

DARIUSZ GAŚSIOREK<sup>1, 2</sup>, DOROTA SOSNOWSKA-PACUSZKO<sup>1</sup>, TOMASZ TUREK<sup>1, 4</sup>,  
MAREK ŚAŚIADEK<sup>1, 3</sup>

## Postępy w diagnostyce nowotworów płuc z zastosowaniem tomografii komputerowej

### Advances in Computed Tomography Diagnostics of Lung Neoplasms

<sup>1</sup> Dział Radiologii Dolnośląskiego Szpitala Specjalistycznego im. T. Marciniaka we Wrocławiu

<sup>2</sup> NZOZ Lubuskie Centrum Medyczne, Zielona Góra

<sup>3</sup> Zakład Neuroradiologii, Katedra Radiologii Akademii Medycznej we Wrocławiu

<sup>4</sup> Pracownia TK, NZOZ SKANMEX we Wrocławiu

#### Streszczenie

Omówiono kierunki rozwoju tomografii komputerowej (TK) w diagnostyce nowotworów płuc. Konwencjonalne badanie TK w części przypadków nie pozwala na dokładną ocenę charakteru i rozległości procesu chorobowego. Wprowadzenie spiralnej TK i tomografii komputerowej wysokiej rozdzielczości (HRCT) stanowiło znaczny postęp w diagnostyce chorób nowotworowych płuc, gdyż pozwoliło na dokładniejszą ocenę morfologii guza (struktura wewnętrzna guza, zarysy) oraz towarzyszących mu zmian w otaczającej tkance (objaw „matowego szkła”, niedodma, rozedma, powiększenie węzłów chłonnych śródpiersia i wnęk płucnych). Bardziej dokładna stała się również ocena stopnia zaawansowania guza, np. naciekania struktur śródpiersia z użyciem angiografii TK oraz obrazowanie dróg oddechowych (bronchoskopia i bronchografia TK). Wprowadzenie aparatów wielorzędowych ograniczyło występowanie artefaktów związanych np. z fizjologicznymi ruchami serca chorego (możliwość zastosowania bramkowania czynności serca podczas rejestracji skanu) lub fazą oddechu. Uzyskano wyższą jakość badań naczyniowych oraz rekonstrukcji dwu- i trójwymiarowych. Najnowsze techniki pozwalają na wykrywanie bardzo drobnych zmian ogniskowych w płucach (rozpoznawanie wspomagane komputerowo, technika STS-MIP). Biorąc pod uwagę wysoką wartość nowych technik TK w wykrywaniu wczesnych postaci raka płuc, należy rozważyć wprowadzenie przesiewowych badań TK w grupach wysokiego ryzyka (*Adv Clin Exp Med 2005, 14, 2, 333–342*).

**Słowa kluczowe:** nowotwory płuc, spiralna tomografia komputerowa, HRCT, wielorzędowe aparaty TK.

#### Abstract

The authors discuss recent development of computed tomography (CT) in diagnostics of lung neoplasms. Plain CT examination in part of the cases does not allow to assess precisely the morphology and the extent of neoplastic process. Introduction of spiral CT and high resolution computed tomography (HRCT) has provided great progress in diagnostics of lung neoplasms, because it allowed more precise evaluation of tumor morphology (internal structure and outlines of the tumor), as well as accompanying changes in adjacent tissue (“ground glass” sign, atelectasis, emphysema, enlargement of mediastinal and hilar lymph nodes). New techniques allowed also more detailed staging of neoplasms e.g. infiltration of mediastinal structures (CT angiography) as well as direct visualization of airways (CT bronchoscopy and bronchography). Introduction of multidetector CT units limited occurrence of artefacts associated e.g. with heart motion (the possibility of application of cardiac gating during scan acquisition) or respiratory motion. It has also improved quality of vascular studies as well as 2D and 3D reconstructions. The recently introduced techniques allow detection technique very small lung lesions (computer aided diagnosis, STS-MIP). Taking into account high value of new CT techniques in detection of early cases of lung cancer, screening CT examinations in risk group should be considered (*Adv Clin Exp Med 2005, 14, 2, 333–342*).

**Key words:** lung neoplasms, spiral computed tomography, HRCT, multislice CT.

Nowotwory płuc należą do najczęstszej przyczyny zgonów w naszym kraju i na świecie. Ich wczesna i dokładna diagnostyka ma zasadnicze znaczenie w ocenie rozległości procesu chorobowego

i planowania leczenia. Znaczny postęp w tej dziedzinie stanowiło wprowadzenie tomografii komputerowej (TK).

W miarę zwiększania dostępności tej metody,

badania TK stały się niezbędnym składnikiem algorytmu postępowania diagnostycznego w nowotworach płuc. Służą zarówno do potwierdzenia rozpoznania procesu rozrostowego przy niejasnym obrazie klinicznym i rentgenowskim, jak i do oceny rozległości stwierdzonych zmian nowotworowych, co ma zasadniczy wpływ na wybór postępowania terapeutycznego [1].

Wprowadzanie nowych technik badania TK zwiększa skuteczność diagnostyczną tej metody. W niniejszej pracy zostaną omówione aktualne możliwości TK w diagnostyce nowotworów płuc.

## Podstawy techniczne TK

Tomografia komputerowa jest metodą diagnostyczną opartą na wykorzystaniu promieniowania RTG, w której obrazowanie narządów wewnętrznych pacjenta odbywa się przez wykonywanie skanów w płaszczyźnie poprzecznej i uzyskanie w ten sposób obrazu wielu warstw o określonej grubości. Rozkład osłabienia liniowego współczynnika promieniowania rentgenowskiego (odpowiadający gęstości tkanek) w każdej warstwie jest określany w skali Hounsfielda (j.H.), w której dla wody przyjęto wartość 0 j.H., tkanki miękkie mają kilkadziesiąt j.H., tkanka kostna kilkaset j.H., a tkanka płucna minus kilkaset j.H. Uzyskane dane są przekształcone przez komputer na obraz dwuwymiarowy w formie skanów. TK charakteryzuje się rozdzielczością liniową rzędu 1 mm oraz dużą rozdzielczością kontrastową, umożliwiającą rozróżnienie tkanek, nawet nieznacznie różniących się gęstością. W celu zwiększenia kontrastu między obrazowanymi tkankami stosuje się często (w diagnostyce klatki piersiowej niemal rutynowo) jodowe środki cieniujące. Grubość pojedynczej warstwy może wynosić 1–10 mm. Uzyskane obrazy mogą być oceniane w różnych dowolnie wybranych przedziałach skali Hounsfielda, tzw. oknach [2].

