

Planowanie radioterapii z wykorzystaniem pozytonowej tomografii emisyjnej u chorych na niedrobnokomórkowego raka płuca

Aleksandra Lewandowska¹, Wiesława Windorbska¹, Tomasz Morgaś²

Wstęp. Obrazowanie metodą pozytonowej tomografii emisyjnej istotnie zwiększa dokładność oceny stopnia zaawansowania klinicznego u chorych na niedrobnokomórkowego raka płuca (NRP). Celem pracy było wykazanie różnic w konturowaniu obszarów tarczowych GTV wyznaczanych na podstawie obrazów tomografii komputerowej oraz fuzji obrazów PET/CT w procesie planowania radioterapii u chorych na NRP.

Materiał i metody. W analizie retrospektywnej wykorzystano wyniki badań diagnostycznych PET/CT przeprowadzonych od września 2003 do lipca 2005, wykonanych u 20 chorych z rozpoznaniem NRP. Badania przeprowadzono na zintegrowanym skanerze PET/CT Biograph SL (Siemens) w celu ustalenia stopnia zaawansowania klinicznego, w uzupełnieniu do badań konwencjonalnych. W pierwszym etapie badania wykonywano spiralną tomografię komputerową, następnie bez zmiany ułożenia chorego przeprowadzono badanie FDG-PET. Do celów dalszej analizy retrospektywnej uzyskane obrazy PET i CT przesyłano do systemu planowania radioterapii Eclipse 7.1 i dokonywano fuzji na podstawie wspólnego punktu odniesienia (DICOM ORIGIN). W pierwszym etapie konturowano obszary tarczowe GTV wyłącznie na podstawie obrazów CT. W obręb GTV/CT włączano guz nowotworowy oraz węzły chłonne śródpiersia przekraczające 10 mm w największym wymiarze. W drugim etapie konturowano obszary GTV wykorzystując fuzję obrazów PET i CT. W obszarach GTV/PET zawarte były ogniska patologicznego wychwyty glukozy, którym odpowiadała widoczna w badaniu CT masa guza pierwotnego i zmienione przezrutowo węzły chłonne oraz wszystkie powiększone węzły chłonne śródpiersia, niezależnie od nasilenia gromadzenia znacznika FDG.

Wyniki. Włączenie fuzji obrazów PET/CT w proces konturowania obszarów tarczowych doprowadziło do zmiany wielkości tych obszarów u wszystkich włączonych do analizy chorych. Zmniejszenie wielkości GTV/PET odnotowane u 16 chorych (I grupa) wynikało z możliwości zróżnicowania nacieku nowotworowego z obszarem niedodmy, zwłóknienia, płynu oraz przemieszczonych struktur śródpiersia. Średnia różnica objętości pomiędzy GTV/CT i GTV/PET wynosiła w tej grupie 53 cm³ (od 0,3 cm³ do 148 cm³), co stanowiło 45% (od 3% do 82%) w odniesieniu do wartości wyjściowej GTV/CT. Spośród I grupy, u 14 chorych zmiany przekraczały 17% objętości GTV/CT. U pozostałych 4 chorych wynik badania FDG-PET wpłynął na wzrost objętości GTV/PET z uwagi na wykrycie dodatkowych zajętych grup węzłów chłonnych śródpiersia. Średnia różnica objętości pomiędzy GTV/CT i GTV/PET wynosiła w tej grupie chorych 18 cm³ (od 9 cm³ do 35 cm³), co stanowiło 32% (od 10% do 80%) w stosunku do objętości wyjściowej GTV/CT.

Wnioski. Pozytonowa tomografia emisyjna nie zastępuje morfologicznych badań obrazowych ale dostarcza dodatkowych informacji o charakterze zmian patologicznych. Wykorzystanie fuzji obrazów PET/CT w procesie planowania radioterapii u chorych na NRP ma znaczący wpływ na objętość obszarów tarczowych GTV.

Słowa kluczowe: planowanie radioterapii, pozytonowa tomografia emisyjna, niedrobnokomórkowy rak płuca

Wstęp

Badania izotopowe obrazujące metabolizm struktur anatomicznych od dawna były wykorzystywane w diagnostyce onkologicznej. W latach 70. i 80. badania pozytonową tomografią emisyjną pozostawały w tle anatomicznych badań obrazowych metodą tomografii komputerowej lub rezonansu magnetycznego, z uwagi na swoją niską roz-

dzielczość oraz trudności techniczne związane z krótkim czasem półtrwania znaczników izotopowych. Początek lat 90. przyniósł przełom w wykorzystaniu badań PET wraz z wprowadzeniem do użycia znacznika 18-F-fluorodeoksyglukozy (FDG) – znakowanego izotopem fluoru metabolitu glukozy.

