

# Wentrykulografia radioizotopowa we współczesnej praktyce kardiologicznej w Polsce

## Radionuclide ventriculography in contemporary cardiological practice in Poland

Wojciech Cytawa<sup>1</sup>, Grzegorz Romanowicz<sup>1</sup>, Marcin Gruchała<sup>2</sup>, Piotr Lass<sup>1, 3</sup>

<sup>1</sup>Zakład Medycyny Nuklearnej Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego

<sup>2</sup>Klinika Kardiologii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego

<sup>3</sup>Zakład Spektroskopii Molekularnej Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Gdańskiego

### STRESZCZENIE

W niniejszej pracy opisano wentrykulografię radioizotopową pod kątem techniki wykonania i wskazań klinicznych oraz porównano prezentowane w literaturze wyniki pomiarów parametrów hemodynamicznych uzyskiwanych tą metodą i innymi metodami, takimi jak echokardiografia i rezonans magnetyczny. W pracy zamieszczono także wyniki ankiety przeprowadzonej w zakładach medycyny nuklearnej w Polsce, mającej ocenić liczbę wykonywanych wentrykulografii radioizotopowych w ostatnich kilku latach. Wyniki ankiety wskazują na niewielkie zainteresowanie tym badaniem wśród lekarzy klinicyistów, pomimo jego zalet.

*Choroby Serca i Naczyń 2016, 13 (3), 235–243*

**Słowa kluczowe:** wentrykulografia radioizotopowa, echokardiografia, rezonans magnetyczny, zakład medycyny nuklearnej, Polska

### ABSTRACT

In the paper we described radionuclide ventriculography (MUGA) with special attention to technique, clinical indications and review of papers comparing results of hemodynamic parameters obtained by MUGA and other imaging modalities, such as echocardiography and nuclear magnetic resonance. We also present the results of a questionnaire conducted in nuclear medi-

cine departments in Poland, which was supposed to estimate the number of ventriculographies performed in recent years, proving its small popularity among physicians, despite its advantages.

*Choroby Serca i Naczyń 2016, 13 (3), 235–243*

**Key words:** radionuclide ventriculography, echocardiography, nuclear magnetic resonance, nuclear medicine department, Poland

### WPROWADZENIE

Wentrykulografia radioizotopowa (RNV, *radionuclide ventriculography*) jest nieinwazyjnym badaniem służącym ocenie funkcji skurczowej i rozkurczowej mięśnia sercowego, wykonywanym w zakładach medycyny nuklearnej. Może być przeprowadzana dwoma sposobami:

- metodą *First-pass* (FP-RNA, *first-pass radionuclide angiography*), która polega na dożylnym podaniu radioznacznika (koloid siarczkowy- $Tc^{99m}$ , DTPA- $Tc^{99m}$  lub nadtechnecjan sodu) w formie bolusa i rejestracji serii obrazów podczas jego pierwszego przejścia przez serce, co umożliwia wyliczenie frakcji wyrzutowej zarówno lewej, jak i prawej komory oraz ocenę ewentualnych przecieków;
- metodą bramkowanej scyntygrafii zbioru krwi (*gated blood pool scintigraphy*), która opiera się na wyznakowaniu krwinek czerwonych technetem- $^{99m}$  i zobrażowaniu puli krwi komór serca w stanie równowagi, kiedy znakowane erytrocyty są równomiernie wymieszane w całej objętości krwi (ERNA, *equilibrium radionuclide angiography* lub MUGA, *multigated acquisition*; zwyczajowo najczęściej używa się drugiego terminu). Badanie MUGA cechuje się potwierdzoną w wielu

#### Adres do korespondencji:

lek. Wojciech Cytawa  
Zakład Medycyny Nuklearnej  
Uniwersyteckie Centrum Kliniczne  
ul. Dębinki 7, 80–952 Gdańsk  
tel. 58 349 22 03  
e-mail: wcytawa@gumed.edu.pl

badaniach [1, 2] dużą dokładnością i powtarzalnością w obliczaniu parametrów hemodynamicznych serca, między innymi frakcji wyrzutowej lewej komory (LVEF, *left ventricular ejection fraction*).

Frakcja wyrzutowa lewej komory jest najczęściej wykorzystywanym w praktyce klinicznej parametrem hemodynamicznym stosowanym do oceny jej funkcji. Jak wiadomo, określa ona procent krwi wyrzucanej z lewej komory w każdym skurczu serca. Jest istotnym parametrem prognostycznym rozwoju niewydolności krążenia u chorych po przebytym zawale serca [3], jak również koreluje z klasą funkcjonalną niewydolności serca według *New York Heart Association* [4]. Precyzyjne wyliczenie LVEF ma istotne znaczenie przy podejmowaniu wielu decyzji terapeutycznych w kardiologii [5].

Celem niniejszej pracy jest po pierwsze opisanie wentrykulografii radioizotopowej i wskazań klinicznych do jej wykonania oraz przegląd wybranych publikacji porównujących wyniki pomiarów uzyskanych tą metodą z wynikami otrzymanymi po zastosowaniu innych technik, takich jak echokardiografia i rezonans magnetyczny serca (MRI, *magnetic resonance imaging*). Po drugie, w pracy przedstawiono wyniki ankiety oceniającej aktualne wykorzystanie wentrykulografii radioizotopowej w Polsce.

## HISTORIA

Wentrykulografia radioizotopowa została wprowadzona do praktyki klinicznej w 1976 roku [6], jednak pierwsze próby wykorzystania metod radioizotopowych do badania czynności mięśnia sercowego zostały podjęte już w 1968 roku przez Hoffmanna [7], który próbował określić zmiany objętości komór po dożylnym podaniu izotopu, przy użyciu sondy gamma. Pierwsze zobrazowanie radioznacznika w obrębie struktur serca zawdzięczamy Masonowi [8], który podawał nadtechnecjan sodu bezpośrednio do komór w czasie cewnikowania serca (1969), zaś Strauss w 1971 roku po raz pierwszy wykonał scyntyografię serca po dożylnym podaniu związków zawierających nadtechnecjan sodu [9]. W kolejnych latach udoskonalano to badanie, wprowadzając między innymi metodę bramkowania (*patrz dalej*) obrazu sygnałem EKG, która umożliwiła wyliczenie frakcji wyrzutowej na podstawie liczby zliczeń promieniowania gamma z obszaru lewej komory w skurczu i rozkurczu. Ostatecznie wyodrębniły się dwie metody scyntygraficznej oceny czynności komór serca — badanie „pierwszego przejścia”, czyli *first-pass*, oraz ERNA.