W badaniu TK klatki piersiowej oceny skanów dokonuje się zwykle w dwóch oknach: płucnym (ok. 1500/–500 j.H.) i śródpiersiowym (ok. 350/50 j.H.). Uzyskane obrazy mogą być następnie przetwarzane komputerowo, mogą być dokonywane pomiary gęstości punktowej i liniowej, pomiary odległości i powierzchni. Coraz częściej wykonuje się rekonstrukcje dwupłaszczyznowe (MPR – *multiplanar reconstruction*) oraz trójwymiarowe, takie jak MIP (*maximal intensity projection*), SSD (*surface shaded display*) i VRT (*volume rendering technique*).

## Standardowe (sekwencyjne) badanie TK klatki piersiowej

Badanie TK rozpoczyna się od wykonania zdjęcia topograficznego (pilotowego) klatki piersiowej, na podstawie którego określa się zakres badania. W przypadku nowotworów badanie TK musi obejmować całą klatkę piersiową, od jej otworu górnego do dolnego ograniczenia kopuł przepony. W części ośrodków zakres badania poszerza się w dół, w celu uwidocznienia wątroby i nadnerczy, które są częstymi miejscami przerzutów nowotworów płuc.

W większości ośrodków właściwe badanie TK klatki piersiowej u chorych z nowotworami płuc wykonuje się od razu po dożylnym podaniu jodowego kontrastu ręcznie bądź z użyciem strzykawki automatycznej (stosowanej najczęściej w przypadku podejrzenia naciekania struktur śródpiersia i naczyń). Podaje się 1–1,5 ml środka cieniującego na kg masy ciała pacjenta, przy podaniu ręcznym z maksymalną prędkością, za pomocą strzykawki automatycznej z prędkością 3–5 ml/s.

Grubość warstw przy sekwencyjnym badaniu TK wynosi najczęściej 5–8 mm, przy takim samym przesuwie stołu. Pozwala to w zasadzie na uzyskanie warstw ciągłych, obejmujących całą objętość płuc. Trzeba jednak zaznaczyć, że istnieje ryzyko „ominięcia” fragmentów tkanki płucnej z powodu ruchów oddechowych klatki piersiowej między skanami [3].

Do dokładnej oceny wzmocnienia zmiany ogniskowej jest przydatne badanie dynamiczne (wielokrotne skany na poziomie zmiany) z użyciem strzykawki automatycznej.

## Spiralna (helikalna) tomografia komputerowa

W ostatnich latach coraz więcej aparatów TK dysponuje możliwością badania techniką spiralną. W tej metodzie lampa aparatu porusza się ruchem ciągłym, przy jednoczesnym ruchu stołu, przesuwającego się prostopadle do płaszczyzny okola (*gantry*). W ten sposób w czasie jednej długiej akwizycji (kilkanaście sekund) uzyskuje się wszystkie warstwy danego narządu. Technika spiralna jest szczególnie przydatna przy badaniu klatki piersiowej, gdyż umożliwia zobrazowanie całej jej objętości na jednym wstrzymanym oddechu. Dzięki temu unika się artefaktów ruchowych, uzyskuje się znacznie lepsze zakontrastowanie naczyń, nie ma też ryzyka wspomnianego wyżej „ominięcia” fragmentów tkanki płucnej. U cho-

rych, którzy mają trudności z utrzymaniem oddechu, badanie można podzielić na dwie krótsze akwizycje [3].

Poza znacznym przyspieszeniem badania ważną zaletą spiralnej TK jest wyższa niż w sekwencyjnej TK jakość rekonstrukcji, zwłaszcza trójwymiarowych, co umożliwia uzyskanie wielopłaszczyznowych obrazów oskrzeli (bronchografia TK, bronchoskopia TK) i naczyń (angiografia TK) oraz rekonstrukcji typu GTV (*gross tumor volume*) i CTV (*clinical target volume*) mających znaczenie przy ocenie stopnia małych, obwodowych guzów na potrzeby planowania radioterapii.

## Tomografia komputerowa wielorzędowa (MSCT – *multislice computed tomography*)

Dokonujący się stały postęp w technice spiralnej tomografii komputerowej doprowadził do zbudowania aparatów z podwójną liczbą detektorów (*dual slice scanner*), pozwalających na wykonywanie badania TK tego samego odcinka ciała pacjenta w dwa razy krótszym czasie. W ostatnim okresie pojawiły się aparaty z 4, 8, 10, 16, a nawet 64 rzędami detektorów rejestrujących obraz z kilku, kilkunastu lub kilkudziesięciu sąsiadujących warstw podczas pojedynczego obrotu lampy. Osiąga się dzięki temu zmniejszenie czasu pojedynczego skanu 0,5–0,75 s i znaczne skrócenie całego badania. Prowadzi to m.in. do ograniczenia artefaktów, związanych np. z fizjologicznymi ruchami serca chorego (możliwość zastosowania bramkowania czynności serca podczas rejestracji skanu) lub fazą oddechu. Wyższa jest jakość badań naczyniowych, a obrazy rekonstrukcji dwu- i trójwymiarowych bardziej dokładne. Metoda ta pozwala również na uzyskanie cieńszych przekrojów (warstwy poniżej 1 mm – tzw. submilimetrowe) oraz dokonywanie pomiarów objętościowych zmian ogniskowych w płucach [4].

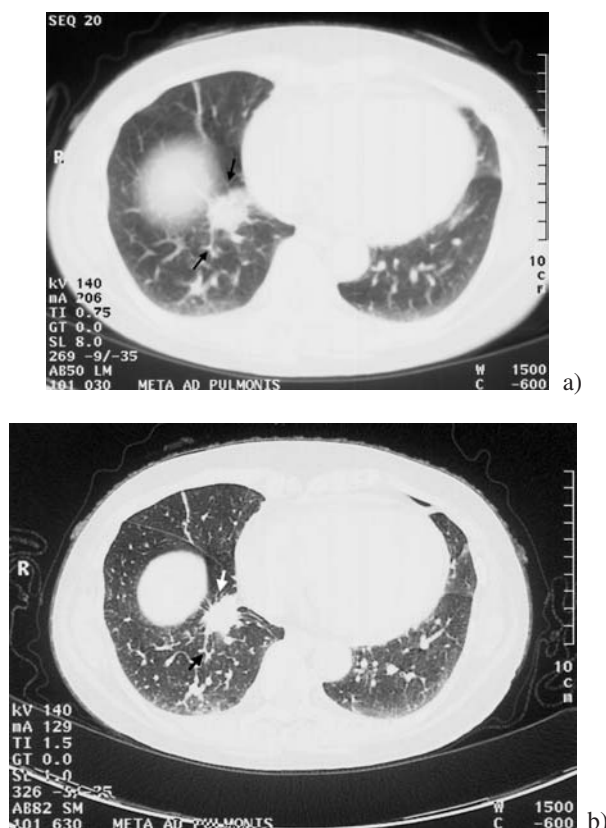
Nie bez znaczenia jest również zmniejszenie dawki promieniowania i objętości podawanego kontrastu.

