki.

Badanie PET-MR jest szczególnie istotne w zastosowaniach pediatrycznych.

Słowa kluczowe: pozytonowa emisyjna tomografia, onkologia, rozpoznawanie, stopień zaawansowania, odpowiedź na leczenie, zalecenia

ABSTRACT

Positron emission tomography (PET) is a modern functional imaging method with proven value in diagnosing, staging, evaluating of response to anticancer therapy and detecting of relapses in numerous neoplasms. Utility, sensitivity and specificity of PET has increased by its use in combination with computed tomography (CT) or magnetic resonance in form of fusion PET-CT or PET-MR and the introduction of new radiotracers. This paper,

prepared based on scientific evidence by a multidisciplinary group of authors, presents the utility and clinical recommendations for the application of PET-CT in oncology.

PET-CT is particularly useful for:

- appropriate diagnosis and initial staging of patients with head and neck, lung, pancreatic and esophageal cancers as well as lymphomas, advanced melanomas and tumors of unknown primary site;
- detection of relapses in patients with colorectal, thyroid, ovarian, head and neck, and breast cancers, as well as lymphomas;
- monitoring of response to therapy in patients with testicular and lung cancers, lymphomas and some types of sarcomas.

PET-MR is particularly useful in pediatrics.

Key words: positron emission tomography, oncology, diagnosis, staging, response to treatment, recommendations

Wprowadzenie

Pozytonowa emisyjna tomografia (PET, *positron emission tomography*) jest nowoczesną metodą obrazowania czynnościowego, która umożliwia ocenę wielu różnych procesów biologicznych. Zakres zastosowań oraz czułość i swoistość badania PET znacznie zwiększyły się po wprowadzeniu technik hybrydowych w postaci połączenia PET z badaniem za pomocą komputerowej tomografii (KT) i magnetycznego rezonansu (MR), czyli badań PET-KT i PET-MR. Wykonanie KT lub MR oraz PET w trakcie tego samego badania i fuzja obu obrazów umożliwia przede wszystkim przeprowadzenie korekcji zjawiska pochłaniania promieniowania emitowanego przez radioizotop znakujący radiofarmaceutyk oraz dokładne określenie lokalizacji miejsca wykazującego nieprawidłowe gromadzenie znacznika. Drugim czynnikiem decydującym o znaczeniu badania PET jest zastosowanie nowych radiofarmaceutyków, pozwalających na ocenę szeregu zmian fenotypowych charakterystycznych dla różnych procesów nowotworowych. Nadal podstawowym radiofarmaceutykiem w badaniach PET jest ^{18}F -deoksyglukoza (^{18}F -FDG). Badanie z zastosowaniem tego znacznika umożliwia ocenę procesów metabolicznych glukozy, w tym procesów odpowiedzialnych za zjawisko Warburga. Zwiększony wychwyt ^{18}F -FDG opisywany jest nie tylko w nowotworach złośliwych, ale także w wielu zmianach zapalnych (np. gruźlica, ropnie, zakażenia grzybicze, sarkoidoza). Niezależnie od wspomnianego ograniczenia, metoda ma potwierdzoną wartość w rozpoznawaniu i określaniu stopnia zaawansowania oraz ustalaniu rodzaju odpowiedzi na leczenie i wykrywaniu nawrotów w przebiegu wielu nowotworów.

Wprowadzenie metody PET-MR nie zmienia wskazań do wykonywania badania PET-KT. Badanie PET-MR należy rozważać przede wszystkim u dzieci, szczególnie jeżeli konieczne będzie powtarzanie badań PET w celu kontrolowania przebiegu leczenia. Badanie PET-MR pozwala na znaczne zmniejszenie dawki pochłoniętej, a tym samym zmniejsza ryzyko wtórnych nowotworów indukowanych przez promieniowanie jonizujące. Większą skuteczność badania PET-MR wyka-

zano również w diagnostyce nowotworów ośrodkowego układu nerwowego (OUN), raka piersi, nowotworów głowy i szyi oraz wątroby i narządów miednicy mniejszej.

Celem niniejszego opracowania jest analiza użyteczności i określenie zaleceń klinicznych dla zastosowań badania PET-KT w onkologii. W pracy uwzględniono uznane obecnie szczegółowe wskazania kliniczne do wykonywania badania PET-KT, które zostały przedstawione w sposób opisowy i tabelaryczny (tab. 1). Zaproponowano również listę wskazań, które powinny być refundowane w ramach finansowania z publicznych środków. Zalecenia zostały przygotowane na podstawie zasad medycyny opartej na faktach (EBM, *evidence-based medicine*) z wyróżnieniem wskazań potwierdzonych jednoznacznie i bezwzględnie użytecznych w praktyce klinicznej (kategoria A), prawdopodobnych i potencjalnie użytecznych (kategoria B) oraz określanych indywidualnie (kategoria C).

W większości przypadków zalecenia opierają się na ocenie zastosowań fuzyjnego badania PET-KT z wykorzystaniem ^{18}F -FDG, a część — zaznaczona oddzielnie — dotyczy wykorzystania innych znaczników.

Autorami opracowania są specjaliści różnych dziedzin medycyny (w tym onkolodzy kliniczni, radioterapeuci, chirurdzy oraz specjaliści medycyny nuklearnej).

Rak płuca

Rak płuca stanowi jedno z głównych wskazań do stosowania badania PET-KT w onkologii. Wykorzystuje się je w diagnostyce wstępnej oraz ocenie zaawansowania nowotworu przed i po leczeniu. Większość badań klinicznych dotyczących stosowania badania PET-KT dotyczy niedrobnokomórkowego raka płuca (NDRP). Coraz więcej publikacji wskazuje na znaczenie badania PET-KT również w diagnostyce drobnokomórkowego raka płuca (DRP). Dostępne dane wskazują na efektywność kosztową badania PET-KT w raku płuca.

Badanie PET-KT nie jest zalecane w ramach przesiewowych badań w kierunku wczesnego wykrywania raka płuca.

Tabela 1. Podsumowanie wskaźników do wykonywania badania PET-KT w onkologii

Wskazanie	Wyjściowe badanie w celu określenia strategii leczenia (ustalenie rozpoznania i/lub stanu zaawansowania choroby)	Monitorowanie i określenie wyników leczenia, weryfikowanie zaawansowania choroby po leczeniu (restaging), rozpoznawanie nawrotu choroby, wykonywanie kolejnych badań podczas obserwacji po leczeniu
Niedrobnokomórkowy rak płuca	Tak Określenie zaawansowania przed planowanym leczeniem radykalnym — A (z wyjątkiem chorych z rozpoznaniem raka neuroendokrynnego oraz chorych z ustalonymi przerzutami odległymi)	Tak Określenie zasięgu choroby resztkowej po leczeniu — A Różnicowanie zmian w przypadku podejrzenia nawrotu nowotworu — A
Drobnokomórkowy rak płuca	Tak Określenie zaawansowania przed radykalnym leczeniem choroby ograniczonej — A	Nie
Międzybłonniak opłucnej	Tak Określenie zaawansowania przed radykalnym leczeniem skojarzonym — A	Nie
Pojedynczy guz płuca o nieznanym charakterze	Tak Różnicowanie zmian łagodnych i złośliwych przy średnicy guza > 5 mm, jeżeli nie ma możliwości ustalenia rozpoznania patomorfologicznego — A	Nie
Nowotwory śródpiersia (grasica, serce, śródpiersie)	Tak Określenie zaawansowania przed radykalnym leczeniem chirurgicznym lub skojarzonym — B	Nie
Chłoniaki	Tak Określenie zaawansowania przed leczeniem — A	Tak Określenie końcowego wyniku leczenia, ponowne określenie stopnia zaawansowania w czasie obserwacji po leczeniu, określenie zasięgu nawrotu choroby — A Określenie wczesnej odpowiedzi na leczenie — B Planowanie obszaru radioterapii — C
Szpiczak	Tak Określenie stopnia zaawansowania — B Wykrywanie zmian o pozaszkieletowej lokalizacji — C	Tak Wykrywanie nawrotu choroby — B
Nowotwory jelita grubego, odbytnicy, odbytu	Tak Określenie możliwości leczenia chirurgicznego u chorych z potencjalnie operacyjnymi przerzutami — A Określenie zaawansowania w przedoperacyjnej ocenie chorych na raka odbytnicy z podejrzeniem przerzutów odległych — B	Tak Potwierdzenie lub wykluczenie obecności nawrotu choroby w przypadku rosnącego stężenia CEA lub niejednoznacznych wyników badań obrazowych — A

Tabela 1 (cd.). Podsumowanie wskazań do wykonywania badania PET-KT w onkologii

Rak przetyku	Tak Określenie zaawansowania przy kwalifikacji do pierwotnego leczenia radykalnego — B	Tak Wykrywanie odległych przerzutów w przypadku miejscowej wznowy po leczeniu pierwotnym — C
Nowotwory trzustki	Tak Różnicowanie niejednoznacznych zmian w trzustce w ramach wstępnej diagnostyki — B Określenie zaawansowania raka trzustki — C	Nie
Nowotwory wątroby i wewnątrzwątrobowych przewodów żółciowych	Tak Określenie charakteru ogniskowej zmiany w wątrobie (wyłącznie przy użyciu octanu) — C* Określenie zaawansowania raka wątrobowokomórkowego (wyłącznie przy użyciu octanu znakowanego węglem) — B*	Tak Określenie zaawansowania po leczeniu i ocena zasięgu zmian podczas nawrotu choroby (przy użyciu analogów choliny znakowanych fluorem, octanów znakowanych węglem) — B*
Rak żółądka	Tak Przedoperacyjne określenie zaawansowania u chorych z niejednoznaczными wynikami badań radiologicznych (wyłącznie przy użyciu ¹⁸ F) — B*	Nie
Nowotwory pęcherzyka żółciowego i dróg żółciowych zewnątrzwątrobowych	Tak Określenie zaawansowania przed podjęciem decyzji o leczeniu, jeżeli inne badania obrazowe nie pozwalają na jednoznaczne rozpoznanie — B	Nie
Rak piersi	Tak Wykluczenie przerzutów odległych w stadium miejscowego zaawansowania, jeżeli wyniki standardowych badań obrazowych są niejednoznaczne — B	Tak Potwierdzenie lub wykluczenie nawrotu choroby po radykalnym leczeniu, jeżeli wyniki innych badań obrazowych są niejednoznaczne i wynik PET-KT może zmienić sposób leczenia — B Określenie odpowiedzi na indukcyjną chemioterapię — C Określenie wyniku chemioterapii stosowanej z powodu uogólnienia choroby — C
Nowotwory macicy	Tak Określenie możliwości zastosowania radykalnego leczenia w miejscowo zaawansowanym raku szyjki i trzonu macicy, jeżeli inne badania obrazowe sugerują zmiany przerzutowe (zwłaszcza w węzłach chłonnych) — B	Tak Potwierdzenie lub wykluczenie nawrotu choroby u chorych uprzednio leczonych radykalnie — A
Nowotwory jajnika i jajowodu	Tak Określenie zasięgu nowotworu u chorych z potencjalnie operacyjnymi przerzutami — A	Tak Potwierdzenie lub wykluczenie nawrotu choroby u chorych z podwyższonym stężeniem CA125 i niejednoznaczными wynikami badań obrazowych — A

Tabela 1 (cd.). Podsumowanie wskazań do wykonywania badania PET-KT w onkologii

Rak gruczołu krokowego (badanie wykonane znakowaną choliną, octanem znakowanym węglem i PSMA)	Tak Rozpoznawanie zmian w przypadku wysokiego stężenia PSA wskazującego na obecność nowotworu złośliwego i negatywnych wyników wielokrotnie wykonywanych biopsji — B Określenie zaawansowania nowotworu przed leczeniem radykalnym przy podejrzeniu przerzutów w węzłach chłonnych i kościach oraz niejednoznacznych wynikach innych badań obrazowych — A	Tak Potwierdzenie lub wykluczenie obecności nawrotu w sytuacji rosnącego stężenia PSA i ujemnego wyniku innych badań obrazowych — A
Nowotwory jądra	Tak Określenie zaawansowania nowotworu (z wyjątkiem dojrzałych potworniaków) — A	Tak Wykrywanie i określanie zasięgu resztkowych zmian, rozpoznanie nawrotu — B Określenie odpowiedzi na leczenie — B
Rak pęcherza moczowego	Tak Określenie zaawansowania u chorych z potencjalnie operacyjnymi przerzutami — B Rozpoznawanie nowotworu u chorych z przerzutem bez znanego ogniska pierwotnego — A	Tak Wykrywanie nawrotu nowotworu po radykalnym leczeniu, jeżeli wyniki innych badań obrazowych są niejednoznaczne i wynik badania może zmienić strategię leczenia — B Nie
Czerniaki	Tak Określenie zasięgu zmian u chorych z klinicznymi przerzutami w regionalnych węzłach chłonnych (stopień IIIB/C) — A Określenie zasięgu nowotworu u chorych z potencjalnie operacyjnymi przerzutami do narządów odległych (stopień IV) — A Rozpoznawanie nowotworu u chorych z przerzutem bez znanego ogniska pierwotnego — A	Nie
Rak komórek Merkla	Tak Określenie zaawansowania przed leczeniem — A	Tak Potwierdzenie lub wykluczenie nawrotu nowotworu — A
Nowotwór tkanki łącznej/innych tkanek miękkich (w tym podścieliskowy nowotwór przewodu pokarmowego)	Tak Różnicowanie zmian łagodnych i złośliwych — B Planowanie miejsca biopsji guza — C Określenie wyjściowego zaawansowania — C	Tak Określenie odpowiedzi na leczenie i wykrywanie progresji choroby podczas leczenia chorych na podścieliskowe nowotwory przewodu pokarmowego — A Określenie odpowiedzi na leczenie innych mięsaków (zwłaszcza drobnokomórkowych) — B
Nowotwór kości/chrząstki	Tak Różnicowanie zmian łagodnych i złośliwych — B	Tak Wykrywanie obecności wznowy i przerzutów odległych — A