Wartość badania FDG-PET w diagnozowaniu i stopniowaniu niedrobnokomórkowego raka płuca była przedmiotem licznych badań klinicznych od połowy lat 90. Czułość i swoistość badania FDG-PET w różnicowaniu zmian złośliwych w płucach wykrytych w tomografii komputerowej wynosi odpowiednio od 93% do 100% oraz od 63% do 90% [1-3]. Tak wysoka czułość badania świadczy o bar-

¹ Zakład Teleradioterapii

² Zakład Fizyki Medycznej
Centrum Onkologii w Bydgoszczy

dzo niskim ryzyku występowania zmiany złośliwej w obszarze pozbawionym patologicznego gromadzenia znacznika. Przyczyną wyników fałszywie dodatnich są najczęściej swoiste lub nieswoiste nacieki zapalne w płucach. Badanie FDG-PET przynosi również postęp w rozpoznawaniu przerzutów do węzłów chłonnych śródpiersia u chorych z NRP. W publikacji Vansteenkiste czułość badania PET i CT wynosiła odpowiednio 89% i 79%, swoistość 99% dla PET i 54% dla CT [4]. Podobne wyniki uzyskano w badaniu Pietermana [5]. Czułość PET i CT wynosiła odpowiednio 91% i 75%, swoistość – 86% oraz 66%. Wyniki badań PET i CT w obu badaniach były weryfikowane histopatologicznie, a różnice były znamienne statystycznie. Dodatkową korzyścią z pozytonowej tomografii emisyjnej jest możliwość obrazowania całego ciała, co przyczynia się do wykrycia nieoczekiwanych przerzutów odległych w grupie od 19% do 29% badanych chorych [6, 7]. W efekcie, wyniki pozytonowej tomografii emisyjnej wpływają na zmianę stopnia zaawansowania w zakresie klasyfikacji TNM, ustalonej na podstawie konwencjonalnych badań diagnostycznych w grupie od 30% do 41% chorych [6, 7]. Prowadzi to do zmiany taktyki leczenia, według badania „Onko-PET III” – u 18 % chorych [8].

Planowanie radioterapii z wykorzystaniem fuzji obrazów PET i CT stosowano dotychczas w przypadkach nowotworów regionu głowy i szyi, raków odbytu i odbytnicy oraz nowotworów narządu rodowego. Jednakże większość analiz dotyczy niedrobnokomórkowego raka płuca, głównie z uwagi na niekwestionowany postęp, jaki dokonał się w zakresie diagnostyki tego nowotworu wraz z wprowadzeniem badań FDG-PET.

Cel

Celem pracy było wykazanie różnic w konturowaniu obszarów tarczowych GTV wyznaczanych na podstawie obrazów tomografii komputerowej oraz fuzji obrazów PET/CT w procesie planowania radioterapii u chorych na niedrobnokomórkowego raka płuca.

Materiał i metody

W analizie retrospektywnej wykorzystano wyniki badań PET/CT wykonanych u 20 chorych z rozpoznaniem niedrobnokomórkowego raka płuca. Diagnostykę PET/CT przeprowadzono w okresie od września 2003 r. do lipca 2005 r. w Zakładzie Medycyny Nuklearnej Centrum Onkologii w Bydgoszczy. Badania wykonano w celu ustalenia stopnia zaawansowania klinicznego, w uzupełnieniu do badań konwencjonalnych (tomografia komputerowa klatki piersiowej, bronchoskopia, ultrasonografia jamy brzusznej, badania laboratoryjne). U wszystkich chorych wyniki badań CT klatki piersiowej nie pozwalały na jednoznaczne określenie zaawansowania miejscowego. Analizie poddano 18 mężczyzn i 2 kobiety. Średnia wieku chorych wynosiła 60 lat. U wszystkich chorych obecność nowotworu złośliwego potwierdzono badaniem histopatologicznym wycinka ze zmiany w oskrzeli, uzyskanego drogą bronchoskopii. U 14 chorych rozpoznano utkanie raka płaskonabłonkowego, u 4 – raka gruczołowego, u 2 chorych postać niedrobnokomórkowego raka płuca – bez określenia typu. Stopień zaawansowania klinicznego według klasyfikacji TNM podano na podstawie wyników badań konwencjonalnych (Tab. I). W badanej grupie u 10 chorych przeprowadzono radykalne leczenie operacyjne, u 3 chorych poprzedzone chemioterapią. Radioterapię radykalną zastosowano u 5 chorych, w 3 przypadkach skojarzoną z chemioterapią. Pozostałych 5 chorych otrzymało leczenie paliatywne. U 6 chorych diagnostykę PET/CT wykonano w celu oceny stopnia remisji po chemioterapii neoadiuwantowej, u 2 chorych -z uwagi na podejrzenie wznowy w okresie 12 i 46 miesięcy po leczeniu operacyjnym.