Dzięki wprowadzeniu do diagnostyki opcji CINE (badania dynamiczne polegające na wielokrotnym skanowaniu na tym samym poziomie) jest możliwe badanie perfuzyjne TK. Metoda ta obrazuje przepływ krwi w naczyniach włosowatych badanego obszaru i jest stosowana m.in. do oceny rewaskularyzacji zmian w przebiegu procesów rozrostowych i monitorowania skuteczności zastosowanego leczenia.

## Tomografia komputerowa wysokiej rozdzielczości (HRCT)

Konwencjonalne badanie TK często nie pozwala na szczegółowe określenie charakteru i rozległości zmian nowotworowych. Szansę na zwiększenie możliwości w tym zakresie stwarza zastosowanie techniki wysokiej rozdzielczości (HRCT – *high resolution computed tomography*), możliwej do uzyskania w nowoczesnych tomografach. HRCT jest uzupełniającą techniką badania TK klatki piersiowej, dotąd stosowaną głównie w zmianach rozsianych płuc [5]. Obecnie coraz częściej jest używana także w zmianach nowotworowych płuc w celu uściślenia rozpoznania (ryc. 1a, b) [6, 7].

Badanie HRCT wykonuje się, stosując cienkie warstwy 1–2 mm, rekonstruowane na matrycach co najmniej 512 x 512, wykorzystując protokoły wysokiej rozdzielczości, najczęściej tzw. algorytm kostny. Protokoły te pozwalają na uzyskanie dużej rozdzielczości przestrzennej i zobrazowanie w ten sposób drobnych ognisk w mięszu płucnym. Co prawda, jednocześnie pogarsza się nieco rozdziel-



**Ryc. 1a, b.** Obraz „wieńca promienistego” (strzałki) w konwencjonalnym badaniu TK (a) i w badaniu HRCT (b)

**Fig. 1a, b.** “Corona radiata” sign (arrows) in plain CT (a) and HRCT (b)

czość kontrastowa (zmniejszenie stosunku sygnału do szumu), jednak i tak obrazy HRCT uwidaczniają więcej szczegółów morfologicznych niż zwykła TK. Skany wysokiej rozdzielczości są zwykle wykonywane na poziomie zmian uwidoczniionych w konwencjonalnym badaniu TK i mogą obejmować cały przekrój klatki piersiowej na wybranej wysokości bądź jej wycinek, np. jedno płuco [8].

### *Soft detail computed tomography – SDCT*

Omawiając techniki komputerowe stosowane w diagnostyce guzów płuc, należy wspomnieć o rzadko stosowanej metodzie SDCT, która polega na użyciu opcji spiralnej z zastosowaniem odpowiednich parametrów akwizycji i przetwarzania obrazu, eksponujących struktury miękkotkankowe. W badaniu SDCT można szczegółowo uwidocznnić naciekanie ściany klatki piersiowej i śródpiersia w celu dokładniejszej oceny zakresu procesu nowotworowego [9]. Lepszą ocenę ściany klatki piersiowej uzyskuje się jednak obecnie za pomocą rezonansu magnetycznego.

### **Bronchografia TK**

Zastosowanie spiralnej TK i nowoczesnych technik obrazowania trójwymiarowego, takich jak: MIP, SSD i VRT, umożliwiło uzyskanie obrazu re-



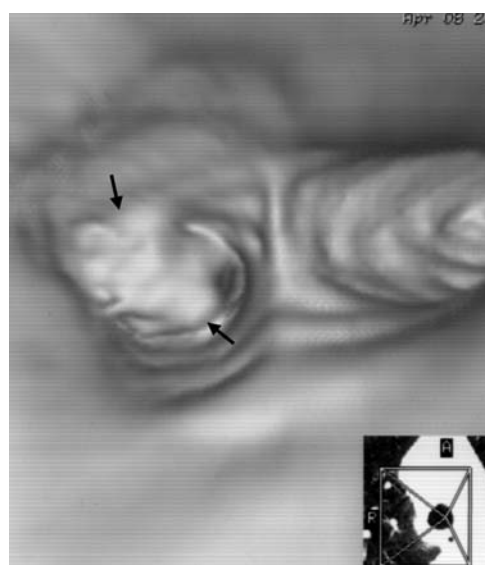
**Ryc. 2.** Bronchografia TK – polip w oskrzelu głównym prawym (strzałka)

**Fig. 2.** CT bronchography. Polyp in the main bronchus (arrow)

konstrukcyjnego drzewa oskrzelowego w sposób przypominający konwencjonalną bronchografię (bronchografia TK) (ryc. 2). Technika ta opiera się na znacznej różnicy gęstości między powietrzem w oskrzelach a sąsiadującymi tkankami. Bronchografia TK, uwidaczniając duże oskrzela, wykazuje wysoką korelację z konwencjonalną bronchoskopią, a w niektórych przypadkach nawet ją przewyższa, gdyż pozwala na ocenę zmian znajdujących się za zwężeniem oskrzela, niedostępnych w bronchoskopii. Może ponadto być wykonywana u pacjentów, u których z różnych powodów nie jest możliwe wżernikowanie tchawicy i oskrzeli [10, 11].