Tabela 1 (cd.). Podsumowanie wskazań do wykonywania badania PET-KT w onkologii

Nowotwory narządów głowy i szyi	Tak Określenie punktu wyjścia nowotworu u chorych z przerzutami w węzłach chłonnych szyi z nieznanego ogniska pierwotnego — A Określenie stanu ogniska pierwotnego i zmian w węzłach chłonnych w nowotworach o znacznym zaawansowaniu lokoregionalnym — B Planowanie radioterapii w przypadku znacznego zaawansowania lokoregionalnego — B	Tak Rozpoznawanie nawrotu miejscowego lub regionalnego przy niejednoznacznych wynikach innych badań obrazowych — A
Nowotwory ośrodkowego układu nerwowego (wskazane wykonanie badania z zastosowaniem tyrozyny znakowanej fluorem, metioniny znakowanej węglem lub DOPA znakowanej fluorem)	Tak Planowanie biopsji stereotaktycznej w przypadku podejrzenia nowotworu ośrodkowego układu nerwowego — B* Określenie obecności obszarów o wyższej złośliwości histologicznej w obrębie nowotworów ośrodkowego układu nerwowego — B*	Tak Wykrywanie nawrotu nowotworu — C*
Rak tarczycy	Nie	Tak Różnicowanie zmian w przebiegu zróżnicowanego raka tarczycy po całkowitym usunięciu tarczycy w przypadku zwiększonego stężenia tyreoglobuliny (≥ 10 ng/ml) i ujemnego wyniku scyntygrafii z użyciem ¹³¹ I — A
Inne nowotwory neuroendokynne	Tak Określenie ekspresji receptorów somatostatynowych — B* Określenie biologicznej złośliwości zmian pierwotnych i przerzutów — B*	Nie
Nowotwory o nieznanym umiejscowieniu pierwotnego ogniska	Tak Określenie punktu wyjścia nowotworu, jeżeli wyniki innych badań obrazowych są ujemne lub niejednoznaczne (wartość badania zależna od umiejscowienia przerzutów) — A	Nie
Radykalna radioterapia	Tak Jeżeli w planowaniu leczenia nie można wykorzystać wyników innych badań — A	Nie

*Znacznik inny niż FDG; CEA (*carcinoembryonic antigen*) — antygen rakowo-rodowy; PSA (*prostate specific antigen*) — specyficzny antygen prostaty; FDG (*fluorodeoksyglukoza*) — fluorodeoksyglukoza; PSMA (*prostate specific membrane antigen*) — błonowy antygen specyficzny dla prostaty

Wskazania do wykonywania badań PET-KT zostały podzielone na podstawie zasad EBM z wyróżnieniem poniższych kategorii użyteczności w praktyce klinicznej:

A — użyteczność jednoznacznie potwierdzona;

B — użyteczność potencjalna;

C — użyteczność w indywidualnie określanych wskazaniach.

Wymienione kategorie oznaczają uzasadnienie stosowania badania PET-KT. W pozostałych sytuacjach nie wykazano wartości badania PET-KT lub nie ma wiarygodnych danych pozwalających określić jego użyteczność.

Badanie PET-KT z wykorzystaniem ^{18}F -FDG nie jest zalecane u chorych na NDRP, jeżeli wcześniej rozpoznano odległe przerzuty. W przypadku nowotworów neuroendokrynych celem badania jest określenie biologicznej złośliwości guza/guzów (gromadzenie ^{18}F -FDG w obrębie guza wskazuje na większą agresywność choroby, co jest przydatne w wyborze odpowiedniego sposobu leczenia).

Ujemny wynik badania PET-KT w zakresie węzłów chłonnych śródpiersia pozwala na stwierdzenie, że choroba ma charakter miejscowy. Dodatni wynik badania PET-KT w zakresie węzłów chłonnych śródpiersia może być związany z procesem zapalnym, co nakazuje wykonanie inwazyjnej diagnostyki (biopsja przezoskrzelowa lub przezprzełykowa pod kontrolą ultrasonografii, mediastinoskopia lub torakoskopia).

Diagnostyka wstępna i ocena zaawansowania przed leczeniem

Wskazania do wykonywania badania PET-KT w ramach diagnostyki przed leczeniem obejmują:

- określenie stopnia zaawansowania NDRP u chorych, u których planowane jest radykalne leczenie chirurgiczne lub radioterapia;
- różnicowanie litego guzka płuca o średnicy powyżej 5 mm (guzki o średnicy poniżej 5 mm mogą być wskazaniem do badania PET-KT jedynie po rekomendacji zespołu wielodyscyplinarnego z udziałem specjalisty medycyny nuklearnej);
- określenie obszaru napromieniania u wybranych chorych na NDRP (np. rozległa niedodma mięsza płucnego), u których planowana jest radykalna radiochemioterapia lub radioterapia;
- określenie zaawansowania u wybranych chorych na ograniczoną postać DRP, u których planowana jest radiochemioterapia.

Obserwacja po leczeniu

Badanie PET-KT jest wskazane u chorych po zakończonym leczeniu, jeśli KT wskazuje na możliwość nawrotu procesu nowotworowego (różnicowanie następstw przebytego leczenia i nawrotu nowotworu).

Międzybłoniak opłucnej

Badanie PET-KT jest przydatną klinicznie metodą w diagnostyce wstępnej chorych z podejrzeniem międzybłoniaka opłucnej.

Wskazania obejmują:

- wybór najbardziej dogodnego miejsca do skutecznej biopsji w przypadku podejrzenia złośliwego międzybłoniaka opłucnej (dotyczy chorych z nawarstwieniami opłucnej; badanie nie jest przydatne u chorych,

u których występuje jedynie wysięk w jamie opłucnej lub po przebytej pleurodezie);

- wykluczenie zmian nowotworowych poza klatką piersiową u chorych, u których planowane jest skojarzone leczenie z udziałem zabiegu chirurgicznego (pleurektomia/dekortykacja, pleuropneumonektomia).

Badanie PET-KT nie ma zastosowania w ramach obserwacji chorych po przebytych leczeniu z powodu międzybłoniaka opłucnej.

Nowotwory grasicy

Badanie PET-KT z wykorzystaniem ^{18}F -FDG jest wartościową metodą w diagnostyce raka grasicy. W innych nowotworach grasicy wartości PET-KT nie udowodniono. Badanie PET-KT jest polecane przed leczeniem chirurgicznym guza grasicy ze względu na możliwość występowania raka grasicy.

Badanie PET-KT nie ma obecnie zastosowania w monitorowaniu chorych po leczeniu nowotworów grasicy.

Chłoniaki

Precyzyjne określenie wyjściowego stopnia zaawansowania warunkuje optymalne postępowanie u chorych na chłoniaki. Badanie PET-KT jest obecnie zalecane u chorych z rozpoznaniem chłoniaków, które są potencjalnie wyleczalne i wykazują gromadzenie ^{18}F -FDG, co — przede wszystkim — dotyczy chłoniaka Hodgkina (HL, *Hodgkin lymphoma*) i chłoniaka rozlanego z dużych komórek B (DLBCL, *diffuse large B-cell lymphoma*) oraz chłoniaka grudkowego (FL, *follicular lymphoma*). Przydatność badania PET-KT zależy od typu histologicznego oraz lokalizacji i wielkości zmian chorobowych (czułość i swoistość badania jest mniejsza, jeżeli średnica ogniska chorobowego jest mniejsza niż 10 mm oraz w ocenie zmian pozawęzłowych — np. oczodół, skóra, śledziona, żołądek lub jelita).

Diagnostyka wstępna i ocena zaawansowania przed leczeniem

Badanie PET-KT z wykorzystaniem ^{18}F -FDG charakteryzuje się największą czułością i swoistością w rozpoznawaniu zmian chorobowych w porównaniu z innymi metodami obrazowania z wyjątkiem OUN (w diagnostyce zmian ogniskowych w OUN największą wartość ma badanie MR). W związku z tym nie powinno się wykonywać badań KT przed wykonaniem badania PET-KT.

Badania PET-KT jest zalecane w celu określenia wyjściowego zaawansowania HL oraz DLBCL we wczesnych i zaawansowanych stadiach choroby. Badanie jest

również przydatne w przypadku rozpoznania FL oraz chłoniaka z komórek płaszczka (MCL, *mantle-cell lymphoma*). Wynik badania PET-KT po podaniu ^{18}F -FDG zmienia stopień zaawansowania u 25–30% chorych na HL i/lub DLBCL oraz u około 60% chorych na wczesne FL, powodując modyfikację planu leczenia u około 30% chorych. Badanie PET-KT umożliwia dokładniejszy pomiar wielkości zajętych węzłów chłonnych, odróżnienie węzłów od pętli jelita oraz wykrycie kompresji lub zakrzepicy dużych naczyń śródpiersia. Badanie dobrze ocenia zajęcie szpiku. U chorych na HL wykonanie ^{18}F -FDG PET-KT zwalnia z obowiązku przeprowadzenia trepanobiopsji szpiku, niezależnie od wyniku. U chorych na DLBCL zajęcie szpiku w badaniu PET-KT pozwala zrezygnować z wykonania trepanobiopsji, natomiast przy negatywnym wyniku trepanobiopsja jest konieczna (szczególnie w przypadkach, gdy zajęcie szpiku może mieć wpływ na wybór schematu leczenia). Interpretacja obrazów powinna być wykonana wizualnie oraz z pomocą skali pięciopunktowej (system Deauville'a).

Stopień zaawansowania chłoniaków o zróżnicowanej zdolności do gromadzenia radiofarmaceutyku należy ustalać na podstawie badania PET-KT z kontrastem. W przypadku braku gromadzenia ^{18}F -FDG w zmianach chłoniakowych zaawansowanie choroby należy oceniać na podstawie badania KT wykonanego podczas badania PET-KT, a skuteczność leczenia należy określać na podstawie badania KT. Badanie PET-KT ma ograniczone zastosowanie w chłoniakach skóry, pozawęzłowych chłoniakach strefy brzeżnej oraz chłoniakach z małych limfocytów B (SLL, *small lymphocytic lymphoma*).

Ocena odpowiedzi na leczenie

Jeżeli wyjściowy stopień zaawansowania ustalono na podstawie wyniku badania PET-KT, to w celu określenia odpowiedzi zaleca się wykonanie wczesnego badania etapowego w czasie leczenia (tzw. *interim* PET) oraz — kolejnego — po zakończeniu leczenia. Wczesne badanie PET wykonuje się po drugim cyklu chemioterapii (bezpośrednio przed kolejnym kursem tak, aby czas między uprzednim cyklem chemioterapii i badaniem był jak najdłuższy). Celem etapowego badania PET-KT jest wczesna ocena skuteczności leczenia. W świetle obecnych dowodów zmiana sposobu leczenia na podstawie wyniku badania etapowego jest dopuszczalna w sytuacji, gdy wynik jednoznacznie wskazuje na progresję choroby. Zmiana planu leczenia w innych przypadkach jest możliwa tylko w ramach kontrolowanych badań klinicznych. Badanie *interim* PET musi być oceniane jakościowo i ilościowo.

Badanie PET-KT po zakończeniu leczenia należy przeprowadzić w okresie 6–8 tygodni od zakończenia chemioterapii i 12 tygodni od zakończeniu radioterapii.