Tab. I. Charakterystyka badanej grupy chorych

Chory/Nr	Wiek/płeć	H-P	TNM	Leczenie przed badaniem PET/CT
1	78/M	<i>ca non-micro</i>	T4N2M0	brak
2	69/M	<i>ca non-micro</i>	T3N0M0	CHTHx6
3	55/K	<i>adenoca</i>	T2N2M1	lobektomia, RT50Gy, CHTHx6, wznowa
4	51/M	<i>ca plano</i>	T2N2M0	brak
5	75/M	<i>adenoca</i>	T2N0M0	brak
6	57/M	<i>ca plano</i>	T4N2M0	brak
7	63/M	<i>ca plano</i>	T4N3M0	brak
8	58/K	<i>ca plano</i>	T2N0M0	lobektomia, wznowa
9	57/M	<i>ca plano</i>	T2N2M0	brak
10	55/M	<i>ca plano</i>	T2N2M0	brak
11	46/M	<i>adenoca</i>	T2N2M0	CHTHx3
12	53/M	<i>adenoca</i>	T1N0M0	brak
13	62/M	<i>ca plano</i>	T4N1M0	brak
14	64/M	<i>ca plano</i>	T2N2M0	brak
15	55/M	<i>ca plano</i>	T1N2M0	CHTHx3
16	58/M	<i>ca plano</i>	T3N2M0	CHTHx3
17	64/M	<i>ca plano</i>	T3N2M0	brak
18	58/M	<i>ca plano</i>	T2N2M0	CHTHx4
19	66/M	<i>ca plano</i>	T3N2M0	CHTHx3
20	50/M	<i>ca plano</i>	T3N2M0	CHTHx6

Badania wykonano na zintegrowanym skanerze PET/CT Biograph SL (Siemens). Przed badaniem chorzy otrzymywali dożylną iniekcję preparatu ^{18}F -fluorodeoksyglukozy w dawce 4,5-5 MBq/kg.c.c. W pierwszym etapie wykonywano spiralną tomografię komputerową bez kontrastu, od wysokości sklepienia czaszki do połowy długości kości udowych. W drugim etapie, bez zmiany ułożenia chorego, przeprowadzono badanie PET obejmując ten sam obszar w 4-5 pozycjach głowy. Po uzyskaniu fuzji obrazów czynnościowych PET i morfologicznych CT wynik badania był analizowany przez lekarzy, specjalistów medycyny nuklearnej.

Do celów dalszej analizy retrospektywnej uzyskanych badań diagnostycznych, opracowane obrazy PET i CT przesyłano do systemu planowania Eclipse 7.1 za pomocą protokołów DICOM RT. Obrazy PET były rejestrowane na obrazy CT na podstawie wspólnego punktu odniesienia (DICOM ORIGIN). Konturowanie obszarów tarczowych odbywało się na platformie obrazów CT, na które naniesiono obrazy PET. W pierwszym etapie analizy obszary GTV konturowano wyłącznie na podstawie obrazów tomografii komputerowej. W obręb GTV/CT włączano widoczny guz nowotworowy oraz węzły chłonne śródpiersia przekraczające 10 mm w największym wymiarze. W drugim etapie konturowania obszary oznaczone jako GTV/PET wyznaczano na podstawie fuzji obrazów PET i CT. W obszarach GTV/PET zawarte były ogniska nieprawidłowej utylizacji glukozy, którym odpowiadała widoczna w tomografii komputerowej masa guza pierwotnego i zmienione przerzutowo węzły chłonne oraz wszystkie węzły chłonne śródpiersia spełniające kryteria zajętych przerzutowo, o największym wymiarze przekraczającym 10 mm, niezależnie od nasilenia gromadzenia znacznika. W obu przypadkach, dodatkowo wykorzystywano dane kliniczne oraz wyniki innych badań dodatkowych.

Wykorzystując system planowania Eclipse, w pracy dokonano pomiarów objętości wielkości GTV/CT, GTV/PET oraz wyznaczono ich różnicę. Ponadto wyznaczono objętość wspólna

dla tych wielkości, opisującą stopień pokrywania się obszaru GTV/CT z obszarem zmodyfikowanym badaniem PET/CT.

