

Wskaźniki rutynowego elektrokardiogramu w ocenie żywotności mięśnia sercowego u osób z dysfunkcją lewej komory kwalifikowanych do zabiegów rewaskularyzacji

Routine electrocardiogram parameters for myocardial viability assessment in patients with left ventricular dysfunction qualified for revascularization procedures

Maciej Sosnowski, Bogna Gabrylewicz, Radosław Parma,
Andrzej Pyrlik i Michał Tendera

III Katedra i Klinika Kardiologii Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach

Abstract

Background: *In the presented retrospective study, the authors assessed 12-lead ECG parameters in patients with left ventricular systolic dysfunction and compared them with results of dobutamine stress echocardiography test.*

Material and methods: *Sixteen patients were included in this study (13 men, 3 women, aged 59 ± 11 years). In each subject 12-lead ECG and dobutamine stress echocardiography was performed prior to qualification for revascularization procedures. The analyzed ECG parameters included amplitude (A) and timing (d) of the waves, segments and intervals, characterizing myocardial depolarization and repolarization (QRS complex, QT interval, ST segment and T-wave).*

Results: *QRS complex parameters were unique in allowing for differentiation between patients with positive and negative dobutamine stress echocardiography, most significant being the mean QRS complex amplitude and the sum of all QRS complex amplitudes. In 7 patients with no apparent wall motion score index (WMSI) improvement in the dobutamine test, the above indices were significantly lower (0.79 ± 0.15 mV and 9.5 ± 1.8 mV) than in 9 patients, in whom WMSI improved by at least 0.25 points (1.17 ± 0.25 mV and 14.0 ± 3.0 mV, respectively). Assumption of the 0.9 mV threshold for the mean QRS complex amplitude allowed to predict WMSI changes in 13 out of 16 patients (81.25%), with 86% sensitivity and 78% specificity, 75% positive prognostic value and 87.5% negative prognostic value. The sum of QRS complex amplitudes and a mean of QRS complex amplitude and timing product, reached similar predictive values, when thresholds were set to 10.5 mV and 525 ms \times mm, respectively.*

Conclusions: *Routine ECG parameters correlate with results of dobutamine stress echocardiography. This may suggest their predictive value in assessing presence of viable myocardium in patients with ischaemic left ventricular dysfunction. (Folia Cardiol. 2005; 12: 548–553)*

myocardial viability, electrocardiogram, dobutamine stress echocardiography

Adres do korespondencji: Dr hab. med. Maciej Sosnowski
III Katedra i Klinika Kardiologii Śl. AM
ul. Ziołowa 47, 40–635 Katowice
tel./faks (0 32) 352 39 30, e-mail: msos@poczta.onet.pl
Nadesłano: 15.11.2004 r. Przyjęto do druku: 22.04.2005 r.

Wstęp

Dysfunkcja skurczowa lewej komory jest najważniejszym czynnikiem warunkującym przeżycie po zawale serca. Rokowanie u chorych z istotnym schorzeniem tego typu jest niepomyślne, jednak poprawia się po rewaskularyzacji w przypadkach, w których istnieje obszar żywotnego mięśnia sercowego [1–4]. Obecnie wykrycie żywotnego miokardium wymaga zastosowania relatywnie drogich metod diagnostycznych [5]. Z tego powodu istotne znaczenie może mieć kwalifikacja chorych do dalszych badań na podstawie powszechnie dostępnych i tanich metod diagnostycznych. Warunki te spełnia rutynowy elektrokardiogram. Nieliczne prace na ten temat przynoszą kontrowersyjne wyniki [6–8]. Większość z nich opiera się na analizie obecności i lokalizacji patologicznego załamka Q. Wskazują one, że chociaż patologiczne załamki Q w rutynowym zapisie EKG wskazują na obecność blizny pozawałowej, nie wykluczają jednocześnie istnienia żywotnego miokardium [8]. Problemy, które sprawa takie podejście, wiążą się z ograniczoną wiarygodnością badania EKG przy identyfikacji zmian patologicznych w określonym obszarze mięśnia sercowego. Ponadto załamki Q nie zawsze są widoczne w powierzchniowym EKG, mimo pełnościennego zawału. Załamki Q rejestrowane w ostrym okresie zawału serca również zmieniają się w dalszej ewolucji zawału tak, że w późnym okresie po zawale serca mogą ulec całkowitej regresji [8]. Ocena zmian odcinka ST w testach obciążeniowych okazuje się nieoczekiwanie mało przydatna [6].