### **Bronchoskopia TK**

Dzięki udoskonalaniu aparatury i oprogramowania TK możliwe stało się otrzymanie trójwymiarowych obrazów wnętrza dróg oddechowych, przypominających konwencjonalną bronchoskopię (wirtualna bronchoskopia) (ryc. 3). Metoda ta umożliwia uzyskanie obrazu wnętrza tchawicy i oskrzeli także w przypadku części dróg oddechowych, które znajdują się poza zwężeniem i są niedostępne konwencjonalnej bronchoskopii [12]. Bronchoskopia wirtualna może być wykonana u pacjentów, u których istnieją przeciwwskazania do konwencjonalnej bronchoskopii, gdyż nie jest obciążona ryzykiem takich powikłań, jak perforacja, zmiany zapalne. Za pomocą tego badania jest możliwe dokładne zaplanowanie przezoskrzelowej biopsji diagnostycznej. Ważna jest także dostępność opcji pomiarowych typowych dla TK, takich jak



**Ryc. 3.** Bronchoskopia TK – przypadek z ryc. 2

**Fig. 3.** CT bronchoscopy – the case from Fig. 2

pomiar odległości, rozmiaru i gęstości. Do ograniczeń wirtualnej bronchoskopii należy zaliczyć słabe uwidocznienie zarysu błony śluzowej dróg oddechowych (które jednak można poprawić stosując cienkie warstwy) oraz brak możliwości wykonania procedur diagnostycznych i terapeutycznych, takich jak pobranie materiału do badania.

## Angiografia TK

Badania naczyniowe za pomocą tomografii komputerowej stały się możliwe po wprowadzeniu spiralnej TK. Szybka akwizycja danych z dużej objętości tkankowej odbywa się w czasie maksymalnego zakontrastowania naczyń po podaniu jodowego (niejonowego lub niskojonowego) środka cieniującego do żyły obwodowej strzykawką automatyczną. Odpowiednie wyliczenie czasu opóźnienia akwizycji danych umożliwia obrazowanie niemal dowolnego naczynia krwionośnego. Zgromadzone dane są rekonstruowane w postaci obrazów w płaszczyźnie poprzecznej (tzw. dane surowe – partycje), z których następnie uzyskuje się za pomocą rekonstrukcji wtórnych obrazy naczyniowe.

Najczęściej używa się następujących trójwymiarowych rekonstrukcji:

- obrazowanie wnętrza naczynia według największego współczynnika osłabienia promieniowania (MIP – *maximum intensity projection*),
- obrazowanie powierzchni naczynia (SSD – *shaded-surface display*),
- rekonstrukcja objętościowa (VRT – *volume rendering technique*).

Stosuje się ponadto rekonstrukcję wielopłaszczyznową (MPR – *multiplanar reformats*).

Ocena zmian w obrębie naczyń powinna zawsze opierać się na dokładnej analizie danych su-

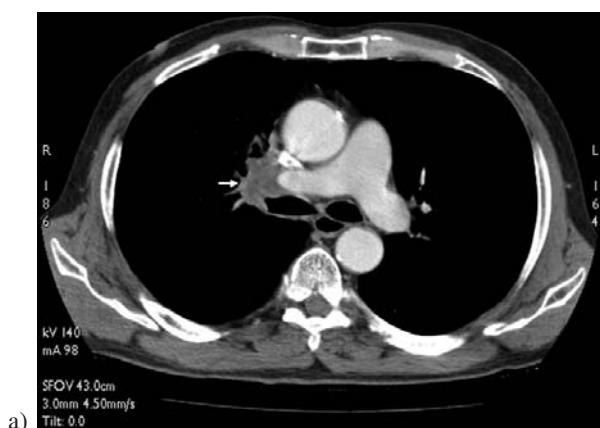
rowych, a rekonstrukcje wtórne służą poprawie wykrywalności i klasyfikacji zmian dzięki ich przestrzennemu przedstawieniu (ryc. 4a, b). Wadą tej metody jest czasochłonność niektórych z rekonstrukcji wtórnych [18].

Wprowadzenie wielorzędowych aparatów TK pozwoliło na skrócenie czasu angiografii TK i zredukowanie grubości warstw. Dzięki temu uzyskuje się poprawę rozdzielczości przestrzennej, a co za tym idzie – wyższą jakość obrazu przy mniejszej dawce promieniowania. Krótszy czas badania pozwala ponadto na uzyskanie obrazu tętnic bez nakładania się obrazu naczyń żylnych.

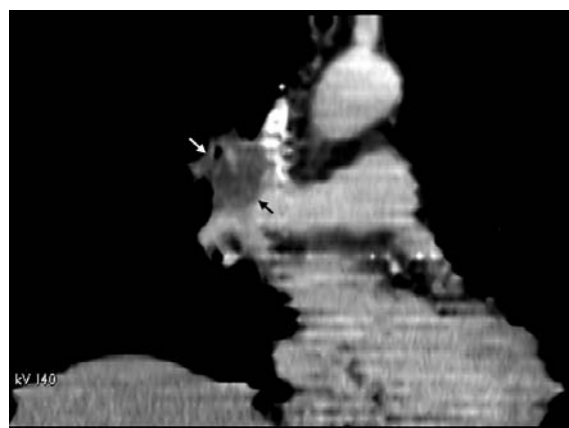
## Perfuzja TK

Zastosowanie perfuzji TK w obrębie klatki piersiowej jest obecnie w fazie badań, a doniesienia na ten temat są nieliczne [14]. Badanie perfuzyjne przedstawia zmiany czynnościowe związane z przepływem krwi przez naczynia i tkanki. Polega na ocenie zmian gęstości tkankowej, zależnej od przepływu jodowego środka kontrastowego przez łożysko naczyniowe w obrębie wybranej warstwy. W perfuzji TK są obliczane m.in. takie miejscowe wskaźniki przepływu krwi, jak: objętość (BV – *blood volume*), przepływ (BF – *blood flow*) średni czas przejścia (MTT – *mean transit time*), czas osiągnięcia amplitudy (TTP – *time to peak*). W ocenie zmian rozrostowych szczególne znaczenie ma możliwość określenia w badaniu również stopnia przenikania środka cieniującego z łożyska naczyniowego do przestrzeni międzykomórkowej (PS – *permeability surface*). Wyniki badania są przedstawiane w postaci wykresów oraz barwnych map badanej warstwy.