Wyniki

Włączenie fuzji obrazów PET/CT w proces konturowania obszarów GTV doprowadziło do zmiany wielkości tych obszarów u wszystkich włączonych do analizy chorych (Tab. II). Zmniejszenie wielkości GTV/PET odnotowane u 16 chorych (I grupa) wynikało z możliwości zróżnicowania aktywnego metabolicznie nacieku nowotworowego z obszarem niedodmy, zwłóknienia, płynu oraz przemieszczonych struktur śródpiersia. Średnia różnica objętości obliczona pomiędzy wielkością GTV/CT i GTV/PET wynosiła w tej grupie chorych 53 cm^3 (od $0,3 \text{ cm}^3$ do 148 cm^3), co stanowiło 45% (od 3% do 82%) w odniesieniu do wartości wyjściowej GTV/CT. Spośród I grupy, u 14 chorych zmiany przekraczały 17% objętości GTV/CT.

U pozostałych 4 chorych wykorzystanie badania FDG-PET wpłynęło na wzrost objętości GTV/PET z uwagi na wykrycie dodatkowych zajętych grup węzłów chłonnych śródpiersia, nie rozpoznanych w tomografii komputerowej. Średnia różnica objętości obliczona pomiędzy wielkością GTV/CT i GTV/PET wynosiła w tej grupie chorych 18 cm^3 (od 9 cm^3 do 35 cm^3), co stanowiło 32% (od 10% do 80%) w stosunku do objętości wyjściowej GTV/CT (Ryc. 1).

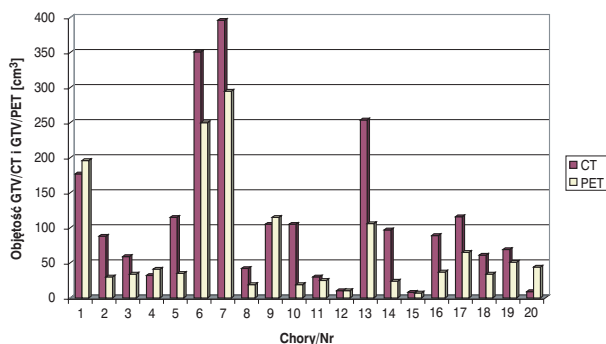
W grupie 6 z 20 chorych odnotowane różnice wielkości GTV/CT i zmodyfikowanego obszaru GTV/PET były

Tab. II. Porównanie objętości obszarów tarczowych konturowanych na podstawie tomografii komputerowej (GTV/CT) i fuzji pozytonowej tomografii emisyjnej z tomografią komputerową (GTV/PET)

Chory Nr	GTV/CT cm^3	GTV/PET cm^3	Różnica GTV $\text{cm}^3 / \%$	Objętość wspólna $\text{cm}^3 / \%$	Przyczyna zmiany GTV
1	177	196	19 / 11↑	160 / 90	Węzły śródpiersia
2	88	30	58 / 66↓	28 / 93	Niedodma, płyn
3	59	34	25 / 42↓	32 / 94	Wznowa po operacji, zwłóknienie przemieszczenie śródpiersia
4	32	41	9 / 28↑	29 / 91	Węzły śródpiersia
5	115	35	80 / 70↓	32 / 91	Niedodma
6	351	250	101 / 29↓	215 / 86	Naciek śródpiersia
7	396	295	101 / 40↓	241 / 88	Niedodma, węzły śródpiersia
8	42	19	23 / 55↓	16 / 84	Wznowa po operacji, przemieszczenie śródpiersia, zwłóknienie
9	105	115	10 / 10↑	97 / 92	Węzły śródpiersia
10	105	19	86 / 82↓	19 / 100	Niedodma
11	30	25	5 / 17↓	20 / 80	Niedodma, węzły śródpiersia
12	10.4	10.1	0.3 / 3↓	7 / 69	Bez zmian
13	254	106	148 / 58↓	105 / 99	Niedodma
14	97	24	73 / 75↓	19 / 79	Naciek śródpiersia
15	8	7	1 / 13↓	4 / 57	Bez zmian
16	89	37	52 / 58↓	37 / 100	Niedodma, naciek śródpiersia, węzły śródpiersia
17	116	65	51 / 44↓	63 / 97	Naciek śródpiersia
18	61	34	27 / 44↓	33 / 97	Zwłóknienie, węzły śródpiersia
19	69	51	18 / 26↓	35 / 69	Niedodma, węzły śródpiersia
20	9	44	35 / 80↑	9 / 100	Zwłóknienie, węzły śródpiersia