## BADANIE

### Radiofarmaceutyki

Znakowanie erytrocytów odbywa się metodami *in vivo*, *in vitro* lub *in vivo-vitro*. Najczęściej stosuje się metodę *in vivo*, w której wstępnie „uczula się” erytrocyty pirofosforanem lub innym preparatem zawierającym odpowiednią ilość chlorku cynawego, podawanym *i.v.*, a następnie podaje się *i.v.* roztwór nadtechnecjanu sodu ( $^{99m}\text{TcO}_4^-$ ) o aktywności 20–25 mCi/70 kg masy ciała.

Złe wyznakowanie krwinek może być łatwo wykryte, ponieważ wolna frakcja  $^{99m}\text{TcO}_4^-$  gromadzi się w błonie śluzowej żołądka, śliniankach i tarczycy. Niektóre leki, na przykład heparyna, prazosyna, metyldopa, mogą utrudniać proces znakowania. U pacjentów z niektórymi chorobami, jak na przykład przewlekła białaczka limfatyczna, chłoniak niezłośliwy lub toczeń rumieniowaty, jakość wyznakowania również może być obniżona [10].

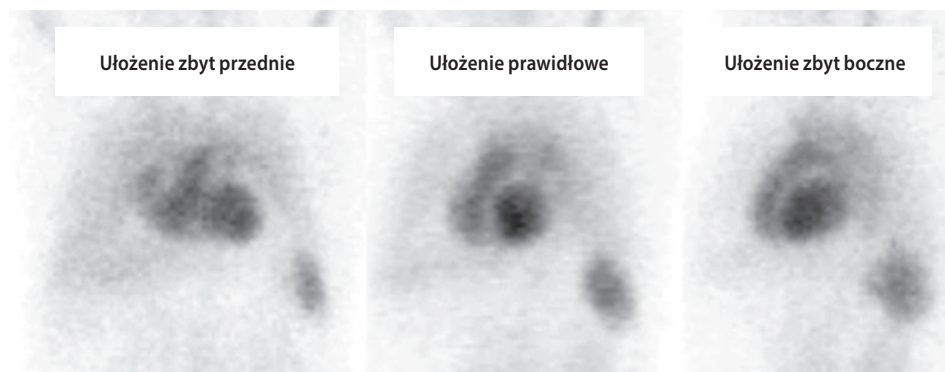
Narażenie pacjenta na promieniowanie jonizujące podczas wentrykulografii radioizotopowej jest umiarkowane — dawka efektywna wynosi 5,2 mSv [11]. Na przykład dawka promieniowania jonizującego podczas konwencjonalnej tomografii komputerowej klatki piersiowej wynosi 7 mSv [12].

### Akwizycja obrazu

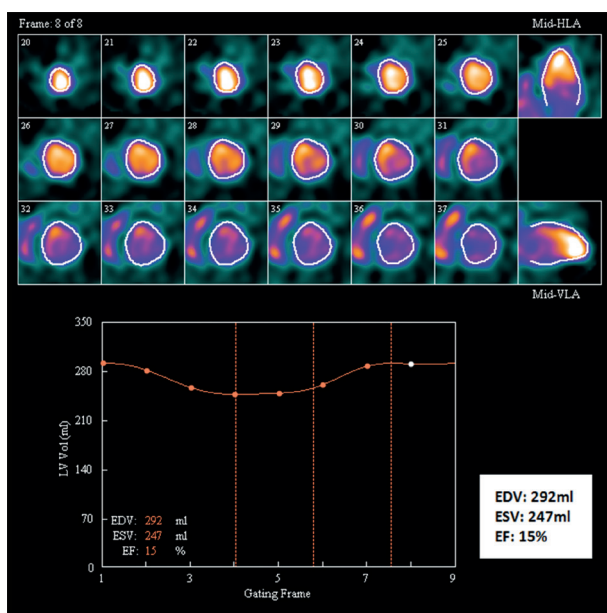
Rejestracja obrazu odbywa się metodą planarną lub tomograficzną (opisaną poniżej). W badaniu planarnym prawidłowe ułożenie głowicy jest istotne ze względu na uzyskanie maksymalnej separacji prawej i lewej komory — zazwyczaj udaje się ją uzyskać w projekcji lewej przedniej skośnej (LAO, *left anterior oblique*), pod kątem 45 stopni w stosunku do płaszczyzny strzałkowej pacjenta, czyli równoległe do przegrody międzykomorowej. W niektórych przypadkach konieczna jest niewielka korekta ustawienia głowicy, o kilka stopni w jednym lub drugim kierunku. Przykładowe prawidłowe oraz błędne ułożenia głowicy przedstawiono na rycinie 1. Pozostałe parametry akwizycji powinny być następujące: kolimator niskoenergetyczny ogólnego zastosowania, matryca  $64 \times 64$ , okno energetyczne  $140 \text{ keV} \pm 10\%$ , bramka sercowa 24 ramki/cykl pracy serca, czas akwizycji 2–3 minut [11].

### Metoda SPECT MUGA

Badanie tomografii emisyjnej pojedynczego fotonu (SPECT, *single photon emission computed tomography*) jest badaniem pozwalającym uzyskać obraz przestrzenny komór serca, umożliwiając obliczenie frakcji wyrzutowej obydwu komór i ich objętości — późnoskurczowej



**Rycina 1.** Prawidłowe i błędne ułożenia głowicy gammakamery w czasie planarnego badania MUGA (materiał własny z Zakładu Medycyny Nuklearnej Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego w Gdańsku)



**Rycina 2.** Badanie MUGA SPECT umożliwiające wyliczenie frakcji wyrzutowej oraz objętości końcoworozkurczowej (EDV, *end-diastolic volume*) i końcowoskurczowej (ESV, *end-systolic volume*) lewej komory. Badanie pacjenta z kardiomiopią rozstrzeniową nieniedokrwienną (materiał własny z Zakładu Medycyny Nuklearnej Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego w Gdańsku)

i późnorozkurczowej (ESV, *end-systolic volume*; EDV, *end-diastolic volume*) (ryc. 2). W badaniu można również ocenić regionalne zaburzenia ruchomości ściany komór (*wall motion*).