Do tej pory w obrębie klatki piersiowej opisano zastosowanie perfuzji TK do oceny stopnia zaawan-



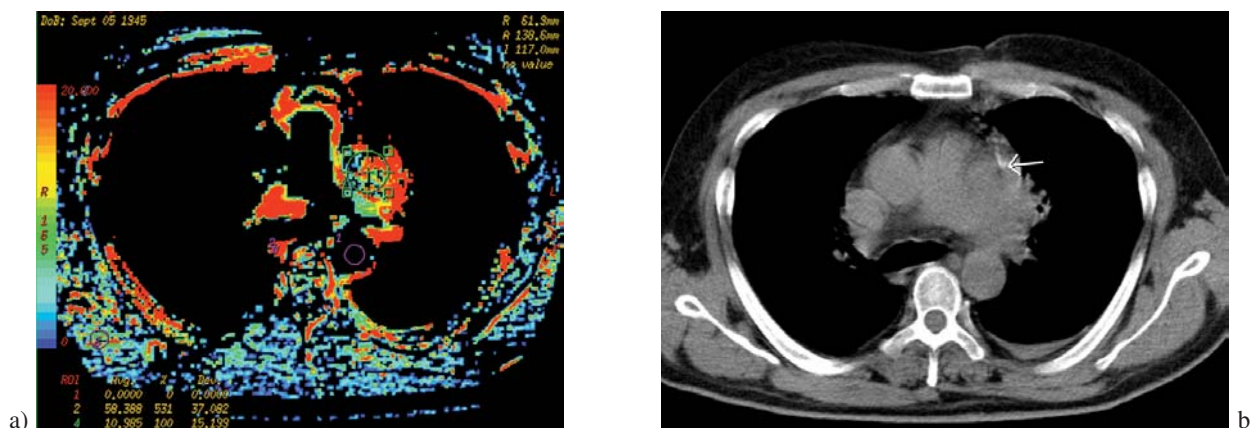
a)



b)

**Ryc. 4a, b.** Naciek npl prawej tętnicy płucnej (strzałka) w konwencjonalnym badaniu TK (a) i w badaniu angio-TK – rekonstrukcja MPR (b)

**Fig. 4a, b.** Neoplastic infiltration of right pulmonary artery (arrow) in plain CT (a) and in CT angiography with MPR reconstruction (b)



**Ryc. 5 a, b.** Perfuzja-TK. Mapa perfuzji (wskaźnik PS) w przypadku guza zlokalizowanego w okolicy lewej tętnicy płucnej (a), biopsja cienkoigłowa guza podczas tego samego badania. Końcówka igły oznaczona strzałką (b). Wynik biopsji – *Ca nonmicrocellulare*

**Fig. 5 a, b.** CT perfusion map (PS parameter) in case of tumor located in vicinity of left pulmonary artery (a). Fine-needle biopsy of the same tumor. The needle tip is indicated with arrow. Result of the biopsy – *Ca nonmicrocellulare*

sowania zmian rozrostowych i ich odpowiedzi na leczenie chemioterapeutyczne [14]. Wydaje się, że można wiązać duże nadzieje z możliwością wykorzystywania badania perfuzyjnego do dokładniejszego scharakteryzowania struktury wewnętrznej guzów, co może mieć znaczenie, np. w doborze najbardziej reprezentatywnych obszarów guza przy przeprowadzaniu biopsji transtorakalnej (ryc. 5a, b).

### STS-MIP (*sliding thin slice maximum intensity projection*)

Tę technikę stosuje się przy różnicowaniu mikroguzków. Program MIP, podobnie jak w angiografii TK, obrazuje wybiórczo piksele o dużym współczynniku pochłaniania promieniowania rentgenowskiego. Przy zastosowaniu wąskiej kolimacji uzyskuje się kontrast między guzkiem a mięszem płuc. Technika ta służy m.in. do różnicowania guzków z naczyniami [15]. Ostatnio próbuje się również stosować grubsze warstwy (15 mm) (SS-MIP), co nie zmniejsza liczby wykrywanych guzków, a skraca czas oceny badania i obniża jego koszty [16].

### Komputerowe wspomaganie rozpoznania (CAD – *computer aided diagnosis*)

W aparatach wielorzędowych jest możliwe zainstalowanie oprogramowania służącego do automatycznego wykrywania zmian ogniskowych

w płucach. Wartość metody rośnie wraz ze zmniejszeniem grubości warstwy. Stosuje się warstwy 0,75–2 mm. Jest to bardzo czuła metoda, ale wymaga weryfikacji radiologa, ponieważ aż 30% wykrytych zmian jest fałszywie dodatnich [17, 18].

### Małoinwazyjne zabiegi diagnostyczne i lecznicze w obrębie klatki piersiowej przeprowadzane pod kontrolą TK

Tomografia komputerowa dzięki doskonałemu uwidocznieniu anatomicznych struktur klatki piersiowej umożliwia wygodny przezskórny dostęp niemal do wszystkich jej części. Stosuje się ją do nakłuwania zmian w śródpiersiu i płucu, trudnych do zlokalizowania za pomocą prześwietlenia RTG. TK pozwala ustalić najlepsze miejsce nakłucia skóry, zapobiegając naruszeniu szczeliny międzypłatowej lub nakłuciu dużych naczyń, oskrzeli i przełyku. Obecnie w najnowocześniejszych aparatach jest dostępna TK w czasie rzeczywistym (CT-fluoroscopy), która łączy zalety obrazowania przekrojowego z możliwością kontrolowania zabiegu w czasie rzeczywistym. Pod kontrolą TK wykonuje się biopsje igłowe, chemoembolizację, wprowadzanie stentów do żył śródpiersia przy niedrożności żyły głównej dolnej oraz do światła tchawicy lub oskrzeli [19, 20].

## Ocena obrazu TK guzów płuc

U chorych z guzami płuc w badaniach TK, uzupełnionych skanami HRCT i innymi omówionymi wyżej uzupełniającymi technikami, ocenia się następujące elementy.