Pełna remisja metaboliczna jest równoznaczna z całkowitą odpowiedzią, nawet jeżeli w badaniu KT stwierdza się resztkową masę. W przypadku wykrycia aktywnej metabolicznie zmiany — jeżeli leczenie drugiej linii jest brane pod uwagę — zaleca się wykonanie biopsji zmiany w celu potwierdzenia obecności choroby przed planowanym leczeniem. U chorych zakwalifikowanych do leczenia skojarzonego badanie PET-KT należy wykonać 2–3 tygodnie po ostatnim cyklu chemioterapii, aby nie opóźnić rozpoczęcia radioterapii.

Wyniki dotychczas opublikowanych badań wskazują, że ujemny wynik wczesnego badania PET-KT nie daje pewności, że osiągnięto pełną remisję choroby i można zakończyć lub skrócić leczenie bez narażenia chorego na niepowodzenie. Podobnie dodatni wynik nie stanowi dotychczas podstawy do rozpoznania pierwotnej oporności i intensyfikacji leczenia.

Szczególnie trudne do interpretacji są badania, w których stwierdza się ogniska/obszary nieznacznie zwiększonego gromadzenia ^{18}F -FDG po leczeniu (MRU, *minimal residual uptake*), które według niektórych autorów mogą świadczyć o zwiększonym ryzyku nawrotu.

Obserwacja po leczeniu

Nie zaleca się wykonywania badania PET-KT u chorych bez objawów klinicznych, u których uzyskano całkowitą remisję po leczeniu. W przypadku niejednoznacznego wyniku zaleca się powtórzenie badania nie wcześniej niż po miesiącu. W przypadku nadal niepewnego wyniku należy rozważyć biopsję lub dalszą obserwację, jeżeli stwierdza się dalszą regresję morfologiczną.

Badanie PET-KT jest wskazane w celu oceny zasięgu nawrotu.

Rak jelita grubego

Badanie PET-KT nie ma zastosowania w ramach wstępnego rozpoznawania raka jelita grubego, natomiast jest wartościową metodą w ocenie zasięgu przerzutów w innych narządach (szczególnie w wątrobie) oraz w diagnostyce nawrotów choroby.

Diagnostyka wstępna i ocena zaawansowania przed leczeniem

Nie zaleca się stosowania badania PET-KT do wykrywania i wczesnego rozpoznawania raka jelita grubego. Wyjątek stanowią chorzy z wysokim ryzykiem obecności przerzutów (zwłaszcza rak odbytnicy), które mogą stanowić przeciwwskazanie do chirurgicznego leczenia.

Szczegółowe wskazania do stosowania badania PET-KT w ramach wstępnej diagnostyki obejmują:

- wykrywanie przerzutów w wątrobie u chorych kwalifikowanych do leczenia operacyjnego;
- wykrywanie przerzutów poza wątrobą w ramach przedoperacyjnej diagnostyki chorych potencjalnie kwalifikujących się do resekcji zmian w wątrobie.

Ocena zaawansowania po leczeniu

Badanie PET-KT jest przydatne u chorych kwalifikujących się do miejscowego leczenia zmian resztkowych (resekcja, termoablacja, chemoembolizacja).

Wskazania do wykonywania badania PET-KT w ramach obserwacji po zakończeniu leczenia obejmują:

- wykrywanie nawrotów (zwłaszcza w przypadku zwiększającego się stężenia CEA);
- różnicowanie nawrotu i zmian wywołanych leczeniem (np. zmiany popromienne);
- różnicowanie zmian niezłośliwych i złośliwych (np. w węzłach chłonnych).

Rak przełyku

Badanie PET-KT stanowi uzupełniającą metodę oceny stopnia zaawansowania raka przełyku w celu wykrycia przerzutów w odległych narządach (ocena przed leczeniem i w przypadku nawrotu miejscowego).

W ocenie miejscowo-regionalnego zasięgu nowotworu badanie PET-KT jest mniej dokładne od endoskopowej ultrasonografii.

Wartość badania PET-KT w ocenie skuteczności leczenia nie została potwierdzona.

Rak żołądka

W przypadkach zaawansowanego raka żołądka badanie PET-KT z wykorzystaniem ¹⁸F-fluorotymidyny (FLT, *fluorothymidine*) jest przydatne w przedoperacyjnej ocenie zaawansowania nowotworu.

Rak wątrobowokomórkowy

W przypadku podejrzenia lub potwierzonego rozpoznania raka z komórek wątrobowych badanie PET należy wykonać za pomocą octanu znakowanego węglem ¹¹C. Badanie ma znaczenie przy ocenie stopnia zaawansowania nowotworu przed podjęciem decyzji terapeutycznych. Badanie z zastosowaniem octanu znakowanego ¹¹C poleca się również w celu wykluczenia ewentualnych przerzutów w odległych narządach.

Rak trzustki

Badanie PET-KT jest przydatne we wstępnej diagnostyce różnicowej nieprawidłowych zmian w trzustce oraz w ocenie stopnia zaawansowania raka trzustki na różnych etapach leczenia.

Nie ma danych dotyczących przydatności badania PET-KT w ocenie skuteczności leczenia nowotworów trzustki lub obserwacji po leczeniu.

Przerzuty w wątrobie

Badanie PET-KT znajduje zastosowanie w diagnostyce różnicowej ogniskowych zmian w wątrobie, jeżeli inne badania obrazowe nie pozwalają jednoznacznie wykluczyć nowotworu.

Rak piersi

Wskazania do wykonywania badania PET-KT w raku piersi dotyczą oceny stopnia zaawansowania i nawrotu choroby.

Diagnostyka wstępna i ocena zaawansowania przed leczeniem

Z powodu małej czułości w rozpoznawaniu pierwotnych ognisk nowotworowych poniżej 10 mm i przerzutów w pachowych węzłach chłonnych oraz względnie częstego występowania wyników nieprawdźwie dodatnich nie zaleca się wykonywania badania PET-KT w diagnostyce wstępnej raka piersi. Badanie PET-KT należy natomiast rozważyć u chorych na miejscowo zaawansowanego raka, jeżeli wyniki standardowych badań obrazowych są niejednoznaczne.

Ocena zaawansowania po leczeniu

Badanie PET-KT może być pomocne w ocenie odpowiedzi na wstępną chemioterapię (zwłaszcza w przypadku trudności w ocenie klinicznej i mammograficznej), ale wymaga to wykonania badania wyjściowego przed rozpoczęciem leczenia. Kliniczna wartość badania w wymienionym wskazaniu nie została dotąd perspektywnie zweryfikowana.

Obserwacja po leczeniu

Badanie PET-KT jest przydatne w diagnostyce nawrotu nowotworu u chorych po radykalnym leczeniu, jeżeli wyniki innych badań obrazowych są niejednoznaczne, a wynik PET-KT może zmienić sposób leczenia.

Nowotwory układu moczowo-płciowego

Diagnostyka wstępna i ocena zaawansowania przed leczeniem

Badanie PET-KT jest przydatne u chorych z rozpoznaniem miejscowo zaawansowanego raka szyjki macicy przed planowaniem radykalnego leczenia skojarzonego (radiochemioterapia, radioterapia).

Badanie PET-KT we wstępnej diagnostyce raka błony śluzowej macicy i nowotworów jajnika nie ma ostatecznie określonej wartości, natomiast jest wysoce przydatne w ocenie zaawansowania choroby.

Badanie PET-KT nie ma zastosowania we wstępnym rozpoznawaniu nowotworów jądra. Jest jednak wysoce przydatne w ocenie zaawansowania choroby (wyjątek — dojrzałe potworniaki).

Badanie PET-KT z użyciem cholicy i octanu znakowanych fluorem (^{18}F), węglem (^{11}C) oraz błonowego antygenu specyficznego dla prostaty (PSMA, *prostate specific membrane antigen*) znakowanego galem (^{68}Ga) lub fluorem (^{18}F) jest wartościowym badaniem w ocenie zaawansowania raka gruczołu krokowego. Należy rozważyć wykonanie badania PET-KT w diagnostyce wstępnej raka gruczołu krokowego, jeżeli wyniki kolejnych badań biopsyjnych są ujemne i równocześnie wzrasta stężenie swoistego antygenu prostaty (PSA, *prostate specific antigen*), a także przy podejrzeniu obecności przerzutów w węzłach chłonnych lub układzie kostnym u chorych kwalifikowanych do radykalnego leczenia.

Badanie PET-KT nie ma zastosowania w diagnostyce wstępnej raka pęcherza moczowego. Wartość tego badania w diagnostyce wstępnej raka nerki jest ograniczona.

Ocena zaawansowania po leczeniu

Badanie PET-KT jest przydatne u chorych na nasieniaki jądra w ocenie skuteczności chemioterapii (w tym wykrywanie mas resztkowych), co wymaga jednak wykonania badania przed rozpoczęciem leczenia. Badanie PET-KT nie rozstrzyga o charakterze przetrwałych zmian w nienasieniakach.

Obserwacja po leczeniu

Badanie PET-KT jest przydatne w wykrywaniu nawrotu raka jajnika (zwłaszcza w przypadku zwiększonego stężenia CA-125) oraz u chorych z potencjalnie operacyjnymi przerzutami. Nie ma wskazań do wykonania badania PET u chorych na raka jajnika bez podejrzenia nawrotu choroby.

Badanie PET-KT jest przydatne w wykrywaniu nawrotu raka szyjki macicy i raka trzonu macicy (zwłaszcza u chorych z potencjalnie operacyjnymi przerzutami). Nie ma wskazań do wykonania badania PET-KT u chorych

na nowotwory szyjki i trzonu macicy, u których nie ma podejrzenia nawrotu choroby.

Badanie PET-KT może być stosowane przy podejrzeniu miejscowego szerzenia się i przerzutów odległych raka pęcherza moczowego po radykalnym leczeniu, jeżeli inne metody obrazowe nie dają odpowiedzi.

Badanie PET-KT z użyciem cholicy i octanu znakowanych fluorem (^{18}F), węglem (^{11}C) oraz PSMA znakowanego galem (^{68}Ga) lub fluorem (^{18}F) jest przydatne u chorych z podejrzeniem nawrotu raka gruczołu krokowego.

Badanie PET-KT nie ma zastosowania w monitorowaniu po leczeniu chorych na inne nowotwory układu moczowo-płciowego.

Czerniaki i nowotwory skóry

Wskazania do wykonywania badania PET-KT u chorych na czerniaki skóry bez klinicznych cech przerzutów do regionalnych węzłów chłonnych (stopnie I, II i IIIa/N1a i N2a) są ograniczone.

Badanie PET-KT nie może zastępować wykonania biopsji wartowniczego węzła chłonnego oraz nie jest przydatne w ocenie zasięgu nowotworu u chorych z nieoperacyjnymi przerzutami lub w ocenie odpowiedzi na leczenie systemowe. Badania PET-KT nie zaleca się w ramach obserwacji po leczeniu.

Badanie PET-KT z wykorzystaniem ^{18}F -FDG charakteryzuje się bardzo dużą dokładnością w diagnostyce raka z komórek Merkla, natomiast nie ma wskazań do badania u chorych na raka podstawnokomórkowego w jakimkolwiek stopniu zaawansowania.

Diagnostyka wstępna i ocena zaawansowania przed leczeniem

Badanie PET-KT pozwala zakwalifikować do leczenia operacyjnego chorych na czerniaki w III stopniu zaawansowania klinicznego (IIIb/IIIc) z klinicznymi objawami przerzutów do węzłów chłonnych — u około 30% chorych badanie to pozwala na rozpoznanie odległych przerzutów pozawęzłowych, co decyduje o zmianie sposobu leczenia. Wczesne wykrycie przerzutów odległych jest obecnie istotne ze względu na dostępność skutecznych metod leczenia systemowego w IV stopniu zaawansowania.

Drugim — rzadziej wykorzystywanym — wskazaniem jest ocena zaawansowania u chorych z potencjalnie operacyjnymi przerzutami czerniaka w odległych narządach (stopień IV). W wymienionej grupie chorych wynik badania PET-KT może prowadzić do zastąpienia zabiegu chirurgicznego leczeniem systemowym lub do rozszerzenia zakresu resekcji.

Trzecim wskazaniem jest ocena zaawansowania choroby u chorych na czerniaki ze stwierdzonymi potencjalnie resekcyjnymi przerzutami (np. węzły chłonne) bez znanego ogniska pierwotnego.

Mięsaki

Badanie PET-KT znajduje największe zastosowanie w nowotworach podścieliskowych przewodu pokarmowego (GIST, *gastrointestinal stromal tumors*) i mięsach drobnokomórkowych (głównie mięsak Ewinga). U chorych na GIST badanie PET-KT jest najbardziej czułą metodą monitorowania odpowiedzi na leczenie inhibitorami kinaz tyrozynowych oraz wykrywania progresji nowotworu. Badanie PET-KT wcześniej niż KT rozróżnia przypadki wrażliwe i odporne na leczenie (odpowiedź można ocenić — odpowiednio — po 1–2 tygodniach i 2–6 miesiącach). W większości przypadków właściwą ocenę odpowiedzi i progresji choroby można uzyskać przy starannej ocenie badania KT przy zastosowaniu kryteriów Choi oceniających zmianę wielkości i gęstości ognisk nowotworowych.