Przykładowe parametry akwizycji: przy korzystaniu z dwugłowicowej gammakamery należy ustawić liczbę projekcji na 30 lub 32 na głowicę, z czasem akwizycji 30 sekund na projekcję. Głowice powinny być ułożone pod kątem 90 stopni względem siebie i wykonać obrót także o 90 stopni, co łącznie zapewni obrazowanie w zakresie 180 stopni, od projekcji prawej przedniej skośnej (RAO, *right anterior oblique*) pod kątem 45 stopni, do projekcji



**Rycina 3.** Pacjent w trakcie badania MUGA SPECT. Końcowy etap badania: dwie głowice pod kątem 90 stopni, jedna w projekcji LPO, druga w projekcji LAO pod kątem 45 stopni (materiał z Zakładu Medycyny Nuklearnej Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego w Gdańsku, za zgodą Dyrekcji)

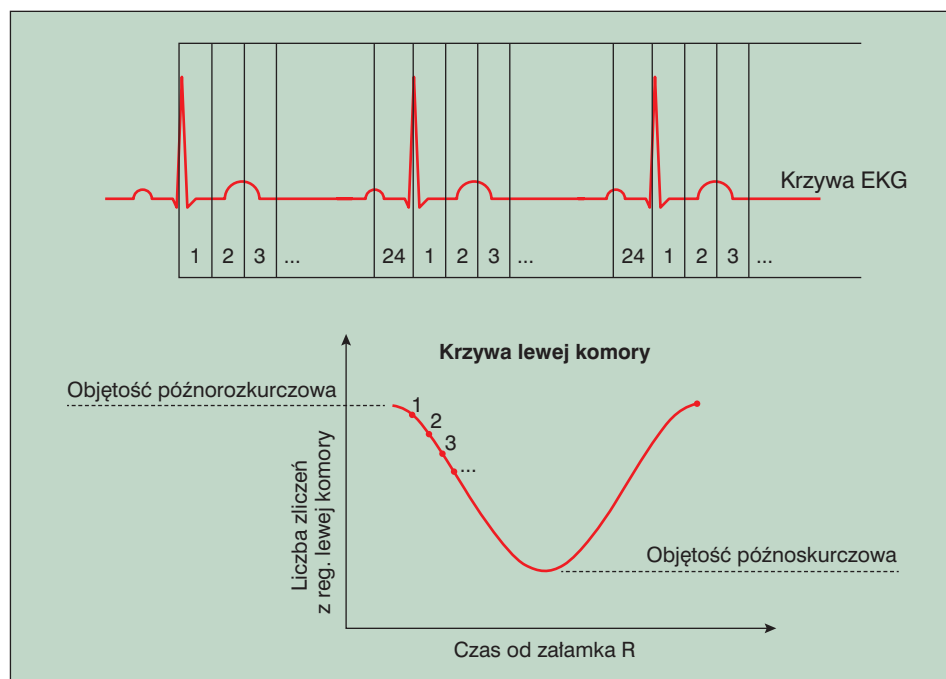
lewej tylnej skośnej (LPO, *left posterior oblique*) (ryc. 3). Łączny czas akwizycji powinien wynosić około 15 minut.

### Badanie wysiłkowe

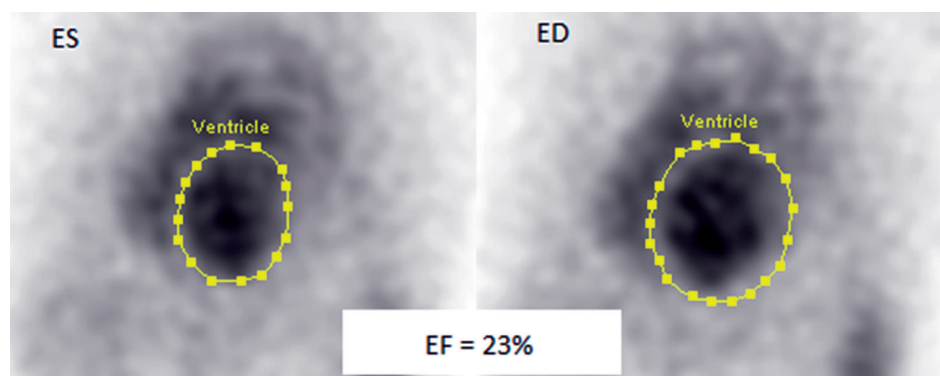
W celu oceny czynności lewej komory w czasie wysiłku istnieje możliwość wykonania próby wysiłkowej lub farmakologicznej w trakcie badania scyntygraficznego. Wymagany jest do tego specjalny cykloergometr, który stabilizuje pozycję pacjenta, aby zminimalizować wystąpienie artefaktów ruchowych. Próby farmakologicznie najczęściej przeprowadza się w tym przypadku z dobutaminą. Prawidłową reakcją na wysiłek fizyczny jest wzrost frakcji wyrzutowej przynajmniej o 5 punktów procentowych w stosunku do wartości wyjściowej [13].