1. Obraz morfologiczny guza (niezbędna ocena w HRCT):

a) zarys guza – ostry lub nieostry, wskazuje na typ wzrostu guza – rozprężający lub naciekający,

b) struktura wewnętrzna – jednorodna lub niejednorodna, odpowiadająca obecności stref martwicy lub rozpadu w guzie, niekiedy z poziomem płynu (ryc. 6). W masie guzowej mogą być widoczne naczynia krwionośne (*angiogram sign*) lub otoczone naciekiem nowotworowym oskrzela (*bronchus sign*), wskazujące na złośliwy charakter guza (ryc. 7) [21, 22]. Ocenia się ponadto obecność, rozkład i morfologię zwapnień w tkance guza [23, 24],

c) zmiany guzkowe – okrągłe zagęszczenia zależnie od rozmiaru, opisywane jako mikroguzki (< 3 mm) lub guzki (3–20 mm),

d) stopień wzmocnienia guza – do dokładnej oceny wzmocnienia zmiany ogniskowej jest przydatne badanie dynamiczne na jego poziomie z użyciem strzykawki automatycznej [25, 26]. Według niektórych autorów zmiany o charakterze złośliwym ulegają wzmocnieniu częściej niż łagodne (średnio o 20 j.H.) [27]. Brak znaczącego wzmocnienia guzów płuca (nie więcej niż 15 j.H.) pozwala z dużym prawdopodobieństwem przewidywać łagodny charakter zmian [28];

2. Zmiany w otaczającym mięszu płucnym (niezbędna ocena HRCT) [29]:

a) obraz „wieńca promienistego” (*corona radiata*) – w postaci licznych, rozchodzących się odśrodkowo pasmowatych zagęszczeń (*spiculae*) o długości od kilku milimetrów do kilku centymetrów (ryc. 1a, b) [30],

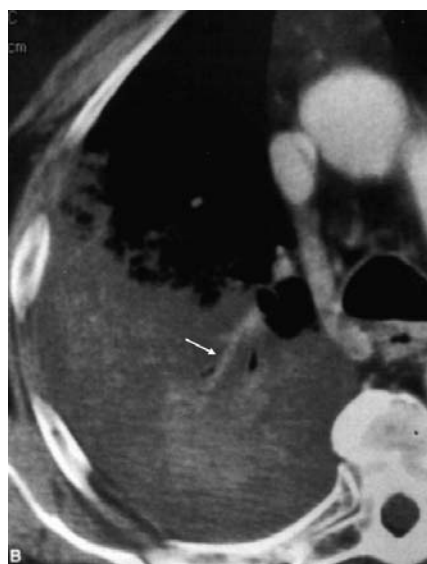
b) limfangioza nowotworowa – siateczkowate (regularne), guzkowate lub paciorkowate pogrubienie struktur mięszowych płuc, szczególnie przegród międzyzarakowych jako wyraz szerzenia się procesu nowotworowego w naczyniach chłonnych zrębu płucnego (ryc. 8),

c) objaw „matowego szkła” – stwierdzany jedynie na oknie płucnym w postaci obszarów tkanki płucnej o zwiększonym współczynniku osłabienia promieniowania rentgenowskiego, z widocznym na tym tle zarysem mięszu płuc i drobnych oskrzeli. Objaw ten najczęściej przemawia za obecnością płynu (wysięku, przesięku krwi) w świetle pęcherzyków płucnych, ich częściowego zapadnięcia się lub pogrubienia ścian pęcherzyków [31].



Ryc. 6. Rozpad w guzie z poziomem płynu w badaniu HRCT

Fig. 6. Tumor necrosis with fluid level in HRCT



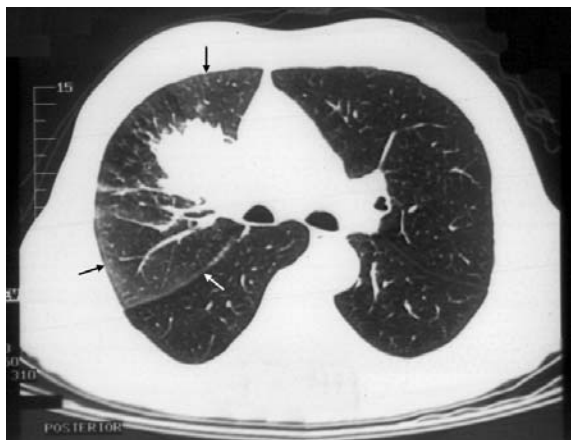
Ryc. 7. Uciśnięte naczynie w obrębie guza (*angiogram sign*) (strzałka)

Fig. 7. Compressed vessel within the tumor (*angiogram sign*) (arrow)



Ryc. 8. Limfangioza nowotworowa w badaniu HRCT (strzałki)

Fig. 8. Neoplastic lymphangiosis in HRCT (arrows)



**Ryc. 9.** Objaw „matowego szkła” w badaniu HRCT (strzałki)

**Fig. 9.** “Ground glass” sign in HRCT (arrows)



**Ryc. 10.** Obraz naczyń zaopatrujących ognisko meta (*feeding vessels*) (strzałki)

**Fig. 10.** Feeding vessels of the metastatic lesion (arrows)

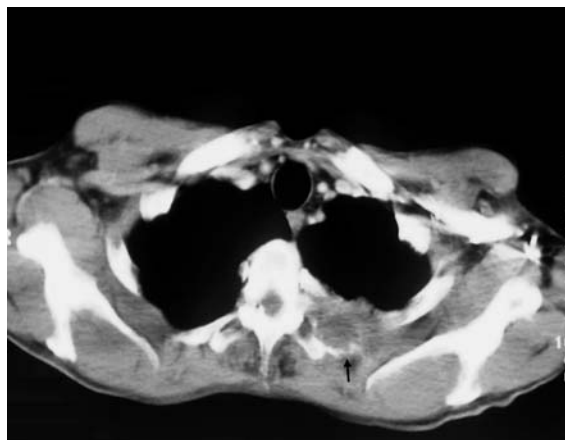
Może świadczyć również o naciekaniu nowotworowym (ryc. 9) [32],

d) guzki satelitarne – drobne, zwykle pojedyncze ogniska w otoczeniu guza płuca, sugerujące złośliwy charakter,

e) obecność zaopatrujących naczyń, wnikających w guz (*feeding vessels*) (ryc. 10),

f) naciekanie struktur anatomicznych sąsiadujących z guzem – ściany klatki piersiowej (przydatna metoda SDCT), narządów śródpiersia, bruzdy międzypłatowej lub dużych naczyń (przydatne badanie angio-TK) (ryc. 11);

3. Powiększenie węzłów chłonnych śródpiersia i wnęk płucnych (ryc. 12). Zasadniczym kryterium, pozwalającym na ocenę przerzutów raka płuca do węzłów chłonnych pozostaje nadal ich wielkość. Przyjęto, że krótszy wymiar węzła chłonnego > 10 mm wskazuje na jego nacieczenie. Należy jednak pamiętać, że w przypadku ra-



**Ryc. 11.** Naciekanie ściany klatki piersiowej z osteolizą żebra (strzałka)

**Fig. 11.** Infiltration of the chest wall with osteolysis of the rib (arrow)



**Ryc. 12.** Pakiety powiększonych węzłów chłonnych śródpiersia (strzałki), przemieszczające i obejmujące gałęzie łuku aorty