W indywidualnych przypadkach badanie PET-KT znajduje zastosowanie w różnicowaniu pierwotnych mięsaków od zmian łagodnych w obrębie układu kostnego i tkanek miękkich (np. w chorobie von Recklinghausena).

Badanie PET-KT stosuje się w ocenie odpowiedzi na systemowe leczenie w niektórych typach mięsaków (ocena skuteczności po 1–3 cyklach, w porównaniu z wyjściowym wynikiem badania).

Nowotwory nabłonkowe narządów głowy i szyi

Znaczenie badania PET-KT w ramach wstępnej diagnostyki i w ocenie wyników leczenia chorych na nabłonkowe nowotwory narządów głowy i szyi systematycznie wzrasta.

Diagnostyka wstępna i ocena zaawansowania przed leczeniem

W przypadku stwierdzenia przerzutów w węzłach chłonnych szyi z nieokreślonego klinicznie ogniska pierwotnego badanie PET-KT jest metodą diagnostyczną z wyboru i w wielu przypadkach umożliwia zlokalizowanie punktu wyjścia nowotworu w okolicy głowy i szyi. Badanie PET-KT nie może jednak zastąpić dokładnej endoskopii górnych dróg oddechowych i kraniowej części gardła z pobraniem wycinków z miejsc klinicznie podejrzanych.

Badanie PET-KT powinno być również rozważane u wybranych chorych z rozpoznaniem miejscowo zaawansowanych raków w celu wiarygodnej oceny przerzutów w węzłach chłonnych i ustalenia zakresu naciekania ogniska pierwotnego (szczególnie istotne w nowotworach niskozróżnicowanych z naciekaniami podśluzówkowym). Badanie PET-KT ma przewagę nad innymi metodami obrazowania szczególnie w ocenie regionalnego zaawansowania nowotworu, ponieważ umożliwia wykrycie przerzutów w niepowiększonych węzłach chłonnych (czułość i swoistość w zakresie wykrywania przerzutów — odpowiednio — 82–87% i 94–100%).

Badanie PET-KT jest przydatne w planowaniu radioterapii (głównie w przypadku nowotworów o znacznym stopniu miejscowego lub regionalnego zaawansowania), ponieważ umożliwia precyzyjne określenie objętości napromienianej w stosunku do tkanek prawidłowych.

Ocena zaawansowania po leczeniu

Badanie PET-KT jest przydatne w wykrywaniu zmian przetrwałych po leczeniu oraz miejscowych i regionalnych nawrotów nowotworu; należy jednak uwzględnić możliwość wyników nieprawdziwie dodatnich (zmiany zapalne — zwłaszcza po radioterapii) i ujemnych (zwłaszcza zmiany resztkowe w węzłach chłonnych). Warunkiem kwalifikowania chorych do „ratującego” leczenia chirurgicznego lub chemioterapii jest potwierdzenie przetrwałych zmian nowotworowych lub nawrotów na podstawie badania patomorfologicznego materiału z biopsji wycinkowej. Badanie PET-KT nie powinno być wykonywane wcześniej niż po upływie około 3 miesięcy od zakończenia radioterapii lub chemioradioterapii ze względu na wyżej wspomniane ryzyko wyników nieprawdziwie dodatnich, które w początkowym okresie po leczeniu jest szczególnie wysokie.

Zgodnie z ostatnio przedstawionymi wynikami wykonanie badania PET-KT jest wskazane w stadium miejscowego zaawansowania nowotworów regionu głowy i szyi po zakończeniu radioterapii lub radiochemioterapii ze względu na możliwość uniknięcia potrzeby przeprowadzenia limfadenektomii u 80% chorych.

Nowotwory ośrodkowego układu nerwowego

Znaczącą rolę w obrazowaniu nowotworów mózgu odgrywają radiofarmaceutyki aminokwasowe — metionina znakowana ^{11}C , tyrozyna znakowana ^{18}F , dihydroksyfenylalanina (DOPA) znakowana ^{18}F . Wykazują one niewielkie gromadzenie w prawidłowych strukturach mózgu oraz zmianach łagodnych (złóknienie, martwica, obrzęk); badanie PET jest wskazane w diagnostyce różnicowej między zmianami nowotworowymi

i nienowotworowymi. Czułość badania w diagnostyce pierwotnych guzów mózgu wynosi 78–94%, a swoistość osiąga 93–100%. Badanie PET może być stosowane w technice nawigacji śródoperacyjnej; wyniki leczenia operacyjnego z zastosowaniem tej metody wskazują na możliwość radykalizacji operacji i na przedłużenie czasu przeżycia chorych w porównaniu z operowanymi na podstawie tylko badania MR.

Wykonanie badania PET-KT może być wskazane w celu nieinwazyjnej oceny stopnia złośliwości pierwotnego nowotworu OUN, określenia miejsca biopsji stereotaktycznej oraz w przypadku podejrzenia wznowy procesu chorobowego.

Ustalenie miejsca biopsji stereotaktycznej oraz ocena stopnia złośliwości nowotworu opierają się na lokalizacji zmiany w PET i określeniu kinetyki gromadzenia przez nowotwór ^{18}F FET; w guzach o wysokiej złośliwości według klasyfikacji Światowej Organizacji Zdrowia (WHO, *World Health Organization*) obserwuje się dodatnią kinetykę znacznika. Metodę stosuje się w ocenie guzów położonych w okolicach elokwentnych.

Zdecydowana większość pierwotnych nowotworów OUN cechuje się wyłącznie wzrostem miejscowym i ryzyko rozsiewu do układu chłonnego lub odległych narządów jest niezwykle małe. Wykonywanie badania PET-KT całego ciała do oceny zasięgu choroby nie jest celowe. Wyjątek stanowią niskozróżnicowane nowotwory drobnokomórkowe i zarodkowe, występujące zazwyczaj u dzieci i młodzieży (np. rdzeniak płodowy, niskozróżnicowane nowotwory neuroektodermalne, nowotwory wywodzące się z komórek zarodkowych). W grupie tych chorych należy rozważyć wykonanie badania PET-KT z zastosowaniem tyrozyny znakowanej fluorem (^{18}F) — FET — lub metioniny znakowanej węglem (^{11}C) — MET. Nie stwierdzono przydatności badania PET-KT w diagnostyce różnicowej poszczególnych postaci histologicznych guzów mózgu.

Badanie PET-KT za pomocą ^{18}F -FDG powinno być wykonane u chorych z rozpoznaniem ogniska przerzutowego w mózgu bez ustalonego ogniska pierwotnego.

Wskazaniem do przeprowadzenia badania PET-KT po podaniu (^{18}F) — FET, (^{18}F) — DOPA oraz (^{11}C) — MET jest różnicowanie między przetrwałym lub nawrotowym i aktywnym nowotworem oraz martwicą popromienną lub tzw. pseudoprogresją guza. Badanie PET w skojarzeniu ze spektroskopią MR są metodami z wyboru w lokalizowaniu obszarów o zwiększonej proliferacji komórkowej i wyższej aktywności metabolicznej. Z tego względu badanie powinno być wykonane przed planowaną biopsją stereotaktyczną guza u chorych z podejrzeniem nowotworu OUN lub wznowy procesu chorobowego oraz w celu wykazania aktywnych ognisk bądź obszarów o wyższej złośliwości histologicznej.

Wykonanie badania PET po podaniu metioniny, tyrozyny lub DOPA po operacji neurochirurgicznej jest

pomocne w ocenie masy guza resztkowego i planowaniu radioterapii. Badanie PET po podaniu metioniny lub fluorotyrozyny jest przydatne w planowaniu radioterapii u chorych na przyzwojaki i oponiaki.

Nowotwory układu wewnątrzwydzielniczego

Poszczególne nowotwory gruczołów wewnętrznego wydzielania charakteryzują się odmiennymi cechami, co jest wykorzystywane w badaniach PET-KT. Obecnie w Polsce — oprócz ^{18}F -FDG — dostępne są radiofarmaceutyki peptydowe znakowane galem (^{68}Ga). Są one bardzo przydatne w diagnostyce i monitorowaniu przebiegu nowotworów neuroendokrynych o wysokim zróżnicowaniu. Podobne znaczenie ma badanie z zastosowaniem ^{18}F DOPA stosowane w monitorowaniu złośliwych guzów chromochłonnych i raka rdzeniastego tarczycy. Należy oczekiwać wprowadzania innych radiofarmaceutyków, które pozwolą na swoistą diagnostykę różnicową nowotworów układu wewnątrzwydzielniczego: metomidatu (diagnostyka raka nadnercza), jodu ^{124}I (przydatnego w dozymetrii, stanowiącej kluczowy element przed planowanym leczeniem radiojodem raka tarczycy).

Badanie PET-KT po podaniu ^{18}F -FDG nie ma zastosowania w diagnostyce, ocenie zaawansowania, skuteczności leczenia i obserwacji po leczeniu najczęściej występującego zróżnicowanego raka tarczycy, który wychwytyuje ^{131}I . Badanie to odgrywa jednak podstawową rolę w wykrywaniu i lokalizacji ognisk przerzutowych u chorych ze zwiększonym stężeniem tyreoglobuliny w surowicy i ujemnym wynikiem badania scyntygraficznego z użyciem ^{131}I . U chorych z rozsiewem jodochwytanego nowotworu tarczycy wynik badania ^{18}F -FDG-PET ma znaczenie rokownicze; zwiększony wychwyt radiofarmaceutyku sugeruje zwiększoną oporność na leczenie ^{131}I .

W rdzeniastym raku tarczycy badanie PET-KT jest uzasadnione w celu lokalizacji nawrotu, jeżeli stężenie kalcytoniny przekracza wartość 500 pg/ml (należy rozważyć rozszerzenie badania PET o badanie DOPA-PET, które jednak w Polsce nie jest refundowane mimo wiarygodności wskazań).

W raku kory nadnercza badanie PET uzupełnia możliwości oceny zaawansowania choroby.

W niektórych nowotworach neuroendokrynych konieczne jest wykonanie badania z zastosowaniem pochodnych somatostatyny znakowanych ^{68}Ga i ^{18}F -FDG. Pierwszy z radiofarmaceutyków pozwala na ocenę ekspresji układu receptorowego dla somatostatyny, drugi natomiast umożliwia określenie stopnia złośliwości biologicznej ogniska pierwotnego i ognisk przerzutowych. Wyniki obu badań są podstawą do wy-

boru odpowiedniego sposobu leczenia i prognozowania przebiegu choroby.

Nowotwory o nieznanym umiejscowieniu ogniska pierwotnego

Badanie PET-KT jest przydatne w diagnostyce wybranych chorych z przerzutami o nieznanym umiejscowieniu pierwotnym nowotworu, przy czym wartość badania zależy od umiejscowienia zmian (wysoka — przerzuty w szyjnych węzłach chłonnych, niska — przerzuty w węzłach chłonnych poniżej przepony).

Przerzuty w kościach

Badanie PET-KT (zwłaszcza ze znacznikiem z ^{18}F -NaF) charakteryzuje się dużą czułością w ocenie przerzutów w kościach. Badanie to jest zalecane u chorych, u których wynik badania scyntygraficznego kości z zastosowaniem $^{99\text{mTc}}$ -MDP jest niejednoznaczny. Badanie z wykorzystaniem ^{18}F -FDG cechuje się nieznacznie mniejszą czułością, ale większą swoistością.