W niniejszej pracy retrospektywnej ocenie poddano wiele wskaźników elektrokardiograficznych w celu określenia ich korelacji z wynikiem echokardiograficznego testu dobutaminowego u osób z dysfunkcją skurczową lewej komory.

Materiał i metody

W III Klinice Kardiologii hospitalizowano kolejnych 16 pacjentów, w tym 13 mężczyzn i 3 kobiety w wieku średnio 59 ± 11 lat, u których wykonano echokardiograficzną próbę dobutaminową przed kwalifikacją do zabiegów rewaskularyzacji. Do badania nie włączono chorych z blokiem lewej odnogi pęczka Hisa. Czternastu chorych przebyło zawał serca, w tym 8 osób z uniesieniem odcinka ST. Mediana czasu od ostatniego zawału serca wynosiła 31 miesięcy. Więcej niż jeden zawał serca przebyło 4 chorych. Przedniościenną lokalizację zawału stwierdzono u 11 pacjentów. Uprzedniej angioplastyce tętnic wieńcowych poddano 6 osób.

U 13 chorych współistniało nadciśnienie tętnicze, u 4 — cukrzyca, a hipercholesterolemia — u 13. Nadwagę — wskaźnik masy ciała (BMI, *body mass index*) 25–30 kg/m² — stwierdzono u 7 chorych, a otyłość (BMI > 30 kg/m²) u dalszych 3 badanych. Jedenastu chorych obecnie lub w przeszłości paliło tytoń. Wszyscy pacjenci otrzymywali β -adrenolityki, inhibitory konwertazy i preparaty przeciwplatekcyjne. Dziewięciu chorych przyjmowało statyny.

Echokardiograficzny test z dobutaminą

W celu oceny żywotności mięśnia sercowego zastosowano test dobutaminowy niskiej dawki [1]. Dobutaminę podawano dożylnie w dawkach wzrastających od 2,5 μ g/kg/min do 10 μ g/kg/min, zwiększając dawkę podawanego leku o 2,5 μ g co 3 min. W trakcie testu monitorowano ciśnienie tętnicze, akcję serca oraz wykonywano zapis EKG przed badaniem i po zakończeniu wlewu dobutaminy. Badanie echokardiograficzne wykonywano z użyciem aparatu firmy Hewlett-Packard Sonos 2500 z głowicą 2,5 MHz. Kurczliwość odcinkową lewej komory oceniano w projekcji przymostkowej długiej i krótkiej oraz koniuszkowej 4- i 2-jamowej. Badanie rejestrowano na kasecie video VHS w celu późniejszej oceny przez echokardiografistę niewykonywającego badania (B.G.).

Kurczliwość odcinkową oceniano w 16 segmentach, wykorzystując skalę punktową zaproponowaną przez Amerykańskie Towarzystwo Echokardiograficzne: normokineza — 1 pkt, hipokineza — 2 pkt, akineza — 3 pkt oraz dyskineza — 4 pkt [9]. Wskaźnik zaburzeń kurczliwości lewej komory (WMSI, *wall motion score index*) obliczano przed badaniem, po każdej zmianie dawki leku oraz po zakończeniu badania. Wskaźnik zaburzeń kurczliwości wyrażał sumę uzyskanych punktów dla wszystkich widocznych segmentów podzieloną przez liczbę uwidoczionych segmentów. Wynik równy 1,0 wskazywał na prawidłową kurczliwość lewej komory we wszystkich 16 segmentach. Poprawa segmentarnej kurczliwości mięśnia lewej komory, wyrażająca się obniżeniem wartości WMSI, świadczy o obecności mięśnia zamrożonego i o pozytywnym wyniku testu dobutaminowego niskiej dawki. Za kryterium obecności żywotnego miokardium przyjęto poprawę WMSI o co najmniej 0,25 pkt [test dobutaminowy dodatni — TD(+)] [2].