### Parametry możliwe do oceny

Poza podstawowymi parametrami funkcji lewej komory, takimi jak LVEF, ESV czy EDV wymienionymi powyżej, badanie ocenia także szereg innych parametrów



**Rycina 4.** Zasada działania bramki EKG (elektrokardiografia)



**Rycina 5.** Region lewej komory zaznaczony w fazie końcoworozkurczowej (ED, end-diastolic) oraz końcowoskurczowej (ES, end-systolic); frakcja wyrzutowa (EF, *ejection fraction*) 23% (materiał własny z Zakładu Medycyny Nuklearnej Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego w Gdańsku)

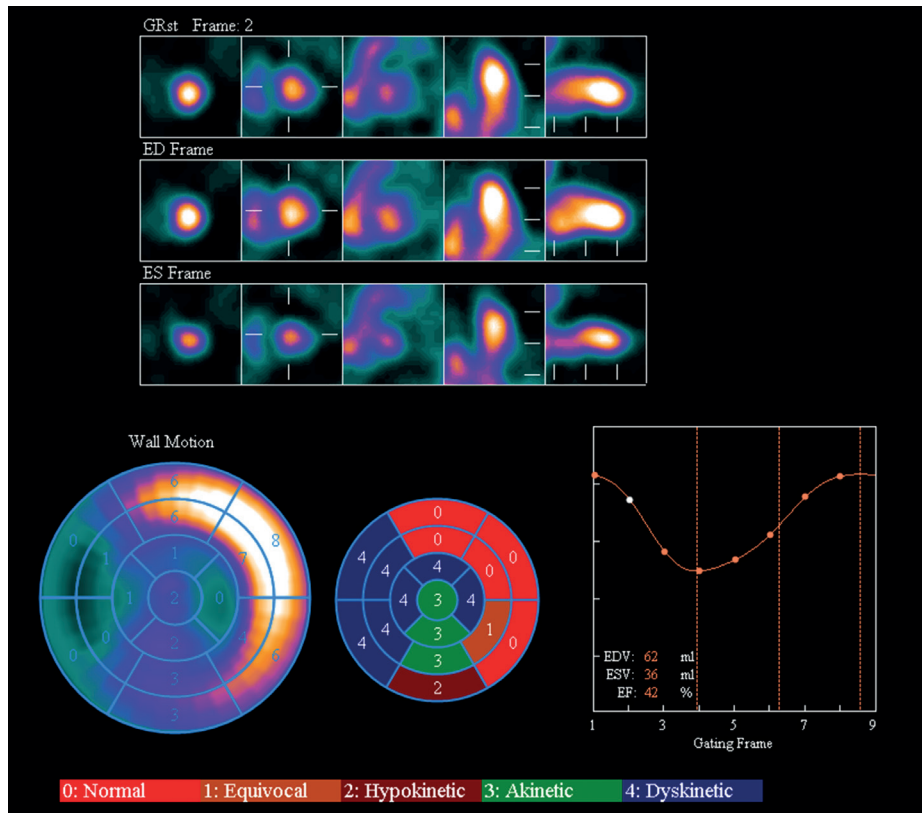
hemodynamicznych lewej komory: krzywa zmiany objętości lewej komory (odzwierciedlająca zmieniającą się objętość lewej komory w trakcie pojedynczego cyklu serca; ryc. 2, 4), ruchomość ściany, tempo opróżniania (parametry: PER, *peak emptying rate* oraz TPER, *time to peak emptying rate*, mierzony od końca rozkurczu) i tempo napełniania (parametry: PFR, *peak filling rate* oraz TPF, *time to peak filling rate*, mierzony od końca skurczu). Wymienione parametry wyliczane są na podstawie liczby zliczeń promieniowania gamma zmierzonego w regionie obrysowanym wokół granic lewej komory na obrazie scyntygraficznym (ryc. 5). Bramka EKG (ryc. 4) sumuje zliczenia z poszczególnych ramek czasowych z kilkuset

cykli serca, uzyskując w ten sposób wystarczającą ich liczbę dla odpowiedniej jakości obrazu.

Ciekawą i czytelną formą prezentowania różnych parametrów hemodynamicznych są tak zwane obrazy parametryczne serca (ryc. 6). Przedstawiają one regionalne rozmieszczenie w rzucie jam serca parametrów hemodynamicznych, takich jak: frakcja wyrzutowa, regionalne zaburzenia kurczliwości (stopień grubienia mięśnia sercowego — *wall thickening*) czy faza skurczu. Lokalna zmiana barw na obrazach parametrycznych odpowiada natężeniu danego parametru.

Metoda ta może służyć na przykład ocenie dyssynchronii skurczu lewej komory u pacjentów z zaburzeniem





**Rycina 6.** Obrazy parametryczne serca. Diagram przedstawiający regionalną kurczliwość lewej komory u pacjenta z zaburzeniami kurczliwości w obszarze koniuszka, przegrody i ściany dolnej oraz blokiem lewej odnogi pęczka Hisa (materiał własny z Zakładu Medycyny Nuklearnej Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego w Gdańsku)

przewodzenia śródkomorowego w bloku lewej odnogi pęczka Hisa (LBBB, *left bundle branch block*) [14].

Odmiana wentrykulografii radioizotopowej wykonana techniką „pierwszego przejścia”, czyli badanie typu *first-pass*, pozwala ocenić między innymi istotność przecieku międzykomorowego lub międzyprzedsionkowego. Badanie wykonuje się po podaniu radioznacznika w formie bolusa i zarejestrowaniu jego aktywności w rzucie serca, płuc i dużych naczyń. Na tej podstawie określa się parametr Qp:Qs, czyli stosunek przepływu płucnego do przepływu systemowego. Prawidłowa wartość parametru Qp:Qs wynosi maksymalnie 1,2:1. Badanie najczęściej znajduje zastosowanie w kardiologii dziecięcej przy kwalifikowaniu do korekcji wad wrodzonych serca z przeciekiem lewo-prawym [15].

## Wentrykulografia radioizotopowa

### Zalety wentrykulografii radioizotopowej

Wśród zalet wentrykulografii radioizotopowej należy wymienić następujące:

- wysoka powtarzalność wyników uzyskiwanych bez wpływu subiektywnej oceny obserwatora;

- duża precyzja wyznaczania frakcji wyrzutowej — do jej wyliczenia nie są potrzebne teoretyczne założenia na temat kształtu komory serca;
- brak istotnych artefaktów spowodowanych zmiennymi warunkami anatomicznymi — wpływają one w niewielkim stopniu na jakość obrazów i wiarygodność wyników.