Proponowane kryteria kwalifikacji do badań PET-KT i wykaz wskazań onkologicznych, które powinny być finansowane ze środków publicznych:

- pojedynczy guzek płuca o średnicy powyżej 5 mm — w celu różnicowania między łagodnym i złośliwym charakterem, jeżeli nie jest możliwe rozpoznanie innymi dostępnymi metodami;
- niedrobnokomórkowy rak płuca — w celu oceny zaawansowania przed planowaną resekcją lub radykalną radioterapią oraz oceny zasięgu regionalnego i wykluczenia przerzutów odległych (z wyjątkiem rozpoznanych wcześniej przerzutów odległych);
- drobnokomórkowy rak płuca w postaci ograniczonej — przed radykalnym leczeniem skojarzonym;
- międzybłoniak opłucnej — przed radykalnym leczeniem skojarzonym z udziałem leczenia operacyjnego;
- guz śródpiersia — przed radykalnym leczeniem skojarzonym z udziałem leczenia operacyjnego;
- chłoniak Hodgkina i chłoniaki nie-Hodgkinowskie — w celu wstępnej oceny stopnia zaawansowania, oceny skuteczności chemioterapii lub wczesnego rozpoznania nawrotu;
- rak jelita grubego — w celu przedoperacyjnej oceny zaawansowania lub wczesnego rozpoznania nawrotu po radykalnym leczeniu w przypadku wzrostu stężeń markerów lub niejednoznacznych wyników badań obrazowych;
- rak przełyku — w celu oceny zaawansowania przed radykalnym leczeniem i w ramach wczesnego wykrywania nawrotu po radykalnym leczeniu (w przypadku niejednoznacznych wyników badań obrazowych);
- rak żołądka — przedoperacyjne określanie zaawansowania w sytuacji niejednoznacznych wyników innych badań;
- rak trzustki — w ramach diagnostyki przed radykalnym leczeniem (w przypadku niejednoznacznych wyników innych badań obrazowych);
- nieprawidłowe zmiany w trzustce i wątrobie — ocena zmian budzących podejrzenie raka, jeżeli nie można ustalić rozpoznania przy użyciu innych metod;
- rak piersi — we wstępnej diagnostyce w celu wykluczenia odległych przerzutów, jeżeli wyniki innych badań są niejednoznaczne;
- rak piersi — podczas obserwacji po radykalnym leczeniu w przypadku podejrzenia nawrotu, jeżeli wyniki innych badań obrazowych są niejednoznaczne, a wynik badania PET-KT może zmienić sposób leczenia;
- rak jajnika — w celu określenia zaawansowania u chorych z potencjalnie operacyjnymi przerzutami oraz w celu wczesnego wykrycia nawrotu po radykalnym leczeniu (w przypadku wzrostu stężeń Ca^{125} lub niejednoznacznych wyników badań obrazowych);
- rak szyjki macicy i rak trzonu macicy — w celu oceny zaawansowania przed radykalnym leczeniem i w ramach wczesnego wykrywania nawrotu po radykalnym leczeniu (w przypadku niejednoznacznych wyników badań obrazowych);
- nowotwory jądra (z wyjątkiem dojrzałych potworków) — 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 pęcherza moczowego — w celu określenia zaawansowania u chorych z potencjalnie operacyjnymi przerzutami oraz w celu wykrywania nawrotu choroby po radykalnym leczeniu przy niejednoznacznych wynikach badań obrazowych;
- podejrzenie raka gruczołu krokowego przy wysokim stężeniu PSA i kilkakrotnie stwierdzonym ujemnym wyniku biopsji transrektalnej — w celu określenia lokalizacji nowotworu (badanie z zastosowaniem PSMA, cholicy lub octanu);
- rak gruczołu krokowego przed radykalnym leczeniem — w sytuacji, gdy istnieje podejrzenie przerzutów, a inne badania nie dają jednoznacznej odpowiedzi (badanie z zastosowaniem octanu, cholicy lub PSMA);
- rak gruczołu krokowego — w celu rozpoznania nawrotu (przerzutów) po radykalnym leczeniu (badanie z zastosowaniem PSMA, cholicy lub octanu),

- jeżeli inne badania nie pozwalają na dokonanie takiej oceny;
- rak nerki — w celu rozpoznania nawrotu (przerzutów) po radykalnym leczeniu (badanie z zastosowaniem octanu), jeżeli inne badania nie pozwalają na dokonanie takiej oceny;
 - czerniaki — u chorych z klinicznymi przerzutami do regionalnych węzłów chłonnych i potencjalnie operacyjnymi przerzutami do narządów odległych lub z potencjalnie resekcyjnym przerzutem bez ustalonego ogniska pierwotnego;
 - rak z komórek Merkla — w celu oceny zaawansowania choroby przed leczeniem oraz podczas diagnostyki wznowy lub rozsiewu;
 - mięsaki — w celu różnicowania zmian łagodnych i złośliwych oraz przed leczeniem do określenia stopnia zaawansowania i jako badanie referencyjne do oceny skuteczności chemioterapii oraz w trakcie chemioterapii (po 1–3 cyklach do porównania z wyjściowym badaniem) i w celu wczesnego wykrycia nawrotu;
 - nowotwory podścieliskowe przewodu pokarmowego (GIST) — w celu monitorowania odpowiedzi na molekularnie ukierunkowane leczenie i wykrywania nawrotu choroby;
 - nowotwory głowy i szyi — w celu wczesnego rozpoznania nawrotu i w ocenie miejscowo-regionalnego zaawansowania, jeżeli wyniki innych badań są niejednoznaczne;
 - nowotwory złośliwe mózgu — w celu wykrywania obszarów o większej złośliwości i wczesnego rozpoznania nawrotu lub określenia miejsca biopsji (wskazane wykonanie badania z zastosowaniem znakowanej fluorem tyrozyny, metioniny znakowanej węglem lub DOPA);
 - zróżnicowany rak tarczycy — w celu różnicowania i określania umiejscowienia nawrotu w przypadku wzrostu stężenia tyreoglobuliny, jeżeli inne badania nie pozwalają zlokalizować tego ogniska (niezbędne wcześniejsze wykonanie scyntygrafii ^{131}I);
 - nowotwory neuroendokrynne — w celu określenia stopnia zaawansowania i charakterystyki zmian przerzutowych z zastosowaniem radiofarmaceutyków określających ekspresję układów receptorowych oraz z zastosowaniem ^{18}F FDG, w celu określenia stopnia złośliwości, przed planowanym leczeniem znakowanymi radioizotopowo analogami somatostatyny;
 - przerzuty o nieznanym punkcie wyjścia — w celu lokalizacji zmiany pierwotnej, jeżeli nie jest to możliwe przy użyciu innych dostępnych badań;
 - podejrzenie przerzutów do kości — w przypadku, gdy wynik badania scyntygraficznego nie jest jednoznaczny;
 - planowanie radykalnej radioterapii — w celu oceny umiejscowienia ognisk żywych komórek nowotworowych, hipoksji lub proliferacji guza, jeżeli inne badania nie pozwalają na dokonanie takiej oceny.

Badanie PET-MR zalecane jest w badaniach wątroby, narządów miednicy mniejszej oraz mózgu, jeżeli spełnione są przedstawione powyżej kryteria.

Badania PET-MR zalecane jest u dzieci do 18. roku życia, jeżeli spełniają powyższe wskazania do wykonania badania PET-KT.

Piśmiennictwo

I. Ogólne

1. Kumar R., Halanaik D., Malhotra A. Clinical applications of positron emission tomography-computed tomography in oncology. *Indian J. Cancer* 2010; 47: 100–119.
2. Papathanassiou D., Bruna-Muraille C., Liehn J.-C. i wsp. Positron emission tomography in oncology: Present and future of PET and PET/CT. *Crit. Rev. Oncol. Hematol.* 2009; 72: 239–254.
3. Podoloff D.A., Ball D.W., Ben-Josef E. i wsp. NCCN task force: clinical utility of PET in a variety of tumor types. *J. Natl. Compr. Canc. Netw.* 2009; 7 (Supl. 2): S1–26.

II. Nowotwory płuca i opłucnej

1. Alberts W.M. Diagnosis and management of lung cancer executive summary: ACCP evidence-based clinical practice guidelines (2nd ed). *Chest* 2007; 132 (Supl. 3): 1S–9S.
2. Berghmans T., Dusart M., Paesmans M. i wsp. Primary tumor standardized uptake value (SUVmax) measured on fluorodeoxyglucose positron emission tomography (FDG-PET) is of prognostic value for survival in non-small cell lung cancer (NSCLC): a systematic review and meta-analysis (MA) by the European Lung Cancer Working Party for the IASLC Lung Cancer Staging Project. *J. Thorac. Oncol.* 2008; 3: 6–12.
3. Binderup T., Knigge U., Loft A. i wsp. Functional imaging of neuroendocrine tumors: a head-to-head comparison of somatostatin receptor scintigraphy, ^{123}I -MIBG scintigraphy, and ^{18}F -FDG PET. *J. Nucl. Med.* 2010; 51: 704–712.
4. Bradley J.D., Dehdashti F., Mintun M.A. i wsp. Positron emission tomography in limited-stage small-cell lung cancer: A prospective study. *J. Clin. Oncol.* 2004; 22: 3248–3254.
5. Bradley J.D., Thorstad W.L., Mutic S. i wsp. Impact of FDG-PET on radiation therapy volume delineation in non-small-cell lung cancer. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2004; 59: 78–86.
6. Brink I., Schumacher T., Mix M. i wsp. Impact of ^{18}F FDG-PET on the primary staging of small-cell lung cancer. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging* 2004; 31: 1614–1620.
7. Cheran S.K., Nielsen N.D., Patz E.F. Jr. False-negative findings for primary lung tumors on FDG positron emission tomography: staging and prognostic implications. *Am. J. Roentgenol.* 2004; 182: 1129–1132.
8. Christensen J.A., Nathan M.A., Mullan B.P., Hartman T.E., Swensen S.J., Lowe V.J. Characterization of the solitary pulmonary nodule: ^{18}F -FDG PET versus nodule-enhancement CT. *Am. J. Roentgenol.* 2006; 187: 1361–1367.
9. de Geus-Oei L.F., van der Heijden H.F., Corstens F.H., Oyen W.J. Predictive and prognostic value of FDG-PET in nonsmall-cell lung cancer: a systematic review. *Cancer* 2007; 110: 1654–1664.
10. De Wever W., Stroobants S., Coolen J., Verschakelen J.A. Integrated PET/CT in the staging of non-small cell lung cancer: technical aspects and clinical integration. *Eur. Respir. J.* 2009; 33: 201–212.
11. Dwamena M.K., Kuschner W.G., Rydzak C.E. i wsp. Test performance of positron emission tomography and computed tomography for mediastinal staging in patients with non-small cell lung cancer: a meta-analysis. *Ann. Intern. Med.* 2003; 139: 879–892.
12. Fischer B., Lassen U., Mortensen J. i wsp. Preoperative staging of lung cancer with combined PET-CT. *N. Engl. J. Med.* 2009; 361: 32–39 [Errata w: *N. Engl. J. Med.* 2011; 364: 982].
13. Fischer B.M., Mortensen J., Langer S.W. i wsp. A prospective study of PET/CT in initial staging of small-cell lung cancer: comparison with CT, bone scintigraphy and bone marrow analysis. *Ann. Oncol.* 2007; 18: 338–345.
14. Fletcher J.W., Kymes S.M., Gould M. i wsp. Cooperative Studies Group. A comparison of the diagnostic accuracy of ^{18}F -FDG PET and CT in the characterization of solitary pulmonary nodules. *J. Nucl. Med.* 2008; 49: 179–185.
15. Goodgame B., Pillot G.A., Yang Z. i wsp. Prognostic value of preoperative positron emission tomography in resected stage I non-small cell lung cancer. *J. Thorac. Oncol.* 2008; 3: 130–134.