**Fig. 12.** Enlarged mediastinal lymph nodes, displacing and surrounding aortic arch branches

ków niedrobnokomórkowych płuca, komórki nowotworowe są również obecne w niepowiększonych węzłach chłonnych, a nie stwierdzono ich w ponad 40% węzłów chłonnych śródpiersowych > 10 mm. [33]. Istnieją ponadto nienowotworowe przyczyny powiększenia węzłów chłonnych, związane zwykle z procesem zapalnym [34];

4. Inne współistniejące z guzem zmiany w strukturze płuca:

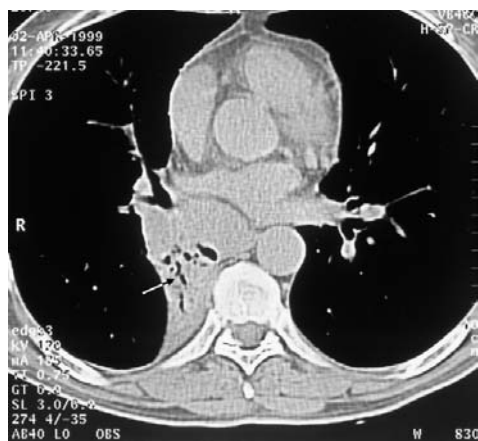
a) niedodma – spowodowana uciskiem lub wypełnieniem światła oskrzela przez masę guza.

W położonej obwodowo od guza, poststenotycznej, zmienionej niedodmo-zapalnie tkance płucnej, stwierdza się w części przypadków oskrzela zawierające powietrze lub płyn (objaw bronchogramu płynowego i/lub powietrznego) (ryc. 13a, b). Obszar niedodmy jest bardziej wzmocniony kontrastowo niż sam guz [35],





a)



b)

**Ryc. 13 a, b.** Obraz bronchogramu płynowego w konwencjonalnym badaniu TK (strzałki) (a) i powietrznego w badaniu HRCT (b) w niedodmowym mięszu płucnym

**Fig. 13 a, b.** Fluid bronchogram in plain CT (arrows) (a) and air bronchogram in atelectatic lung area in HRCT (b)

b) rozedma – wywołana obecnością częściowo zwężającego światło oskrzela guza (rozedma wentylowa);

5. Zmiany nowotworowe w świetle oskrzela. Niekiedy można je stwierdzić na rutynowych skanach TK lub w badaniu HRCT, lepszą metodą oceny jest jednak bronchografia TK lub bronchoskopia TK.

## Badania przesiewowe w raku płuca

Wczesne wykrycie (T1N0M0) i odpowiednie leczenie raka płuc aż w 70% przypadków daje szansę na 5-letnie przeżycie [36]. W ostatnich latach pojawiło się wiele doniesień na temat prób tworzenia protokołów badań przesiewowych w kierunku raka płuc. Powinny być wykonywane za pomocą wielorzędowych aparatów TK, co pozwala na zmniejszenie dawki promieniowania. Dodatkowo zmniejszenie dawki promieniowania, na którą jest narażony pacjent, można uzyskać przez stosowanie małodawkowych protokołów (50 mA zamiast 200 mA), co powoduje tylko nieznaczne pogorszenie jakości obrazu. Badania są wykonywane bez użycia środków kontrastowych [37–39].

## Podsumowanie

Tomografia komputerowa ma szerokie możliwości obrazowania narządów klatki piersiowej, w tym także płuc i służy najczęściej przedoperacyjnej ocenie stopnia zaawansowania raka płuc.

Postęp technologiczny dokonujący się stale w tej metodzie diagnostycznej zarówno w zakresie samej aparatury, jak i oprogramowania umożliwia uzyskiwanie coraz dokładniejszych obrazów u chorych z nowotworami płuc, przy jednoczesnym skróceniu czasu badania i zmniejszeniu dawki promieniowania. Sprawia to, że rola TK w diagnostyce nowotworów płuc stale się zwiększa.

Uwzględniając, że rak oskrzela rozpoznawany w chwili wystąpienia objawów klinicznych jest często nieuleczalny oraz wysoką wartość TK w jego wykrywaniu, należy rozważyć wprowadzenie badań przesiewowych TK w grupach dużego ryzyka.

## Piśmiennictwo

- [1] Rosado-deChristenson ML: Tumors of the lung, pleura and chest wall. *Eur Radiol* 1999, 9, Suppl. 2, 107–114.
- [2] Walecki J, Ziemiański A: Rezonans magnetyczny i tomografia komputerowa w praktyce klinicznej. Springer PWN, Warszawa 1997, 12–13.
- [3] Haaga JR: CT and MR Imaging of the Whole Body. Mosby, St. Louis 2003, 838–841.
- [4] Meduri S, De Petri T, Modesto A, Moretti CA: Multislice CT: technical principles and clinical application. *Radiol Med* 2002, 103 (3), 143–157.
- [5] Hansell DM: HRCT-pathologic correlation in small airways diseases. *Eur Radiol* 1999, 9, Suppl. 2, 89–105.
- [6] Potente G, Lee KS: The challenge of solitary pulmonary nodules: HRCT evaluation. *Comput Med Imaging Graph* 1997, 21, 10, 39–46.
- [7] Seeman MD, Staebler A, Beinert T, Dienemann H: Usefulness of morphological characteristics for the differentiation of benign from malignant solitary pulmonary lesions using HRCT. *Eur Radiol* 1999, 9, 409–417.
- [8] Mayo JR, Webb WR: High-resolution CT of the lungs; an optimal approach. *Radiology* 1987, 163, 507–510.
- [9] Uhrmeister P, Allmann K, Wertzel H: Chest wall infiltration by lung cancer: value of thin section CT with different reconstruction algorithms. *Eur Radiol* 1999, 9, 1304–1309.