### Wskazania do wykonania badania

Wykonanie badania MUGA jest przede wszystkim wskazane w następujących sytuacjach klinicznych [16]:

- w celu oceny LVEF u pacjentów poddawanych kardiotoksycznej chemioterapii, w przypadku której konieczne jest stałe monitorowanie tego parametru. Dotyczy to na przykład cytostatyków z grupy antracyklin, przykładowo dokсорubicyny. Obniżenie frakcji wyrzutowej o 10 punktów procentowych w stosunku do wartości wyjściowej lub obniżenie poniżej 45% stanowi istotny czynnik prognostyczny rozwoju zastoinowej niewydolności serca;
- w celu dokładnej oceny skurczowej funkcji prawej komory;

- w przypadku niekorzystnych warunków anatomicznych (zniekształcenia klatki piersiowej, otyłość, rozedma) skutkujących brakiem odpowiedniego „okna ultrasonograficznego” potrzebnego do prawidłowego wykonania echokardiografii (ok. 10% pacjentów).

Pozostałe, rzadziej wymieniane wskazania omówiono poniżej.

### *Choroba wieńcowa*

Wartość spoczynkowej frakcji wyrzutowej lewej komory u pacjentów ze stabilną chorobą wieńcową stanowi wiarygodny, długoterminowy czynnik prognostyczny wystąpienia incydentów sercowych, których częstość wzrasta znacząco przy frakcji poniżej 50%. Rokowanie po zawale serca pogarsza się znacznie przy EF niższej niż 30%. Wentrykulografia radioizotopowa pozwala z dużą precyzją wyliczyć LVEF, dzięki czemu umożliwia dokładne określenie rokowań w chorobie wieńcowej.

### *Diagnostyka różnicowa choroby wieńcowej i zaburzeń krążenia płucnego*

Wentrykulografia radioizotopowa pozwala różnicować przewlekłą niewydolność prawokomorową, występującą na przykład w przebiegu przewlekłej obturacyjnej choroby płuc (POChP) (w tym przypadku wentrykulografia uwidoczni zaburzenia funkcji i poszerzenie prawej komory oraz prawidłową funkcję lewej komory) od zastoju w krążeniu płucnym będącego efektem niewydolności lewokomorowej (wentrykulografia uwidoczni wówczas powiększenie lewej komory lub zaburzenia jej funkcji). U pacjentów z rozpoznaną POChP obniżenie frakcji wyrzutowej prawej komory poniżej 35% jest stosunkowo czułym wyznacznikiem nadciśnienia płucnego.

### *Diagnostyka kardiomiopatii*

Wentrykulografia radioizotopowa ułatwia diagnostykę różnicową kardiomiopatii rozstrzeniowej, przerostowej i restrykcyjnej. Na przykładu kardiomiopatię przerostową będzie cechować prawidłowa lub podwyższona frakcja wyrzutowa, wzmożona funkcja skurczowa oraz mała objętość lewej komory wynikająca z pogrubienia jej ścian. Kardiomiopatia rozstrzeniowa natomiast będzie się objawiać poszerzeniem komory, rozlaną hipokinezą ściany i frakcją wyrzutową mniejszą niż 40%.

### *Zastoinowa niewydolność serca*

Okolo 30% chorych z zastoinową niewydolnością serca ma zaburzenia funkcji rozkurczowej lewej komory,

a główną przyczyną tych zaburzeń jest kardiomiopatia przerostowa. W badaniu MUGA ujawniają się wówczas: prawidłowa frakcja wyrzutowa i upośledzone napełnianie lewej komory (obniżony współczynnik PFR oraz wydłużony TPFR). Rozróżnienie skurczowych od rozkurczowych zaburzeń funkcji lewej komory jest istotne z punktu widzenia wyboru odpowiedniego sposobu leczenia.

Pozostałe wskazania to ocena funkcji lewej komory po przeszczepieniu serca oraz choroba zastawkowa serca (ocena rokowania na podstawie wartości LVEF).

### **Porównanie wentrykulografii radioizotopowej z innymi badaniami do oceny frakcji wyrzutowej lewej komory — echokardiografia i rezonansem magnetycznym**

Wentrykulografia radioizotopowa cechuje się, jak wspomniano wyżej, wysoką powtarzalnością wyników, pozostaje jednak pytanie o zbieżność uzyskanych wyników z innymi metodami obrazowania, zwłaszcza z MRI i echokardiografią. Rezonans magnetyczny cechuje się bardzo wysoką rozdzielczością przestrzenną i pozwala najdokładniej zmierzyć objętości zarówno lewej, jak i prawej komory serca, bez konieczności przyjmowania założeń na temat kształtu tych struktur; ponadto, badanie to pozbawione jest promieniowania jonizującego. Jego wady natomiast stanowią wysoki koszt i ograniczona dostępność.

Echokardiografia jest metodą szeroko dostępną w praktyce kardiologicznej, także wolną od promieniowania jonizującego, obarczoną jednak szeregiem wad, takich jak: zależność wyników od osoby wykonującej badanie, konieczność przyjmowania teoretycznych założeń dotyczących kształtu lewej komory serca czy ryzyko braku właściwego „okna ultrasonograficznego” i w konsekwencji nieodpowiednie warunki obrazowania.

Biorąc pod uwagę powyższe „za” i „przeciw”, można wysnuć wnioski, że wentrykulografia radioizotopowa potencjalnie stanowi wartościową alternatywę jako badanie oceniające parametry funkcji skurczowo-rozkurczowej serca. Poniżej przedstawiono fakty z literatury naukowej pokazujące, czy badanie to może być stosowane zamiennie z echokardiografią lub MRI.