16. Gould M.K., Kuschner W.G., Rydzak C.E. i wsp. Test performance of positron emission tomography and computed tomography for mediastinal staging in patients with non-small-cell lung cancer: a meta-analysis. *Ann. Intern. Med.* 2003; 139: 879–892.
17. Gould M.K., Maclean C.C., Kuschner W.G., Rydzak C.E., Owens D.K. Accuracy of positron emission tomography for diagnosis of pulmonary nodules and mass lesions: a meta-analysis. *JAMA* 2001; 285: 914–924.
18. Greco C., Rosenzweig K., Cascini G.L., Tamburrini O. Current status of PET/CT for tumour volume definition in radiotherapy treatment planning for non-small cell lung cancer. *Lung Cancer* 2007; 57: 125–134.
19. Kalff V., Hicks R.J., MacManus M.P. i wsp. Clinical impact of 18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in patients with non-small-cell lung cancer: a prospective study. *J. Clin. Oncol.* 2001; 19: 111–118.
20. Lardinio D., Weder W., Hany T.F. i wsp. Staging of non-small-cell lung cancer with integrated positron-emission tomography and computed tomography. *N. Engl. J. Med.* 2003; 348: 2500–2507.
21. Pieterman R.M., van Putten J.W.G., Meuzelaar J.J. i wsp. Preoperative staging of non-small cell lung cancer with positron emission tomography. *N. Engl. J. Med.* 2000; 343: 254–261.
22. Sachs S., Bilfinger T.V. The impact of positron emission tomography on clinical decision making in a university based multidisciplinary lung cancer practice. *Chest* 2005; 128: 698–703.
23. Silvestri G.A., Gould M.K., Margolis M.L. i wsp. Noninvasive staging of non-small cell lung cancer: ACCP evidence-based clinical practice guidelines (2nd ed). *Chest* 2007; 132 (Supl. 3): 178S–201S.
24. Tann M., Sandrasegaran S., Winer-Muram H.T. i wsp. Can 18F-FDG-PET be used to predict growth of stage I lung cancer? *Clin. Radiology* 2008; 63: 856–863.
25. Tournoy K.G., Maddens S., Gosselin R., Van Maele G., Van Meerbeeck J.P., Kelles A. Integrated FDG-PET/CT does not make invasive staging of the intrathoracic lymph nodes in non-small cell lung cancer redundant: a prospective study. *Thorax* 2007; 62: 696–701.
26. Vansteenkiste J.F., Stroobants S.S. PET scan in lung cancer: current recommendations and innovation. *J. Thorac. Oncol.* 2006; 1: 71–73.
27. Zwahlen D., Wyss M.T., Stumpe K.D. i wsp. Whole-Body 18F-FDG PET improves the management of patients with small cell lung cancer. *J. Nucl. Med.* 2003; 44: 1911–1917.
13. Paes F.M., Kalkanis D.G., Sideras P.A. i wsp. FDG PET/CT of extranodal involvement in non-Hodgkin lymphoma and Hodgkin disease. *Radiographics* 2010; 30: 269–291.
14. Pelosi E., Pregno P., Penna D. Role of whole-body [18F] fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography (FDG-PET/CT) and conventional techniques in the staging of patients with Hodgkin and aggressive non-Hodgkin lymphoma. *Radiol. Med.* 2008; 113: 578–590.
15. Qiao W., Zhao J., Wang C. i wsp. Predictive value of (18)F-FDG hybrid PET/CT for the clinical outcome in patients with non-Hodgkin's lymphoma prior to and after autologous stem cell transplantation. *Hematology* 2010; 15: 21–27.
16. Rigacci L., Vitolo U., Nassi L. i wsp. Positron emission tomography in the staging of patients with Hodgkin's lymphoma. A prospective multicentric study by the Intergruppo Italiano Linfomi. *Ann. Hematol.* 2007; 86: 897–903.
17. Terasawa T., Nihashi T., Hotta T. i wsp. 18F-FDG PET for posttherapy assessment of Hodgkin's disease and aggressive Non-Hodgkin's lymphoma: a systematic review. *J. Nucl. Med.* 2008; 49: 13–21.
18. Zijlstra J.M., Lindauer-van der Werf G., Hoekstra O.S. i wsp. 18F-fluoro-deoxyglucose positron emission tomography for post-treatment evaluation of malignant lymphoma: a systematic review. *Haematologica* 2006; 91: 522–529.
19. Zinzani P., Rigacci L., Stefoni V. i wsp. Early interim 18F-FDG PET in Hodgkin's lymphoma: Evaluation on 304 patients. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging* 2012; 39: 4–12.

IV. Rak jelita grubego

1. Domper M., Matute R., Martínez-Lázaro R. i wsp. 18F-FDG positron emission tomography staging and restaging in rectal cancer treated with preoperative chemoradiation. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2004; 58: 528–535.
2. Hicks R.J., Drummond E.G., Keck J. i wsp. Does positron emission tomography change management in primary rectal cancer? A prospective assessment. *Dis. Colon Rectum* 2004; 47: 451–458.
3. Huebner R.H., Park K.C., Shepherd J.E. i wsp. A metaanalysis of the literature for whole body FDG-PET Detection of Recurrent Colorectal Cancer. *J. Nucl. Med.* 2000; 41: 1171–1189.
4. Jadvar H., Alavi A., Gambhir S.S. 18F-FDG uptake in lung, breast, and colon cancers: molecular biology correlates and disease characterization. *J. Nucl. Med.* 2009; 50: 1820–1827.
5. Kinkel K., Lu Y., Both M. i wsp. Detection of hepatic metastases from cancers of the gastrointestinal tract by using noninvasive imaging methods (US, CT, MR imaging, PET): a meta-analysis. *Radiology* 2002; 224: 748–756.
6. Pasetto L.M., Rossi E., Monfardini S. Liver Metastases of Colorectal Cancer: Medical Treatments (Review). *Anticancer Res.* 2003; 23: 4245–4256.
7. Tsunoda Y., Ito M., Fujii H., Kuwano H., Saito N. Preoperative diagnosis of lymph node metastases of colorectal cancer by FDG-PET/CT. *Jpn. J. Clin. Oncol.* 2008; 38: 347–353.
8. Utzschneider C.R., Becker R., Tiling M.F. i wsp. Whole-body MRI at 1.5 T and 3 T compared with FDG-PET-CT for the detection of tumour recurrence in patients with colorectal cancer. *Eur. Radiol.* 2009; 19: 1366–1378.

V. Rak przełyku

1. Downey R.J., Akhurst T., Ilson D. i wsp. Whole Body 18F-FDG-PET and the response of esophageal cancer to induction therapy: results of a prospective trial. *J. Clin. Oncol.* 2003; 21: 428–432.
2. Heeren P.A.M., Jager P.L., Bongaerts F. i wsp. Detection of distant metastases in esophageal cancer with 18F-FDG PET. *J. Nucl. Med.* 2004; 45: 980–987.
3. Kato H., Kuwano H., Nakajima M. i wsp. Comparison between positron emission tomography and computed tomography in the use of the assessment of esophageal carcinoma. *Cancer* 2002; 94: 921–928.
4. Kneist W., Schreckenberger M., Bartenstein P. i wsp. Positron emission tomography for staging esophageal cancer: Does it lead to a different therapeutic approach? *World J. Surg.* 2003; 27: 1105–1112.
5. Noble F., Bailey D. SWCIS Upper Gastrointestinal Tumour Panel, Tung K. Byrne J.P. Impact of integrated PET/CT in the staging of oesophageal cancer: a UK population-based cohort study. *Clin. Radiol.* 2009; 64: 699–705.
6. Räsänen J.V., Sihvo E.I.T., Knuuti M.J. i wsp. Prospective analysis of accuracy of positron emission tomography, computed tomography, and endoscopic ultrasonography in staging of adenocarcinoma of the esophagus and the esophagogastric junction. *Ann. Surg. Oncol.* 2003; 10: 954–960.

III. Chłoniaki

1. Avigdor A. Staging DLBCL: Bone marrow biopsy or PET-CT? *Blood* 2013; 122: 4–5.
2. Cheson B.D. Role of functional imaging in the management of lymphoma. *J. Clin. Oncol.* 2011; 29: 1844–1854.
3. Cheson B.D., Pfistner B., Juweid M.E. Revised response criteria for malignant lymphoma. *J. Clin. Oncol.* 2007; 25: 579–586.
4. Dickinson M., Hoyt R., Roberts A.W. i wsp. Improved survival for relapsed diffuse large B cell lymphoma is predicted by a negative pre-transplant FDG-PET scan following salvage chemotherapy. *Br. J. Haematol.* 2010; 150: 39–45.
5. Derenzini E., Musuraca G., Fanti S. i wsp. Pretransplantation positron emission tomography scan is the main predictor of autologous stem cell transplantation outcome in aggressive B-cell non-Hodgkin lymphoma. *Cancer* 2008; 113: 2496–2503.
6. El-Galaly T., d'Amore F., Mylam K. i wsp. Routine bone marrow biopsy has little or no therapeutic consequence for positron emission tomography/computed tomography-staged treatment-naive patients with Hodgkin lymphoma. *J. Clin. Oncol.* 2012; 30: 4508–4514.
7. Gallamini A., Rigacci L., Merli F. i wsp. The predictive value of positron emission tomography scanning performed after two courses of standard therapy on treatment outcome in advanced stage Hodgkin's disease. *Haematologica* 2006; 91: 475–481.
8. Isasi C.R., Lu P., Blaufox M.D. A meta-analysis of 18F-2-deoxy-2-fluoro-D-glucose positron emission tomography in the staging and restaging of patients with lymphoma. *Cancer* 2005; 104: 1066–1074.
9. Itti E., Lin C., Dupuis J. i wsp. Prognostic value of interim 18F-FDG PET in patients with diffuse large B-Cell lymphoma: SUV-based assessment at 4 cycles of chemotherapy. *J. Nucl. Med.* 2009; 50: 527–533.
10. Juweid M.E., Stroobants S., Hoekstra O.S. i wsp. Use of positron emission tomography for response assessment of lymphoma: consensus of the Imaging Subcommittee of International Harmonization Project in Lymphoma. *J. Clin. Oncol.* 2007; 25: 571–578.
11. Khan A., Barrington S., Mikhaeel N. i wsp. PET-CT staging of DLBCL accurately identifies and provides new insight into the clinical significance of bone marrow involvement. *Blood* 2013; 122: 61–67.
12. MacManus M.P., Seymour J.F., Hicks R.J. Overview of early response assessment in lymphoma with FDG-PET. *Cancer Imaging* 2007; 7: 10–18.

7. Sandler A. Metabolic response evaluation by PET during neoadjuvant treatment for adenocarcinoma of the esophagus and esophagogastric junction. *Recent. Results Cancer Res.* 2010; 182: 167–177.
8. van Westreenen H.L., Heeren P.A.M., Jager P.L. i wsp. Pitfalls of positive findings in staging esophageal cancer with F-18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography. *Ann. Surg. Oncol.* 2003; 10: 1100–1105.
9. Wren S.M., Stijns P., Srinivas S. Positron emission tomography in the initial staging of esophageal cancer. *Arch. Surg.* 2002; 137: 1001–1006.
10. Young Cheol Y., Kyung Soo L., Young Mog S. i wsp. Metastasis to regional lymph nodes in patients with esophageal squamous cell carcinoma: CT versus FDG PET for presurgical detection. Prospective study. *Radiology* 2003; 227: 764–770.
11. Zhong X., Yu J., Zhang B. i wsp. Using 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography to estimate the length of gross tumor in patients with squamous cell carcinoma of the esophagus. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2009; 73: 136–141.

VI. Inne nowotwory złośliwe przewodu pokarmowego

1. Hwang K.H., Choi D.J., Lee S.Y. i wsp. Evaluation of patients with hepatocellular carcinomas using [(11)C]acetate and [(18)F]FDG PET/CT: a preliminary study. *Appl. Radiat. Isot.* 2009; 67: 1195–1198.
2. Matakı Y., Shinchi H., Kurahara H. i wsp. Clinical usefulness of FDG-PET for pancreatic cancer. *Gan To Kagaku Ryoho* 2009; 36: 2516–2520.
3. Petrowsky H., Wildbrett P., Husarik D.B. i wsp. Impact of integrated positron emission tomography and computed tomography on staging and management of gallbladder cancer and cholangiocarcinoma. *J. Hepatol.* 2006; 45: 43–50.
4. Salem N., Kuang Y., Wang F. i wsp. PET imaging of hepatocellular carcinoma with 2-deoxy-2-[18F]fluoro-D-glucose, 6-deoxy-6-[18F]fluoro-D-glucose, [1-11C]-acetate and [N-methyl-11C]-choline. *Nucl. Med. Mol. Imaging* 2009; 53: 144–156.
5. Schick V., Franzius C., Beyna T. i wsp. Diagnostic impact of 18F-FDG PET-CT evaluating solid pancreatic lesions versus endosonography, endoscopic retrograde cholangio-pancreatography with intraductal ultrasonography and abdominal ultrasound. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging* 2008; 35: 1775–1785.

VII. Rak piersi

1. Bourgeois A.C., Warren L.A., Chang T.T. i wsp. Role of positron emission tomography/computed tomography in breast cancer. *Radiol. Clin. North Am.* 2013; 51: 781–798.
2. Cintolo J.A., Tchou J., Pryma D.A. Diagnostic and prognostic application of positron emission tomography in breast imaging: emerging uses and the role of PET in monitoring treatment response. *Breast Cancer Res. Treat.* 2013; 138: 331–346.
3. Cooper K.L., Meng Y., Harnan S. i wsp. Positron emission tomography (PET) and magnetic resonance imaging (MRI) for the assessment of axillary lymph node metastases in early breast cancer: systematic review and economic evaluation. *Health Technol Assess* 2011; 15: iii–iv, 1–134.
4. Fuster D., Duch J., Paredes P. i wsp. Preoperative staging of large primary breast cancer with [18F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography compared with conventional imaging procedures. *J. Clin. Oncol.* 2008; 26: 4746–4751.
5. Gil-Rendo A., Zornoza G., Garcia-Velloso M.J. i wsp. Fluorodeoxyglucose positron emission tomography with sentinel lymph node biopsy for evaluation of axillary involvement in breast cancer. *Br. J. Surg.* 2006; 93: 707–712.
6. Hodgson N.C., Gulenchyn K.Y. Is there a role for positron emission tomography in breast cancer staging? *J. Clin. Oncol.* 2008; 26: 712–720.
7. Lee J.H. Radionuclide methods for breast cancer staging. *Semin. Nucl. Med.* 2013; 43: 294–298.
8. Niikura N., Costelloe C.M., Madewell J.E. i wsp. FDG-PET/CT compared with conventional imaging in the detection of distant metastases of primary breast cancer. *Oncologist* 2011; 16: 1111–1119.
9. Pearce R., Staff R.T., Heys S.D. The use of FDG-PET in assessing axillary lymph node status in breast cancer: a systematic review and meta-analysis of the literature. *Breast Cancer Res. Treat.* 2010; 123: 281–290.
10. Pennant M., Takwoingi Y., Pennant L. i wsp. A systematic review of positron emission tomography (PET) and positron emission tomography/computed tomography (PET/CT) for the diagnosis of breast cancer recurrence. *Health Technol. Assess.* 2010; 14: 1–103.
11. Rosen E.L., Eubank W.B., Mankoff D.A. i wsp. FDG PET, PET/CT, and breast cancer imaging. *Radiographics* 2007; 27 (Supl. 1): S215–S229.
12. Veronesi U., De Cicco C., Galimberti V.E. i wsp. A comparative study on the value of FDG-PET and sentinel node. *Ann. Oncol.* 2007; 18: 473–478.