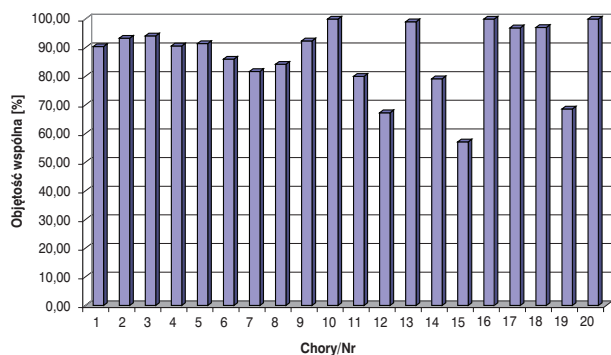
↑ – wzrost objętości GTV/PET w stosunku do GTV/CT

↓ – redukcja objętości GTV/PET w stosunku do GTV/CT



Ryc. 1. Porównanie wielkości GTV/CT i GTV/PET u poszczególnych chorych

wypadkową ograniczenia wielkości guza o sąsiadujące zmiany łagodne i powiększenia obszaru tarczowego o zmiany złośliwe wykryte w węzłach chłonnych śródpiersia. U 9 chorych nie rozpoznane w tomografii komputerowej przerzuty do węzłów chłonnych śródpiersia z obecnością patologicznego gromadzenia znacznika w badaniu FDG-PET pozostawały poza pierwotnym obszarem tarczowym GTV/CT. Konturowanie w systemie Eclipse umożliwiło wyznaczenie objętości wspólnej dla obszarów GTV/CT i GTV/PET. W grupie I (16 chorych), w której uzyskano zmniejszenie wielkości GTV/PET, średnia wartość objętości wspólnej wynosiła 57 cm³ (od 4 cm³ do 241 cm³), co stanowiło 88% wielkości GTV/PET. Spośród pozostałych 4 chorych (grupa II), u których wyznaczona wartość GTV/PET wzrosła, średnia objętość części wspólnej wynosiła 74 cm³ (91%), w zakresie od 9 cm³, do 160 cm³ (Ryc. 2).



Ryc. 2. Wielkość objętości wspólnej obszarów tarczowych GTV/CT i GTV/PET u poszczególnych chorych

Dyskusja

Warunkiem prawidłowego zaplanowania radioterapii radykalnej u chorych na niedrobnokomórkowego raka płuca jest precyzyjne określenie stopnia zaawansowania klinicznego. Celem włączenie fuzji obrazów PET/CT w proces planowania leczenia jest wykluczenie chorych z rozsiewem choroby nowotworowej oraz dokładne określenie zasięgu procesu nowotworowego w klatce piersiowej, co umożliwia zmniejszenie objętości napromienianych tkanek zdrowych, ograniczenie ryzyka popełnienia

błędu geograficznego oraz eskalację dawki całkowitej. Wykorzystanie badania FDG-PET w diagnozowaniu chorych na raka płuca ma szczególne uzasadnienie w przypadkach zaawansowanych, kwalifikowanych do radioterapii radykalnej. Częstość wykrywania nieoczekiwanych przerzutów odległych jest znamienne wyższa u chorych z III stopniem zaawansowania klinicznego, stopniowanych konwencjonalnie, niż u chorych w I i II stopniu i wynosi 24% [7].

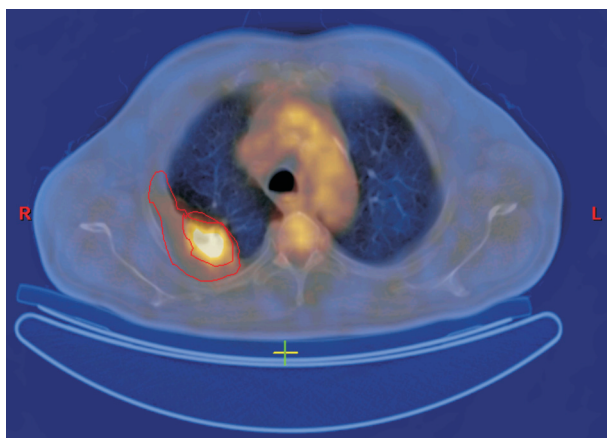
W prezentowanej analizie, dysponując wynikami badań diagnostycznych FDG-PET/CT, dokonano porównania wielkości obszarów tarczowych GTV definiowanych konwencjonalnie, wyłącznie na podstawie badań CT oraz obszarów konturowanych w oparciu o fuzję obrazów PET i CT. W badaniu wykorzystano zintegrowany skaner PET/CT, który umożliwia wykonanie tomografii komputerowej oraz pozytonowej tomografii emisyjnej podczas jednego seansu diagnostycznego, w krótkim czasie, bez konieczności zmiany pozycji chorego. Takie warunki minimalizują błędy popełniane podczas nakładania obrazów, a jednocześnie zwiększają dokładność diagnostyki, umożliwiając lokalizację ognisk patologicznej utylizacji glukozy w obrębie struktur anatomicznych [9].