Wysoką korelację ( $r = 0,94$ ) między pomiarami LVEF u 10 pacjentów uzyskanymi w tomograficznej wentrykulografii radioizotopowej (MUGA SPECT) oraz w MRI serca odnotowali Chin i wsp. [17], mimo szerokiej rozpiętości wyników mieszczących się między 12 a 85%. Współczynnik regresji liniowej (*slope*) oraz stała regresji (*intercept*)

dla tego porównania wynosiły odpowiednio 1,1 i -5,6, co oznacza wysoką zgodność wyników. Średni wynik LVEF uzyskany w badaniu MUGA SPECT ( $52,6 \pm 23,8\%$ ,  $n = 10$ , zakres = 12–85) nie różnił się istotnie od wyniku z MRI ( $49,3 \pm 20,4\%$ , zakres = 20–75,  $n = 10$ ) ( $p = 0,78$ ). W tej samej pracy autor porównał także wyniki planarnej scyntygrafii MUGA z MRI. Jej średni wynik ( $42,2 \pm 18,9\%$ , zakres = 17–68,  $n = 10$ ) był istotnie niższy od średniej wyników z MRI ( $49,3 \pm 20,4\%$ , zakres = 20–75,  $n = 10$ ) ( $p < 0,01$ ). Praca wskazuje zatem na większą zgodność wyników tomograficznego badania MUGA z MRI niż wyników badania planarnego. Wynika to z faktu, iż w badaniu planarnym nie można dokładnie oddzielić lewej komory od otaczających struktur, takich jak prawa komora i lewy przedsionek, co nie stanowi problemu w badaniu SPECT. Badanie planarne jest technicznie prostsze do wykonania oraz zajmuje mniej czasu niż SPECT, jednak w celu precyzyjnej oceny zaleca się wykonanie wersji tomograficznej.

Z kolei w pracy Sibille i wsp. [18] wykazano nie tylko wysoką korelację między wynikami pomiarów LVEF z badania MUGA SPECT oraz MRI ( $r = 0,92$ ,  $p < 0,001$ ), lecz także nie zaobserwowano istotnych różnic między średnimi wynikami z tych dwóch badań (średnie wyniki LVEF w MUGA SPECT:  $58 \pm 19\%$ , w MRI:  $56 \pm 17\%$ ,  $p = 0,063$ ). Maksymalne różnice między wynikami dwóch metod rozciągały się jednak od -10,7 do 15,5 (95-procentowe granice zgodności Blanda-Altmana), co w praktyce oznacza, że metody te nie mogą być stosowane zamiennie, ponieważ różnice mogłyby być istotne z klinicznego punktu widzenia.

W przypadku odcinkowych zaburzeń kurczliwości lewej komory różnice w wynikach pomiarów LVEF uzyskanych ze scyntygrafii oraz MRI zwiększają się. W publikacji Darasz i wsp. [19] porównującej wyniki LVEF u 82 pacjentów po zawale ściany przedniej wykazano istotną statystycznie średnią różnicę między badaniem planarnym MUGA (tylko takie wykonano) a rezonansem na poziomie -13,8 (scyntygrafia zaniżała wyniki LVEF w stosunku do rezonansu). Zatem w przypadku wspomnianych zaburzeń kurczliwości ocena w scyntygrafii planarnej jest obciążona błędem. W badaniu nie zamieszczono porównania wyników badania SPECT.

W pracy Bellenger i wsp. [20], przeprowadzonym w 52-osobowej grupie pacjentów z niewydolnością serca, zaobserwowano korelację wyników frakcji wyrzutowej lewej komory na poziomie 0,46 ( $p < 0,0001$ ) między 2D-echo a planarnym badaniem MUGA, oraz korelację

0,67 ( $p < 0,0001$ ) między badaniem MUGA a rezonansem magnetycznym. Średnie wyniki dla poszczególnych metod wynosiły odpowiednio dla 2D-echo  $31 \pm 10\%$ , dla badania MUGA  $24 \pm 9\%$  i dla rezonansu  $30 \pm 11\%$ . Wyniki uzyskane w badaniu MUGA były średnio o 7 punktów procentowych niższe niż w 2D-Echo, z granicami zgodności Blanda-Altmana od -27 do 12 oraz o 6 niższe niż w rezonansie, z granicami zgodności od -9 do 22. Porównanie 2D-Echo z rezonansem wypadło nieco gorzej. Wprawdzie średnie wyniki tych dwóch metod nie różniły się istotnie ( $p = 0,23$ ), to jednak korelacja między tymi metodami była najniższa (0,41), a granice zgodności najszersze, od -24 do 20. Badanie to pokazuje, że rozbieżność pomiarów przy niskich frakcjach wyrzutowych, typowych dla niewydolności serca, jest większa niż u zdrowych pacjentów, przy czym w porównaniu z MRI wyniki z badania MUGA okazały się bardziej zgodne niż wyniki echokardiografii.

Optymistyczne wyniki opublikowali Nichols i wsp. [21] w pracy porównującej badanie MUGA SPECT z MRI. Wykazano w niej wysoką korelację i zgodność wyników LVEF u 34 pacjentów z różnymi zaburzeniami funkcji skurczowo-rozkurczowej. Średnia pomiarów frakcji wyrzutowych w scyntygrafii wynosiła  $47 \pm 18\%$ , zakres = 12–75, a w rezonansie:  $46 \pm 18\%$ , zakres = 14–75. Korelacja między metodami była na poziomie  $r = 0,95$ ,  $p < 0,0001$ , natomiast granice zgodności Blanda-Altmana wynosiły od -9,8% do 11,7%. W pracy podkreślano także walor liczbowej oceny parametru *wall motion*, określającego stan regionalnej kurczliwości w scyntygrafii.

### Liczba wentrykulografii radioizotopowych wykonanych w zakładach medycyny nuklearnej w Polsce w latach 2009–2011 (ankieta)

Ankieta z pytaniem o liczbę wykonywanych wentrykulografii radioizotopowych w latach 2009–2011 rozesłano do 60 zakładów medycyny nuklearnej. Poproszono także o przesłanie danych z lat wcześniejszych, o ile były dostępne. Uzyskano odpowiedź z 25 zakładów. W 7 zakładach były wykonywane badania, w pozostałych 18 zakładach ich nie wykonywano. Wyniki zamieszczono w tabeli 1.

W tabeli 1 pokazano, że w siedmiu zakładach medycyny nuklearnej w Polsce w latach 2009, 2010 i 2011 wykonano łącznie odpowiednio 42, 145 i 82 badania. Dwa zakłady (nr 1 i 2) udostępniły również dane z wcześniejszych lat (tab. 2). Można przypuszczać, że zakłady, które nie odpowiedziały na ankietę, nie wykonują tego badania lub wykonują je sporadycznie.