VIII. Nowotwory układu moczowo-płciowego

1. Albers P., Bender H., Yilmaz H. i wsp. Positron emission tomography in the clinical staging of patients with Stage I and II testicular germ cell tumors. *Urology* 1999; 53: 808–811.
2. Albrecht S., Buchegger F., Soloviev D. i wsp. 11C-acetate PET in the early evaluation of prostate cancer recurrence. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging* 2007; 34: 185–196.
3. Basu S., Rubello D. PET imaging in the management of tumors of testis and ovary: current thinking and future directions. *Minerva Endocrinol.* 2008; 33: 229–256.
4. Becherer A., De Santis M., Karanikas G. i wsp. FDG PET is superior to CT in the prediction of viable tumour in post-chemotherapy seminoma residuals. *Eur. J. Radiol.* 2005; 54: 284–288.
5. Bokemeyer C., Kollmannsberger C., Oechsle K. i wsp. Early prediction of treatment response to high dose salvage chemotherapy in patients with relapsed germ cell cancer using [18F]FDG PET. *Br. J. Cancer* 2002; 86: 506–511.
6. Bokemeyer C., Kollmannsberger C., Oechsle K. i wsp. Early prediction of treatment response to high dose salvage chemotherapy in patients with relapsed germ cell cancer using [18F]FDG PET. *Br. J. Cancer* 2002; 86: 506–511.
7. Brogšitter C., Zöphel K., Kotzerke J. 18F-Choline, 11C-choline and 11C-acetate PET/CT: comparative analysis for imaging prostate cancer patients. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging* 2013; 40 (Supl. 1): S18–S27.
8. de Jong J.S., van Ginkel R.J., Slart R.H. i wsp. FDG-PET probe-guided surgery for recurrent retroperitoneal testicular tumor recurrences. *Eur. J. Surg. Oncol.* 2010; 36: 1092–1095.
9. De Santis M., Becherer A., Bokemeyer C. i wsp. 2-18fluoro-deoxy-D-glucose positron emission tomography is a reliable predictor for viable tumor in postchemotherapy seminoma: an update of the prospective multicentric SEMPET trial. *J. Clin. Oncol.* 2004; 22: 1034–1039.
10. De Santis M., Bokemeyer C., Becherer A. i wsp. Predictive impact of 2-18fluoro-2-deoxy-D-glucose positron emission tomography for residual post chemotherapy masses in patients with bulky seminoma. *J. Clin. Oncol.* 2001; 19: 3740–3744.
11. Ehrlich Y., Brames M.J., Beck S.D. i wsp. Long-term follow-up of Cisplatin combination chemotherapy in patients with disseminated nonseminomatous germ cell tumors: is a postchemotherapy retroperitoneal lymph node dissection needed after complete remission? *J. Clin. Oncol.* 2010; 28: 531–536.
12. Even-Sapir E., Mishani E., Flusser G. i wsp. 18F-fluoride positron emission tomography and positron emission tomography/computed tomography. *Semin. Nucl. Med.* 2007; 37: 462–469.
13. Fanti S., Nanni C., Ambrosini V. i wsp. PET in genitourinary tract cancers. *Q. J. Nucl. Med. Mol. Imaging* 2007; 51: 260–271.
14. Gadducci A., Cosio S., Zola P. i wsp. Surveillance procedures for patients treated for epithelial ovarian cancer: a review of the literature. *Int. J. Gynecol. Cancer* 2007; 17: 21–31.
15. Graafland N.M., Leijte J.A., Valdés Olmos R.A. i wsp. Scanning with 18F-FDG-PET/CT for detection of pelvic nodal involvement in inguinal node-positive penile carcinoma. *Eur. Urol.* 2009; 56: 339–345.
16. Hain S.F., O'Doherty M.J., Timothy A.R. i wsp. Fluorodeoxyglucose PET in the initial staging of germ cell tumours. *Eur. J. Nucl. Med.* 2000; 27: 590–594.
17. Karapetis C.S., Strickland A.H., Yip D. i wsp. Use of fluorodeoxyglucose positron emission tomography scans in patients with advanced germ cell tumour following chemotherapy: single-centre experience with long-term follow up. *Intern. Med. J.* 2003; 33: 427–435.
18. Kochhar R., Taylor B., Sangar V. Imaging in primary penile cancer: current status and future directions. *Eur. Radiol.* 2010; 20: 36–47.
19. Kollmannsberger C., Oechsle K., Dohmen B.M. i wsp. Prospective comparison of [18F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography with conventional assessment by computed tomography scans and serum tumor markers for the evaluation of residual masses in patients with nonseminomatous germ cell carcinoma. *Cancer* 2002; 94: 2353–2362.
20. Lai C.H., Yen T.C., Chang T.C. Positron emission tomography imaging for gynecologic malignancy. *Curr. Opin. Obstet. Gynecol.* 2007; 19: 37–41.
21. Lassen U., Daugaard G., Eigtved A. i wsp. Whole body FDG-PET in patients with stage I nonseminomatous germ cell tumours. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging* 2003; 30: 396–402.
22. Leskinen S., Elomaa I., Minn H. i wsp. Detection of residual tumours in post chemotherapy testicular cancer by FDG-PET. *Eur. J. Cancer* 1997; 33: 1234–1241.
23. Lumbroso J., Theodore C., Foehrenbach H. i wsp. Fluorodeoxyglucose (FDO) positron emission tomography (PET) in testicular germ cell tumors in adults: preliminary French clinical evaluation, development

- of the technique and its clinical applications. *Prog. Urol.* 2000; 10: 1190–1199.
24. O'Doherty M.J., Timothy A.R., Leslie M.D. i wsp. Fluorodeoxyglucose positron emission tomography in the evaluation of germ cell tumours at relapse. *Br. J. Cancer* 2000; 83: 863–869.
 25. Oyama N., Okazawa H., Kusukawa N. i wsp. 11C-Acetate PET imaging for renal cell carcinoma. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging* 2009; 36: 422–427.
 26. Park J.W., Jo M.K., Lee H.M. i wsp. Significance of 18F-fluorodeoxyglucose positron-emission tomography/computed tomography for the postoperative surveillance of advanced renal cell carcinoma. *BJU Int.* 2009; 103: 615–619.
 27. Picchio M., Treiber U., Beer A.J. i wsp. Value of 11C-Choline PET and contrast-enhanced CT for staging of bladder cancer: correlation with histopathologic findings. *J. Nucl. Med.* 2006; 47: 938–944.
 28. Reske S.N., Blumstein N.M., Neumaier B. i wsp. Imaging Prostate Cancer with 11C-Choline PET/CT. *J. Nucl. Med.* 2006; 47: 1249–1254.
 29. Rufini V., Calcagni M.L., Baum R.P. Imaging of neuroendocrine tumors. *Semin. Nucl. Med.* 2006; 36: 228–247.
 30. Sephens A.W., Gonin R., Hutchins G.D. i wsp. Positron emission tomography evaluation of residual radiographic abnormalities in post chemotherapy germ cell tumor patients. *J. Clin. Oncol.* 1996; 14: 1637–1641.
 31. Spermon J.R., De Geus-Oei L.F., Kiemeneij L.A.L.M. i wsp. The role of 18fluoro-2-deoxyglucose positron emission tomography in initial staging and re-staging after chemotherapy for testicular germ cell tumors. *BJU Int.* 2002; 89: 549–556.
 32. Wachter S., Tomek S., Kurtaran A. i wsp. 11C-Acetate positron emission tomography imaging and image fusion with computed tomography and magnetic resonance imaging in patients with recurrent prostate cancer. *J. Clin. Oncol.* 2006; 24: 2513–2519.
 33. Wildberger J.E., Borchers H., Zimny M. i wsp. Does positron emission tomography using 18-fluoro-2-deoxyglucose improve clinical staging of testicular cancer? Results of a study in 50 patients. *Urology* 1999; 54: 900–904.
 34. Yang Z., Cheng J., Pan L., Hu S. i wsp. Is whole-body fluorine-18 fluorodeoxyglucose PET/CT plus additional pelvic images (oral hydration-voiding-refilling) useful for detecting recurrent bladder cancer? *Ann. Nucl. Med.* 2012; 26: 571–577.
- IX. Czerniaki**
1. Barsky M., Cherkassky L., Vezeridis M., Miner T.J. The role of preoperative positron emission tomography/computed tomography (PET/CT) in patients with high-risk melanoma. *J. Surg. Oncol.* 2014; 109: 726–729.
 2. Bastiaannet E., Oyen W.J., Meijer S. i wsp. Impact of [18F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography on surgical management of melanoma patients. *Br. J. Surg.* 2006; 93: 243–249.
 3. Bastiaannet E., Uyl-de Groot C.A., Brouwers A.H. i wsp. Cost-effectiveness of adding FDG-PET or CT to the diagnostic work-up of patients with stage III melanoma. *Ann. Surg.* 2012; 255: 771–776.
 4. Bourgeois A.C., Chang T.T., Fish L.M., Bradley Y.C. Positron emission tomography/computed tomography in melanoma. *Radiol. Clin. North Am.* 2013; 51: 865–879.
 5. El-Maraghi R.H., Kielar A.Z. PET vs sentinel lymph node biopsy for staging melanoma: a patient intervention, comparison, outcome analysis. *J. Am. Coll. Radiol.* 2008; 5: 924–931.
 6. Gulec S.A., Faries M.B., Lee C.C. i wsp. The role of fluorine-18 deoxyglucose positron emission tomography in the management of patients with metastatic melanoma: impact on surgical decision making. *Clin. Nucl. Med.* 2003; 28: 961–965.
 7. Krug B., Crott R., Lonneux M. i wsp. Role of PET in the initial staging of cutaneous malignant melanoma: systematic review. *Radiology* 2008; 249: 836–844.
 8. Oberholzer P.A., Urošević M., Steinert H.C. i wsp. Baseline staging of melanoma with unknown primary site: the value of serum s100 protein and positron emission tomography. *Dermatology* 2008; 217: 351–355.
 9. Römer W., Nömayr A., Greess H. i wsp. Retrospective interactive rigid fusion of (18)F-FDG-PET and CT. Additional diagnostic information in melanoma patients. *Nuklearmedizin* 2006; 45: 88–95.
 10. Singh B., Ezziddin S., Palmado H. i wsp. Preoperative 18F-FDG-PET/CT imaging and sentinel node biopsy in the detection of regional lymph node metastases in malignant melanoma. *Melanoma Res.* 2008; 18: 346–352.
 11. Veit-Haibach P., Vogt F.M., Jablonka R. i wsp. Diagnostic accuracy of contrast-enhanced FDG-PET/CT in primary staging of cutaneous malignant melanoma. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging* 2009; 36: 910–918.
 12. Wagner T., Meyer N., Zerdoud S. i wsp. Fluorodeoxyglucose positron emission tomography fails to detect distant metastases at initial staging of melanoma patients with metastatic involvement of sentinel lymph node. *Br. J. Derm.* 2011; 164: 1235–1240.
- X. Mięsaki tkanek miękkich i kości**
1. Antoch G., Kanja J., Bauer S. i wsp. Comparison of PET, CT, and dual-modality PET/CT imaging for monitoring of imatinib (STI571) therapy in patients with gastrointestinal stromal tumors. *J. Nucl. Med.* 2004; 45: 357–365.
 2. Bastiaannet E., Groen H., Jager P.L. i wsp. The value of FDG PET in the detection, grading and response to therapy of soft tissue and bone sarcomas; a systematic review and meta-analysis. *Cancer Treat. Rev.* 2004; 30: 83–101.
 3. Choi H., Charnsangavej Ch., Faria S.C. i wsp. Correlation of computed tomography and positron emission tomography in patients with metastatic gastrointestinal stromal tumor treated at a single institution with imatinibmesylate: proposal of new computed tomography response criteria. *J. Clin. Oncol.* 2007; 25: 1753–1759.
 4. Costelloe C.M., Chuang H.H., Madewell J.E. FDG PET/CT of primary bone tumors. *Am. J. Roentgenol.* 2014; 202: 521–531.
 5. Franzius C., Sciuk J., Brinkschmidt C. i wsp. Evaluation of chemotherapy response in primary bone tumors with F-18 FDG positron emission tomography compared with histologically assessed tumor necrosis. *Clin. Nucl. Med.* 2000; 25: 874–881.
 6. Gayed I., Vu T., Iyer R. i wsp. The role of 18F-FDG PET in staging and early prediction of response to therapy of recurrent gastrointestinal stromal tumors. *J. Nucl. Med.* 2004; 45: 17–21.
 7. Goerres G.W., Stupp R., Barghouth G. i wsp. The value of PET, CT and in-line PET/CT in patients with gastrointestinal stromal tumours: long-term outcome of treatment with imatinibmesylate. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging* 2005; 32: 153–162.
 8. Hawkins D.S., Schuetze S.M., Butrynski J.E. i wsp. [18F]Fluorodeoxyglucose positron emission tomography predicts outcome for Ewing sarcoma family of tumors. *J. Clin. Oncol.* 2005; 23: 8828–8834.
 9. Holdsworth C.H., Badawi R.D., Manola J.B. i wsp. CT and PET: Early prognostic indicators of response to imatinibmesylate in patients with gastrointestinal stromal tumor. *Am. J. Roentgenol.* 2007; 189: 324–330.
 10. Jager P.L., Gietema J., Avan der Graaf W.T. Imatinibmesylate for the treatment of gastrointestinal stromal tumours: best monitored with FDG PET. *Nucl. Med. Commun.* 2004; 25: 433–438.
 11. Khamly K.K., Hicks R.J., McArthur G.A. i wsp. The promise of PET in clinical management and as a sensitive test for drug cytotoxicity in sarcomas. *Expert Rev. Mol. Diagn.* 2008; 8: 105–119.
 12. Lisle J.W., Eary J.F., O'Sullivan J. i wsp. Risk assessment based on FDG-PET imaging in patients with synovial sarcoma. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2009; 467: 1605–1611.
 13. McAuliffe J.C., Hunt K.K., Lazar A.J.F. i wsp. A randomized, phase II study of preoperative plus postoperative imatinib in GIST: evidence of rapid radiographic response and temporal induction of tumor cell apoptosis. *Ann. Surg. Oncol.* 2009; 16: 910–919.
 14. Prior J.O., Montemurro M., Orcuro M.-V. i wsp. Early prediction of response to sunitinib after imatinib failure by 18F-Fluorodeoxyglucose positron emission tomography in patients with gastrointestinal stromal tumor. *J. Clin. Oncol.* 2008; 27: 439–445.
 15. Schuetze S.M. Utility of positron emission tomography in sarcomas. *Curr. Opin. Oncol.* 2006; 18: 369–373.
 16. Schwarzbach M.H., Hinz U., Dimitrakopoulou-Strauss A. i wsp. Prognostic significance of preoperative [18-F] fluorodeoxyglucose (FDG) positron emission tomography (PET) imaging in patients with resectable soft tissue sarcomas. *Ann. Surg.* 2005; 241: 286–294.
 17. Stroobants S., Goeminne J., Seegers M. i wsp. 18F-FDG-Positron emission tomography for the early prediction of response in advanced soft tissue sarcoma treated with imatinibmesylate. *Eur. J. Cancer* 2003; 39: 2012–2020.
 18. Toner G.C., Hicks R.J. PET for sarcomas other than gastrointestinal stromal tumors. *Oncologist* 2008; 13 (Supl. 2): S22–S26.
- XI. Nowotwory głowy i szyi**
1. Bussink J., van Herpen C.M., Kaanders J.H. i wsp. PET-CT for response assessment and treatment adaptation in head and neck cancer. *Lancet Oncol.* 2010; 11: 661–669.
 2. Graham M.M., Hoffman H.T., Smith R.B. i wsp. The role of post-radiation therapy FDG PET in prediction of necessity for post-radiation therapy neck dissection in locally advanced head-and-neck squamous cell carcinoma. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2004; 59: 1001–1010.
 3. Kwee R.M. Prediction of tumor response to neoadjuvant therapy in patients with esophageal cancer with use of 18F FDG PET: a systematic review. *Radiology* 2010; 254: 707–717.
 4. Mehanna H.M., Wong W.L., McConkey C.C. i wsp. PET-NECK: a multicentre, randomized, phase III trial comparing PET-CT guided active surveillance with planned neck dissection for locally advanced (N2/N3) nodal metastases in patients with head and neck squamous cell cancer treated with primary radical chemoradiotherapy. *J. Clin. Oncol.* 2015; 33 (Supl.): a6009.