Parametry elektrokardiogramu rutynowego

Standardowe badanie EKG (cecha: 1 mm/1 mV, przesuw papieru: 50 mm/s) wykonywano przed testem z dobutaminą i po jego zakończeniu. Do celów niniejszej pracy w dalszej analizie uwzględniono

Tabela 1. Wybrane wskaźniki kliniczne i echokardiograficzne w zależności od wyniku testu dobutaminowego (TD)**Table 1.** Selected clinical and echocardiographic data in relation to dobutamine stress test result

	TD(+); n = 9	TD(-); n = 7	p
Ciśnienie skurczowe [mm Hg]	140 ± 22	140 ± 20	NS
Ciśnienie rozkurczowe [mm Hg]	85 ± 8	89 ± 11	NS
Stężenie cholesterolu całkowitego [mg/dl]	159 ± 31	194 ± 43	NS
Stężenie cholesterolu frakcji LDL [mg/dl]	86 ± 25	130 ± 34	< 0,05
Stężenie cholesterolu frakcji HDL [mg/dl]	45 ± 16	43 ± 4	NS
Stężenie triglicerydów [mg/dl]	144 ± 87	102 ± 84	NS
Frakcja wyrzutowa (%)	28,8 ± 6,5	28,7 ± 9,3	NS
Wymiar końcoworozkurczowy [mm]	61 ± 10	55 ± 3	NS
Wymiar końcowoskurczowy [mm]	46 ± 9	40 ± 4	NS
WMSI ₀	2,41 ± 0,23	2,21 ± 0,44	NS
WMSI ₁₀	1,74 ± 0,30	2,05 ± 0,42	NS
WMSI _{difference}	-0,67 ± 0,19	-0,16 ± 0,12	< 0,001

WMSI (wall motion score index) — wskaźnik zaburzeń kurczliwości lewej komory

jedynie elektrokardiogram wyjściowy. Badane parametry obejmowały ilościowy pomiar czasu trwania (d) i amplitudy (A) odcinków, odstępów i załamek opisujących okres depolaryzacji i repolaryzacji mięśnia komór — odpowiednio: zespołu QRS, odstępu QT, odcinka ST i załamek T. Pomiarów z użyciem szkła powiększającego obejmowały każde z 12 odprowadzeń. Dzięki temu można było określić maksymalne (maks.) lub średnie (śr.) wartości badanych parametrów oraz ich sumy (Σ) lub rozproszenie (SD), definiowane jako odchylenie standardowe średniego QRS, QT, odchylenia ST i amplitudy załamek T (odpowiednio: QRS_{SD}, QT_{SD}, ST_{SD} i TWA_{SD}). Amplitudę zespołu komorowego w każdym odprowadzeniu określono jako sumę amplitud załamek Q, R i S [10]. Pomiarów dokonywała osoba nieznaną danych chorych, zwłaszcza wyniku testu dobutaminowego.

Analiza statystyczna

W analizie statystycznej posłużono się testem Kołmogorowa-Smirnowa i analizą regresji rang Spearmana dla danych ilościowych oraz dokładnym testem Fishera dla danych jakościowych. Poziom istotności statystycznej różnic przyjęto dla $p < 0,05$. W analizie statystycznej wykorzystano pakiet Statistica for Windows 5,1 (Stat-Soft, Polska).

Wyniki

Wybrane parametry opisujące zespół komorowy istotnie różnicowały chorych z dodatnim i ujem-

nym testem dobutaminowym (tab. 1). Najbardziej znaczące różnice dotyczyły średniej amplitudy zespołu QRS i sumy amplitud wszystkich zespołów komorowych. U 7 chorych bez istotnej poprawy WMSI w teście dobutaminowym [średni WMSI wyjściowo (WMSI₀) 2,21 ± 0,44, w dawce 10 μg/kg/min (WMSI₁₀) 2,05 ± 0,42; NS] oba wymienione wskaźniki były istotnie niższe niż u 9 pacjentów, u których WMSI uległ poprawie o co najmniej 0,25 pkt (WMSI₀ 2,41 ± 0,24; WMSI₁₀ 1,74 ± 0,30, $p < 0,001$).

Mniej wyraźne, lecz nadal istotne statystycznie różnice dotyczyły wskaźnika będącego połową iloczynu czasu trwania i amplitudy zespołów komorowych (średniego i sumy) (tab. 2).