**Tabela 1. Wyniki ankiety prezentującej liczbę wentrykulografii radioizotopowych (MUGA) wykonywanych w zakładach medycyny nuklearnej w Polsce w latach 2009–2011**

Zakład	Liczba wykonywanych badań MUGA w poszczególnych latach		
	2009	2010	2011
1	3	13	0
2	5	8	6
3	2	24	3
4	2	3	2
5	1	1	0
6	4	60	8
7	25	36	63
<b>Razem</b>	<b>42</b>	<b>145</b>	<b>82</b>

**Tabela 2. Dane dotyczące liczby wentrykulografii radioizotopowych (MUGA) wykonanych w dwóch zakładach w latach wcześniejszych — 2004–2007**

Zakład	Liczba wykonywanych badań MUGA we wcześniejszych latach			
	2004	2005	2006	2007
1	Brak danych	Brak danych	8	5
2	69	223	138	24

Wykonywanie w zakładach 60 lub więcej badań MUGA rocznie wynikało z udziału w badaniu klinicznym (uzyskano te informacje telefonicznie), w którym systematycznie kierowano pacjentów na to badanie (w Stanach Zjednoczonych, miejscu prowadzenia wielu szeroko zakrojonych badań klinicznych, MUGA ze względu na historycznych cieszy się nadal dużą popularnością). W pozostałych przypadkach liczba badań jest raczej niewielka — maksymalnie 36 rocznie.

## WNIOSKI I PODSUMOWANIE

Wentrykulografia radioizotopowa jest sprawdzonym i wiarygodnym badaniem oceniającym funkcję lewej komory serca. Cechuje się przede wszystkim wysoką powtarzalnością wyników i obiektywną oceną, niezależną od osoby wykonującej badanie. Korelacja jej wyników z wynikami innych badań, takich jak echokardiografia i MRI, jest zazwyczaj wysoka, jedynie w sytuacjach znacznej dysfunkcji lewej komory wyniki korelacji między tymi metodami mogą się różnić.

Wykorzystanie badania MUGA w warunkach polskich jest niewielkie. Zazwyczaj liczba wykonywanych badań w pojedynczym zakładzie rocznie nie przekracza 10.

W opinii autorów może to wynikać z kilku powodów. Po pierwsze, szeroko dostępną metodą oceny funkcjonalnej serca jest obecnie echokardiografia, która jest badaniem stosunkowo tanim i pozbawionym narażenia na promieniowanie jonizujące (koszt klasycznej, przeklatkowej echokardiografii wynosi w Polsce obecnie ok. 100 zł; koszt wentrykulografii radioizotopowej ok. 200 zł). Drugim powodem może być coraz częstsze wykorzystanie MRI i badania angio-CT serca, jako alternatywnych metod oceny frakcji wyrzutowej w sytuacjach wątpliwych. Należy również wspomnieć o scyntygrafii perfuzyjnej mięśnia sercowego z użyciem znacznika MIBI-Tc99m, którą często wykonuje się z opcją bramkowania (*gated*-SPECT), co dodatkowo umożliwia określenie parametrów funkcji lewej komory. Obawa przed narażeniem pacjenta na znaczną dawkę promieniowania jonizującego podczas MUGA nie znajduje odzwierciedlenia w rzeczywistości, gdyż, jak pokazano, dawka tego promieniowania jest niższa niż na przykład dla tomografii komputerowej klatki piersiowej. W polskich warunkach utrudnienie stanowi również ograniczony dostęp do badania, ze względu na stosunkowo niewielką liczbę zakładów medycyny nuklearnej (ok. 60) oraz statystycznie niewielką liczbę badań wykonywanych rocznie w przeliczeniu na liczbę mieszkańców w porównaniu z innymi krajami europejskimi. Dla przykładu, w około 10-milionowych Czechach w 2001 roku istniało 48 zakładów, które w sumie wykonały 2317 wentrykulografii radioizotopowych [22].

Podsumowując, wentrykulografia radioizotopowa jest stosunkowo rzadko stosowanym badaniem w codziennej praktyce kardiologicznej w Polsce, autorzy wyrażają jednak nadzieję, że walory tego badania przedstawione w niniejszej pracy sprawią, iż jej popularność w Polsce wzrośnie.

## PODZIĘKOWANIA

Pragniemy podziękować następującym zakładom medycyny nuklearnej, które udzieliły nam informacji o liczbie wykonanych wentrykulografii radioizotopowych: Pracowni Medycyny Nuklearnej Szpitala Wojewódzkiego nr 2 im. św. Jadwigi Królowej w Rzeszowie, Zakładowi Medycyny Nuklearnej Szpitala Morskiego im. PCK w Gdyni, Zakładowi Medycyny Nuklearnej Szpitala Specjalistycznego w Pile im. Stanisława Staszica, Pracowni Medycyny Nuklearnej Szpitala Wojewódzkiego im. św. Łukasza SP ZOZ w Tarnowie, Oddziałowi Medycyny Nuklearnej i Endokrynologii Onkologicznej Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego im. Marii Skłodowskiej-Curie