- [10] **Quint LE, Whyte RI:** Stenosis of the central airways: evaluation by using helical CT with multiplanar reconstructions. *Radiology* 1998, 194, 871–877.
- [11] **Remy-Jardine M, Remy J:** Obstructive lesions of the central airways: evaluation by using spiral CT with multiplanar and three-dimensional reformations. *Eur Radiol* 1997, 6, 807–816.
- [12] **Feretti GR, Knoplioch J:** Central airways stenoses: preliminary results of spiral-CT-generated virtual bronchoscopy simulations in 29 patients. *Eur Radiol* 1997, 7, 854–859.
- [13] **Rankin SC:** CT angiography. *Eur Radiol* 1999, 9, 297–310.
- [14] **Dugale PE, Miles KA, Bunce I, Kelley BB, Legget D:** CT Measurement of Perfusion and Permeability Within Lymphoma Masses and Its Ability to Assess Grade, Activity and Chemotherapeutic Response. *J Comput Assist Tomogr* 1999, 23 (4), 540–547.
- [15] **Napel S, Rubin GD, Jeffrey RB:** STS-MIP: a new reconstruction technique for CT of the chest. *J Comput Assist Tomogr* 1993, 17 (5), 832–838.
- [16] **Diederich S, Lentschig MG, Overbeck TR, Wormanns D, Heindel W:** Detection of pulmonary nodules at spiral CT: comparison of maximum intensity projection sliding slabs and single-image reporting. *Eur Radiol* 2001, 11, 1345–1350.
- [17] **Marten K, Engelke C, Seyfarth, Rummeny RJ:** Computer aided diagnosis of pulmonary metastasis using 16-row multislice CT: influence of reconstruction slice thickness on detection performance. *ECR Eur Radiol* 2004, 14 Suppl. 2, 2004, 286.
- [18] **Herzog P, Seyfarth T, Herrmann K, Wieser A:** Performance of a computer aided diagnosis tool for the detection of pulmonary nodules at multidetector-row CT data. *ECR Eur Radiol* 2004, 14 Suppl. 2, 286.
- [19] **Ghaye B, Dondelinger RF:** Imaging guided thoracic interventions. *Eur Resp J* 2001, 17, 507–528.
- [20] **Ghaye B, Dondelinger RF, Dewe W:** Percutaneous CT-guided lung biopsy: sequential versus spiral scanning. A randomized prospective study. *Eur Radiol* 1999, 9, 1317–1320.
- [21] **Maldonado RL:** The CT angiogram sign. *Radiology* 1999, 210 (2), 323–324.
- [22] **Kuriyama K:** Prevalence of Air Bronchogram in Small Peripheral Carcinomas of the Lung on thin-section CT: Comparison with benign tumors. *AJR* 1991, 156 (5), 921–924.
- [23] **Volterrani L, Vegni V:** Small solitary pulmonary nodule and high-resolution CT; a preliminary report. *Eur Radiol* 1995, 5, 443–447.
- [24] **Stern EJ, Swensen SJ:** High-Resolution CT of the Chest. Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia–New York 1998, 75.
- [25] **Blomley M, Tsushima Y, Dawson P, Peters M:** Ideal contrast medium bolus for perfusion measurement in dynamic lung CT. *Radiology* 1997, 205 (2), 471–478.
- [26] **Zhang M, Kono M:** Solitary pulmonary nodules: evaluation of blood flow patterns with dynamic CT. *Radiology* 1997, 205 (2), 471–478.
- [27] **Tagliabue M, Macchi I, Merlini L, Lazzari MG, Bernasconi P, Poppi D, Gadda D, Piazza R:** Assessment of contrast enhancement in solitary pulmonary nodules studied with spiral computerized tomography. Preliminary results. *Radiol Med (Torino)* 1997, 93 (5), 539–544.
- [28] **Swensen SJ, Viggiano RW, Midthun DE, Muller NL, Sherrick A, Yamashita K, Naidich D:** Lung Nodule Enhancement at CT: Multicenter Study. *Radiology* 2000, 214, 73–80.
- [29] **Gaśiorek D, Saśiadek M:** Wartość tomografii komputerowej wysokiej rozdzielczości w diagnostyce guzów płuc. *Pol Przegl Radiol* 2000, 65, 239–243.
- [30] **Herold CJ, Bankier A, Fleishmann D:** Lung metastases. *Eur Radiol* 1996, 6, 596.
- [31] **Remy-Jardin M, Remy J:** Assessment of diffuse infiltrative lung disease: comparison of conventional CT and high-resolution CT. *Radiology* 1991, 181 (1), 157–162.
- [32] **Matsuguma H, Nakahara R, Anraku M, Kondo T, Tsuura Y, Kamiyama Y, Mori K, Yokoi K:** Objective definition and measurement method of ground-glass opacity for planning limited resection in patients with clinical stage IA adenocarcinoma of the lung. *Eur J Cardiothorac Surg* 2004, 25 (6), 1102–1106.
- [33] **Dwamena B., Sonnad S., Angobaldo J.:** Metastases from Non-Small Cell Lung Cancer: Mediastinal Staging in the 1990s. Meta-analytic Comparison of PET and CT. *Radiology* 1999, 213, 530–536.
- [34] **Theros EG:** Varying manifestations of peripheral pulmonary neoplasms: a radiologic-pathologic correlative study. *AJR* 1977, 128, 893–914.
- [35] **Aberle DR, Gamsu G, Henschke CI, Naidich DP, Swensen SJ:** A consensus statement of the Society of Thoracic Radiology Screening for lung cancer with helical computed tomography. *J Thor Imaging* 2001, 16, 65–68.
- [36] **Gotway MB, Webb WR:** CT for lung cancer screening. *Appl Radiol* 2002, 31, 21–33.
- [37] **Karabulut N, Toru M, Gelebek V, Gulsun M, Aryiurek OM:** Comparison of low-dose and standard-dose helical CT in the evaluation of pulmonary nodules. *Eur Radiol* 2002, 12, 2764–2769.
- [38] **van Zandwijk N:** New methods for early diagnosis of lung cancer. *Lung Cancer* 2002, 38 (1), S9.
- [39] **Kauczor HU, Heussel CP, Thelen M:** Radiodiagnosis of the lung. *Radiologie* 2000, 40 (10), 870–877.

### Adres do korespondencji:

Dorota Sosnowska-Pacuszko  
 Dział Radiologii Dolnośląskiego  
 Szpitala Specjalistycznego im. T. Marciniaka  
 ul. Traugutta 116  
 50-420 Wrocław  
 e-mail: dorososna@wp.pl

Praca wpłynęła do Redakcji: 30.07.2004 r.

Po recenzji: 27.08.2004 r.

Zaakceptowano do druku: 27.08.2004 r.

Received: 30.07.2004

Revised: 27.08.2004

Accepted: 27.08.2004