Planowanie radioterapii przy wykorzystaniu skanera PET/CT nie różni się od typowego planowaniu na bazie tomografii komputerowej. Modyfikacja kształtu i wielkości obszarów tarczowych GTV przeprowadzona z wykorzystaniem informacji uzyskanych w badaniu FDG-PET wynikała z rozpoznania dodatkowych, nie rozpoznanych w badaniu CT grup węzłów chłonnych lub możliwości zróżnicowania zmian łagodnych obecnych w sąsiedztwie nacieku nowotworowego.

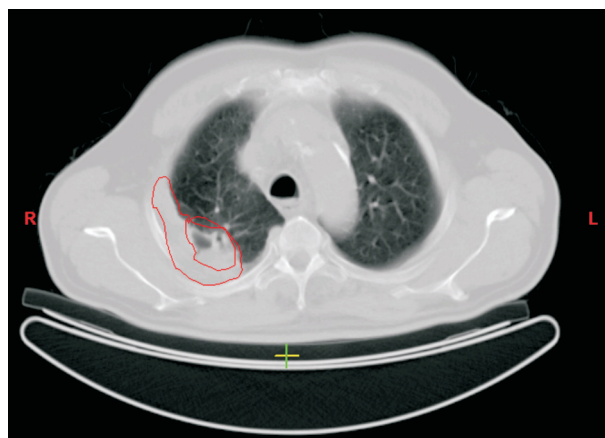
Wraz z rosnącą dostępnością aparatury do badań PET wzrasta liczba publikacji oceniających wpływ fuzji obrazów PET/CT na planowanie radioterapii. W badaniach, w których porównywano objętość i kształt obszarów GTV lub PTV, wyznaczonych na podstawie obrazów CT oraz fuzji obrazów PET/CT wykorzystywano aparaty o różnym stopniu rozdzielczości (skanery PET lub gamma kamery). Pomimo, iż sposób nakładania obrazów PET i CT, pozycjonowania chorych i metody analizy danych różniły się w poszczególnych badaniach, wyniki wskazują, iż fuzja obrazów PET/CT istotnie modyfikuje wielkość obszarów tarczowych w grupie od 40% do 100% chorych [10-17].

W publikacji Vanuytsel, przeprowadzonej z udziałem chorych z cechą N2, potwierdzoną w badaniu CT i/lub PET, istotna zmiana wielkości GTV dotyczyła 45 z 73 (62%) badanych chorych [10]. Wielkość GTV zdefiniowana w oparciu o badanie PET/CT wzrosła u 16 (22%) chorych. W grupie 29 (40%) chorych objętość GTV uległa zmniejszeniu. Średnia wartość redukcji objętości PTV wyznaczonej u pierwszych 10 chorych z tej grupy wynosiła 29 (±18%), w zakresie od 12% do 66%.

Podobne wyniki uzyskał Bradley w badaniu prospektywnym, odnotowując istotną zmianę objętości GTV u 14 z 24 (58%) badanych chorych [11]. U pozostałych 10 chorych różnice wynoszące od 1 cm³ do 56 cm³ określono jako minimalne. W efekcie, u wszystkich badanych cho-



Ryc. 3A



Ryc. 3B

Ryc. 3A i 3B. Naciek nowotworowy z patologicznym wychwytem znacznika w badaniu FDG-PET (1A) zawiera się w obszarze tarczowym GTV wyznaczonym na podstawie tomografii komputerowej (1B)

rych, podobnie jak w prezentowanej analizie, dokonano korekty wielkości GTV na podstawie wyników fuzji PET/CT. W publikacji Giroud istotną zmianę wielkości GTV uzyskano u 5 z 12 (41%) chorych [12]. Zmniejszenie wielkości GTV wyrażone objętością V95 uzyskane u 3 chorych wynosiło średnio 59%.