5. Schöder H., Fury M., Lee N. PET monitoring of therapy response in head and neck squamous cell carcinoma. *J. Nucl. Med.* 2009; 50 (Supl. 1): S74–S88.
6. Troost E.G., Schinagl D.A., Bussink J. i wsp. Clinical evidence on PET-CT for radiation therapy planning in head and neck tumours. *Radiother. Oncol.* 2010; 96: 328–334.
7. Troost E.G., Schinagl D.A., Bussink J. i wsp. Innovations in radiotherapy planning of head and neck cancers: role of PET. *J. Nucl. Med.* 2010; 51: 66–76.
8. Wong R.J. Current status of FDG-PET for head and neck cancer. *J. Surg. Oncol.* 2008; 97: 649–652.

XII. Nowotwory ośrodkowego układu nerwowego

1. Benard F., Romsa J., Hustinx R. Imaging gliomas with positron emission tomography and single-photon emission computed tomography. *Semin. Nucl. Med.* 2003; 33: 148–162.
2. Ceysens S., van Laere K., de Groot T. i wsp. [11C]Methionine PET, histopathology and survival in primary brain tumors and recurrence. *AJNR* 2006; 27: 1432–1437.
3. Chen W., Silverman D.H.S. Advances in evaluation of primary brain tumors. *Semin. Nucl. Med.* 2008; 38: 240–250.
4. Feldman S.C., Chu D., Schulder M. i wsp. The blood oxygen level-dependent functional MR imaging signal can be used to identify brain tumors and distinguish them from normal tissue. *AJNR* 2009; 30: 389–395.
5. Gómez-Río M., Rodríguez-Fernández A., Ramos-Font C. i wsp. Diagnostic accuracy of 201Thallium-SPECT and 18F-FDG-PET in the clinical assessment of glioma recurrence. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging* 2008; 35: 966–975.
6. Hatakeyama T., Kawai N., Nishiyama Y. i wsp. 11C-methionine (MET) and 18F-fluorothymidine (FLT) PET in patients with newly diagnosed glioma. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging* 2008; 11: 2009–2017.
7. Kato T., Shinoda J., Nakayama N. i wsp. Metabolic assessment of gliomas using 11C-Methionine, [18F] Fluorodeoxyglucose, and 11C-Choline positron-emission tomography. *AJNR* 2008; 29: 1176–1182.
8. Kato T., Shinoda J., Oka N. i wsp. Analysis of 11C-methionine uptake in low-grade gliomas and correlation with proliferative activity. *AJNR* 2008; 29: 1867–1871.
9. Kosaka N., Tsuchida T., Uematsu H. i wsp. 18F-FDG PET of common enhancing malignant brain tumors. *Am. J. Roentgenol.* 2008; 190: 365–369.
10. Majos C., Aguilera C., Alonso J. i wsp. Proton MR spectroscopy improves discrimination between tumor and pseudotumoral lesion in solid brain masses. *AJNR* 2009; 30: 544–551.
11. Noguchi T., Yoshiura T., Hiwatashi A. i wsp. Perfusion imaging of brain tumors using arterial spin labeling: correlation with histopathologic vascular density. *AJNR* 2008; 29: 689–693.
12. Pinker K., Noebauer-Huhmann I.M., Stavrou I. i wsp. High-resolution contrast-enhanced, susceptibility-weighted MR imaging at 3T in patients with brain tumors: Correlation with positron-emission tomography and histopathologic findings. *AJNR* 2007; 28: 1280–1286.
13. Sadeghi N., Salmon I., Decaestecker C. i wsp. Stereotactic comparison among cerebral blood volume, methionine uptake, and histopathology in brain glioma. *AJNR* 2007; 28: 455–461.
14. Schiepers Ch., Chen W., Dahlbom M. i wsp. 18F-fluorothymidine kinetics of malignant brain tumors. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging* 2007; 7: 1003–1011.
15. Suchorska B., Tonn J.C., Jansen N.L. PET imaging for brain tumor diagnostics. *Curr. Opin. Neurol.* 2014; 27: 683–688.
16. Wong T.Z., van der Westhuizen G.J., Coleman R.E. Positron emission tomography imaging of brain tumors. *Neuroimaging Clin. N. Am.* 2002; 12: 615–626.

XIII. Rak tarczycy

1. Brandt-Mainz K., Muller S.P., Gorges R. i wsp. The value of 18F-FDG in patients with medullary thyroid cancer. *Eur. J. Nucl. Med.* 2000; 27:490–496.
2. Conti P.S., Durski J.M., Bacqai F. i wsp. Imaging of locally recurrent and metastatic thyroid cancer with PET. *Thyroid* 1999; 9: 797–804.
3. Dietlein M., Scheidhauer K., Voth E. i wsp. Fluorine-18fluorodeoxyglucose positron emission tomography and iodine-131 Whole-body scintigraphy in the follow up of differentiated thyroid cancer. *Eur. J. Nucl. Med.* 2007; 24: 1342–1348.
4. Giammarile F., Hafdi Z., Bournaud C. i wsp. Is [18F]-2-fluoro-2-deoxy-d-glucose (FDG)scintigraphy with non-dedicated positron emission tomography useful in the diagnostic management of suspected metastatic thyroid carcinoma in patients with no detectable radioiodine uptake? *Eur. J. Endocrinol.* 2003; 149: 293–300.
5. Grunwald F., Menzel C., Bender H. i wsp. Comparison of 18F-FDG-PET. *Thyroid* 1997; 7: 327–335.
6. Helal B.O., Merlet P., Toubert M.E. i wsp. Clinical impact of 18F-FDG PET in thyroid carcinoma patients with elevated thyroglobulin levels and negative 131I scanning results after therapy. *J. Nucl. Med.* 2001; 42: 1464–1469.
7. Muros M.A., Llamas-Elvira J.M., Ramirez-Navarro A. i wsp. Utility of 18F-FDG in differentiated thyroid carcinoma with negative radioiodine scans and elevated serum thyroglobulin levels. *Am. J. Surg.* 2000; 179: 457–461.
8. Wu H.S., Huang W.S., Liu Y.C. i wsp. Comparison of FDGPET and technetium-99m MIBI SPECT to detect metastatic cervical lymph nodes in well-differentiated thyroid carcinoma with elevated serum HTG but negative I-131 whole body scan. *Anticancer Res.* 2003; 23: 4235–4238.

XIV. Przerzut o nieznanym punkcie wyjścia

1. Alberini J.L., Belhocine T., Hustinx R. i wsp. Whole-body positron emission tomography using fluorodeoxyglucose in patients with metastases of unknown primary tumours (CUP syndrome). *Nucl. Med. Commun.* 2003; 24: 1081–1086.
2. Fogarty G.B., Peters L.J., Stewart J. i wsp. The usefulness of fluorine 18-labelled deoxyglucose positron emission tomography in the investigation of patients with cervical lymphadenopathy from an unknown primary tumor. *Head Neck* 2003; 25: 138–145.
3. Johansen J., Eigtved A., Buchwald C. i wsp. Implication of 18F-fluoro-2-deoxy-D-glucose positron emission tomography on management of carcinoma of unknown primary in the head and neck: a Danish cohort study. *Laryngoscope* 2002; 112: 2009–2014.
4. Klee B., Law I., Højgaard L. i wsp. Detection of unknown primary tumours in patients with cerebral metastases using whole-body 18F fluorodeoxyglucose positron emission tomography. *Eur. J. Neurology* 2002; 9: 657–662.
5. Stoeckli S.J., Mosna-Firlejczyk K., Goerres G.W. Lymph node metastasis of squamous cell carcinoma from an unknown primary: impact of positron emission tomography. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging* 2000; 30: 411–416.
6. Wong W.L., Saunders M. The Impact of FDG PET on the management of occult primary head and neck tumours. *Clin. Oncol.* 2003; 15: 461–466.