w Zgierz, Zakładowi Radiologii i Medycyny Nuklearnej Samodzielnego Publicznego Szpitala Klinicznego nr 4 w Lublinie, Zakładowi Medycyny Nuklearnej Mazowieckiego Szpitala Wojewódzkiego w Siedlcach (zlikwidowanemu), Zakładowi Medycyny Nuklearnej w Tychach NZOZ *Clinica Medica* w Bielsku Białej, Zakładowi Medycyny Nuklearnej Samodzielnego Publicznego Centralnego Szpitala Klinicznego w Warszawie, Zakładowi Medycyny Nuklearnej i Endokrynologii Onkologicznej Centrum Onkologii — Instytutu w Warszawie, Samodzielnej Pracowni Medycyny Nuklearnej Instytutu Kardiologii w Warszawie, Zakładowi Medycyny Nuklearnej Samodzielnego Publicznego Szpitala Klinicznego nr 1 Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie, Zakładowi Medycyny Nuklearnej Uniwersytetu Medycznego w Łodzi, Zakładowi Medycyny Nuklearnej w Olsztynie, Zakładowi Medycyny Nuklearnej Szpitala Wojewódzkiego w Przemysłu, Pracowni Izotopowej Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego w Częstochowie, Zakładowi Medycyny Nuklearnej w Gorzowie Wielkopolskim, Pracowni Medycyny Nuklearnej Centralnego Szpitala Klinicznego MSWiA w Warszawie, (dawnej) Pracowni Izotopowej SP CSK Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach, Zakładowi Medycyny Nuklearnej Wojewódzkiego Zespołu Specjalistycznego w Rzeszowie, Pracowni Scyntygrafii Ośrodka Onkologicznego Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego im. M. Kopernika w Łodzi, Katedrze i Klinice Endokrynologii i Diabetologii z Pracownią Medycyny Nuklearnej Szpitala Uniwersyteckiego im. dr. Antoniego Jurasza w Bydgoszczy, Zakładowi Izotopów i Tyreologii Szpitala Bielańskiego im. J. Popiełuszki w Warszawie, Zakładowi Medycznemu DIAG MED PLUS we Włocławku, Poradni Medycyny Nuklearnej ALDEMED Centrum Medycznego w Zielonej Górze.

## KONFLIKT INTERESÓW

Autorzy nie zgłaszają konfliktu interesów.

## PIŚMIENNICTWO

- Hains A.D., Khawaja I.A., Hinge D.A., Lahiri A., Raftery E.B. Radionuclide left ventricular ejection fraction: a comparison of three methods. *Br. Heart J.* 1987; 57: 232–236.
- Wackers F.J., Berger H.J., Johnstone D.E. i wsp. Multiple gated cardiac blood pool imaging for left ventricular ejection fraction: validation of the technique and assessment of variability. *Am. J. Cardiol.* 1979; 43: 1159–1166.
- Volpi A., Vita C.D., Franzosi M.G. i wsp. Determinants of 6-month mortality in survivors of myocardial infarction after thrombolysis. Results of the GISSI-2 data base. The Ad hoc Working Group of the Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Infarto Miocardico (GISSI)-2 Data Base. *Circulation* 1993; 88: 416–429.
- Damy T., Kirsch M., Khouzami L. i wsp. Glutathione Deficiency in Cardiac Patients Is Related to the Functional Status and Structural Cardiac Abnormalities. *PLoS One* 2009; 4: 4871.
- ACC/AHA 2004 Guideline Update for Coronary Artery Bypass Graft Surgery: Summary Article. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1999 Guidelines for Coronary Artery Bypass Graft Surgery). *Circulation* 2004; 110: 1168–1176.
- Borer J.S., Bacharach S.L., Green M.V. i wsp. Rapid evaluation of left ventricular function during exercise in patients with coronary artery disease. *Circulation* 1976; 54 (supl. II): II–6.
- Hoffmann G., Kleine N. Die methode der radiokardiographischen functions analyse. *Nuklearmedizin* 1968; 7: 350–370.
- Mason D.T., Ashburn W.L., Herbert J.C., Cohen L.S., Braunwald E. Rapid sequential visualisation of the heart and great vessels in man using the wide-field Anger scintillation camera. *Circulation* 1969; 39: 19–28.
- Strauss W.H., Zaret B.L., Hurley P.J., Natarajan T.K., Pitt B. A scintigraphic method for measuring left ventricular ejection fraction in man without cardiac catheterization. *Am. J. Cardiol.* 1971; 28: 575–580.
- Corbett J.R., Akinboboye O.O., Bacharach S.L. i wsp. ASNC imaging guidelines for nuclear cardiology procedures. Equilibrium radionuclide angiocardiology. American Society of Nuclear Cardiology. Michigan 2008.
- Królicki L. Medycyna nuklearna. Fundacja im. Ludwika Rydygiera, Warszawa 1996: 33–42.
- Mayo J.R. Radiation Exposure at Chest CT: A Statement of the Fleischner Society. *Radiology* 2003; 228: 15–21.
- Pennell D.J., Prvulovich E. Nuclear cardiology. Clinicians guide to nuclear medicine. British Nuclear Medicine Society, London 1995: 163–188.
- Plachcińska A., Kuśmierk J. Techniki obrazowania serca w medycynie nuklearnej. *Forum Kardiol.* 2001; 6: 71–76.
- Biersack H.-J., Freeman L.M. Clinical Nuclear Medicine. Berlin Heidelberg 2007: 397.
- Mettler F.A., Guiberteau M.J. Essentials of nuclear medicine imaging. Philadelphia 2006: 138–157.
- Chin B.B., Bloomgarden D.C., Xia W. i wsp. Right and Left Ventricular Volume and Ejection Fraction by Tomographic Gated Blood-Pool Scintigraphy. *J. Nucl. Med.* 1997; 38: 942–948.
- Sibille L., Bouallegue F.B., Bourdon A., Micheau A., Vernhet-Kovacsik H., Mariano-Goulart D. Comparative values of gated blood-pool SPECT and CMR for ejection fraction and volume estimation. *Nucl. Med. Commun.* 2011; 32: 121–128.
- Darasz K.H., Underwood S.R., Bayliss J. i wsp. Measurement of left ventricular volume after anterior myocardial infarction: comparison of magnetic resonance imaging, echocardiography, and radionuclide ventriculography. *Int. J. Cardiovasc. Imaging* 2002; 18: 135–142.
- Bellenger N.G., Burgess M.I., Ray S.G. i wsp. Comparison of left ventricular ejection fraction and volumes in heart failure by echocardiography, radionuclide ventriculography and cardiovascular magnetic resonance. Are they interchangeable? *Eur. Heart J.* 2000; 21: 1387–1396.
- Nichols K.J., Van Tosh A., Wang Y., Palestro C.J., Reichek N. Validation of Gated Blood-Pool SPECT Regional Left Ventricular Function Measurements. *J. Nucl. Med.* 2009; 50: 53–60.
- Kamínek M., Husák V., Mysliveček M., Lang O. Activity and practice of nuclear cardiology in the Czech Republic, 2001. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging* 2003; 30: 321–324.