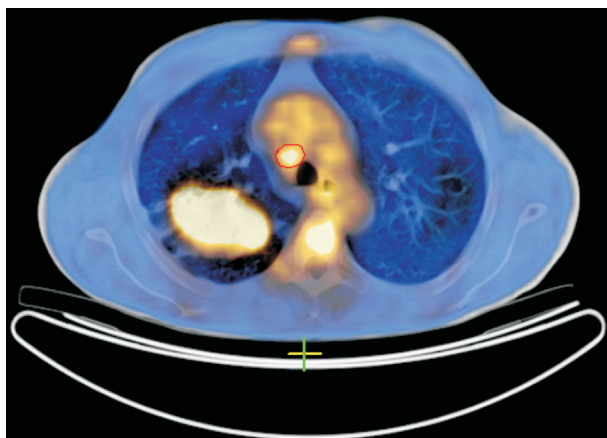
Mah w badaniu prospektywnym wykazała, iż diagnostyka PET wykorzystana podczas planowania radioterapii istotnie zmieniła sposób leczenia u 12 spośród 30 (40%) chorych [13]. U 7 chorych dokonano zmiany kwalifikacji z leczenia radykalnego na paliatywne z powodu podwyższenia stopnia zaawansowania po wykonaniu badania FDG-PET. Wielkość PTV zdefiniowana na podstawie fuzji obrazów PET/CT nie pokrywała się z wielkością PTV/CT u 17%-29% chorych, w zależności od interpretacji włączonych do analizy trzech niezależnych onkologów.

Planowanie radioterapii przy wykorzystaniu zintegrowanego skanera PET/CT nie wymaga zmiany pozycji chorego w trakcie badania PET i CT i umożliwia zminimalizowanie błędu podczas nakładania obrazów [14]. W podobnych warunkach wykonano badania PET/CT w prezentowanej analizie. Badanie Ciernika przeprowadzone na zintegrowanym skanerze PET/CT obejmowało 31

chorych, w tym 6 chorych na niedrobnokomórkowego raka płuca. Średnia wielkość GTV/CT i GTV/PET wynosiła odpowiednio 36,1 cm³ i 27,8 cm³. Fuzja obrazów PET/CT umożliwiła redukcję objętości GTV u 4 chorych w wyniku możliwości zróżnicowania niedodmy i nacieku nowotworowego. U 1 chorego wykrycie przerzutów do węzłów chłonnych śródpiersia w badaniu PET pozwoliło uniknąć błędu geograficznego.

Odsetek chorych ze wzrostem lub redukcją obszaru GTV konturowanego w oparciu o fuzję obrazów PET/CT różnił się w poszczególnych przytaczanych badaniach i prezentowanej analizie, głównie z uwagi na zróżnicowany skład badanych grup pod względem stopnia zaawansowania klinicznego. W prezentowanej publikacji diagnostyczne badania FDG-PET były wykonane u chorych, u których występowały wątpliwości co do rozległości procesu nowotworowego w klatce piersiowej. U wszystkich chorych, w badaniach tomografii komputerowej, w sąsiedztwie nacieku nowotworowego występowały zmiany łagodne (niedodma, zwłóknienie, płyn lub przemieszczone struktury śródpiersia) utrudniające interpretacje tych badań. Ponadto metody analizy danych zastosowane w części badań pomijały niewielkie korekty wielkości GTV, uwzględniane w prezentowanej analizie. Stąd wynika wysoki odsetek chorych, u których dokonano korekty wielkości GTV/PET w przedstawionej pracy (100%), w porównaniu do innych publikacji (40%-100%). Spośród 16 chorych z redukcją wielkości GTV/PET u 14 chorych zmiany przekraczały 17% objętości pierwotnej GTV/CT. W grupie 4 chorych zmiany wynikały wyłącznie z rozpoznania dodatkowych grup węzłów chłonnych i włączenia ich w teoretyczny obszar napromieniowany wysoką dawką. U 5 chorych z tej grupy ostateczna wielkość i kształt GTV/PET był wypadkową redukcji obszaru tarczowego o zmiany łagodne i rozszerzenia o zajęte węzły chłonne śródpiersia. W efekcie w grupie 9 chorych nie rozpoznane przerzuty do węzłów chłonnych śródpiersia pozostałyby poza obszarem tarczowym GTV.

Parametr części wspólnej dla obszarów GTV/CT i GTV/PET opisujący stopień modyfikacji kształtu ostatecznej objętości tarczowej nie był analizowany dotychczas



Ryc. 4. Fuzja obrazów FDG-PET i CT uwiarygodniła przerzuty do węzłów chłonnych śródpiersia nie rozpoznane w tomografii komputerowej

w innych badaniach. W grupie I (16 chorych) objętość wspólna stanowiła 88% objętości zmodyfikowanej GTV/PET, w grupie II (4 chorych) stanowiła 91%.

Wnioski

Pozytonowa tomografia emisyjna nie zastępuje morfologicznych badań obrazowych ale dostarcza dodatkowych informacji o charakterze zmian patologicznych. Wykorzystanie fuzji obrazów PET/CT w procesie planowania radioterapii u chorych na niedrobnokomórkowego raka płuca ma znaczący wpływ na objętość obszarów tarczowych GTV.

Dr med. Aleksandra Lewandowska
Zakład Teleradioterapii
Centrum Onkologii w Bydgoszczy
ul. Romanowskiej 2, 85-796 Bydgoszcz
e-mail: alekslewandowska@wp.pl

15. Erdi YE, Rosenzweig K, Erdi AK i wsp. Radiotherapy treatment planning for patients with non-small cell lung cancer using positron emission tomography (PET). *Radiother Oncol* 2002; 62: 51-60.
16. Caldwell CB, Mah K, Ung YC i wsp. Observer variation in contouring gross tumor volume in patients with poorly defined non-small-cell lung tumors on CT: the impact of 18FDG-hybrid PET fusion. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001; 51: 923-31.
17. Nestle U, Walter K, Schmidt S i wsp. 18F-Deoxyglucose Positron Emission Tomography (FDG-PET) for the planning of radiotherapy in lung cancer: high impact in patients with atelectasis. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1999; 44: 593-7.

Otrzymano: 11 stycznia 2006 r.

Przyjęto do druku: 29 marca 2006 r.

Piśmiennictwo

1. Knight SB, Delbeke D, Stewart JR i wsp. Evaluation of pulmonary lesions with FDG-PET. Comparison of findings in patients with and without a history of prior malignancy. *Chest* 1996; 109: 982-8.
2. Lowe VJ, Fletcher JW, Gobar L i wsp. Prospective investigation of positron emission tomography in lung nodules. *J Clin Oncol* 1998; 16: 1075-84.
3. Imdahl A, Jenkner S, Brink I i wsp. Validation of FDG positron emission tomography for differentiation of unknown pulmonary lesions. *Eur J Cardio Thor Surg* 2001; 20: 324-9.
4. Vansteenkiste JF, Mortelmans LA. FDG-PET in the Locoregional lymph node staging of non-small cell lung cancer: a comprehensive review of the Leuven lung cancer group experience. *Clin Pos Imag* 1999; 2: 223-31.
5. Pieterman RM, Van Putten JW, Meuzelaar JJ i wsp. Preoperative staging of non-small-cell lung cancer with positron-emission tomography. *N Engl J Med* 2000; 343: 254-61.
6. Lewis P, Griffin S, Marsden P i wsp. Whole-body 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in preoperative evaluation of lung cancer. *Lancet* 1994; 344: 1265-6.
7. Mac Manus MP, Hicks RJ, Matthews JP i wsp. High rate of detection of unsuspected distant metastases by PET in apparent stage III non-small-cell lung cancer: implications for radical radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001; 50: 287-93.
8. Reske SN, Kotzerke J. FDG-PET for clinical use. Results of the 3rd German Interdisciplinary Consensus Conference „Onko-PET III”. 21 July and 19 September 2000. *Eur J Nucl Med* 2001; 28: 1707-23.
9. Lardinois D, Weder W, Hany TF i wsp. Staging of non-small-cell lung cancer with integrated positron-emission tomography and computed tomography. *N Engl J Med* 2003; 348: 2500-7.
10. Vanuytsel LJ, Vansteenkiste JF, Stroobants SG i wsp. The impact of 18F-fluoro-2-deoxy-D-glucose positron emission tomography (FDG-PET) lymph node staging on the radiation treatment volumes in patients with non-small cell lung cancer. *Radiother Oncol* 2000; 55: 317-24.
11. Bradley J, Thorstad WL, 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.
12. Giraud P, Grahek D, Montravers F i wsp. CT and 18F-deoxyglucose (FDG) image fusion for optimization of conformal radiotherapy of lung cancers. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001; 49: 1249-57.
13. Mah K, Caldwell CB, Ung YC i wsp. The impact of 18FDG-PET on target and critical organs in CT-based treatment planning of patients with poorly defined non-small-cell lung carcinoma: a prospective study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 52: 339-50.
14. Ciernik F, Dizendorf E, Baumert BG i wsp. Radiation treatment planning with an integrated positron emission and computed tomography (PET/CT): a feasibility study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 57: 853-63.