Dyspersja czasu trwania QRS, amplitudy zespołów QRS i ich iloczynu nie różnicowała chorych obu grup, jednak obserwowano istotną statystycznie dodatnią korelację między dyspersją amplitudy zespołów QRS a wyjściowym wskaźnikiem WMSI (WMSI₀) oraz między dyspersją iloczynu czasu trwania i amplitudy zespołów QRS a wskaźnikami WMSI w warunkach wyjściowych (WMSI₀) i przy dawce 10 μg/kg/min (WMSI₁₀) (tab. 3). Średnia wartość amplitudy zespołów QRS, ich suma i rozproszenie korelowało dodatnio z wielkością zmiany wskaźnika kurczliwości odcinkowej (tab. 2).

Przyjęcie progu 0,9 mV dla średniej amplitudy zespołu QRS z 12 odprowadzeń EKG pozwala na zgodne przewidywanie zmiany WMSI w 13 na 16 przypadków (81,25%) przy czułości równej 86%, swoistości — 78%, dodatniej wartości prognostycznej — 75% i ujemnej wartości prognostycznej — 87,5%. Podobną wartość diagnostyczną obserwowano dla

Tabela 2. Parametry EKG w zależności od wyniku testu dobutaminowego (TD)**Table 2.** ECG parameters related to dobutamine stress test result

Parametr EKG	TD(+); n = 9	TD(-); n = 7	p
Śr. QRSd [ms]	106 ± 13	109 ± 20	NS
QRS _{SD} [ms]	8,6 ± 2,7	9,0 ± 2,2	NS
Śr. QRSA [mm]	11,7 ± 2,5	7,9 ± 1,5	< 0,01
Σ QRSA [mm]	140 ± 30	95 ± 18	< 0,01
QRSA _{SD} [mm]	4,7 ± 2,0	4,0 ± 1,2	NS
Śr. 1/2 QRSd × A [ms × mm]	633 ± 182	443 ± 136	< 0,05
Σ 1 QRSd × A [ms × mm]	7593 ± 2182	5319 ± 1633	< 0,05
QRS d × A _{SD} [ms × mm]	279 ± 137	238 ± 85	NS
QTcmax [ms]	447 ± 31	465 ± 43	NS
QT _{SD} [ms]	18,6 ± 6,6	23,1 ± 6,5	NS
Śr. odchylenie ST [ms]	0,80 ± 0,25	0,69 ± 0,28	NS
Σ odchyleń ST [ms]	9,6 ± 3,0	8,3 ± 3,3	NS
Odchylenie ST _{SD} [ms]	0,79 ± 0,29	0,57 ± 0,20	NS
Śr. TWA [mm]	2,6 ± 0,7	2,3 ± 0,9	NS
Σ TWA [mm]	30,5 ± 8,6	28,0 ± 11,0	NS
TWA _{SD} [mm]	1,73 ± 0,83	1,66 ± 1,17	NS

TWA (*T-wave amplitude*) — amplituda załamka T**Tabela 3.** Znamienne korelacje wskaźnika zaburzeń kurczliwości lewej komory (WMSI) z wybranymi parametrami EKG**Table 3.** Significant correlations of the wall motion score index (WMSI) and selected ECG parameters

Korelacja	Test Spearmana	p
WMSI ₀ vs. QRSA _{SD}	0,628	0,0092
WMSI ₀ vs. QRSdx _{SD}	0,620	0,0103
WMSI ₁₀ vs. QRSA _{SD}	0,527	0,0361
WMSI ₁₀ vs. QRSdx _{SD}	0,510	0,0434
WMSI _{difference} vs. śr. QRSA	-0,528	0,0356
WMSI _{difference} vs. ΣQRSA	-0,528	0,0356
WMSI _{difference} vs. ST _{SD}	-0,528	0,0356

sumy QRS przy progu 10,5 mV i średniej połowy iloczynu czasu trwania i woltażu wszystkich zespolów QRS przy progu 525 ms × mm.

Parametry spoczynkowego elektrokardiogramu opisujące okres repolaryzacji komór — zmiany odcinka ST (średnie i rozproszenie), odstęp QT (QTcmax, dyspersja QT) i amplituda załamka T (średnia, suma, rozproszenie) — nie różniły się istotnie w porównywanych grupach (tab. 2).

Dyskusja

U osób z przewlekłą chorobą wieńcową i dysfunkcją lewej komory ocena żywotności mięśnia sercowego ma na celu przewidywanie korzyści z rewaskularyzacji w aspekcie poprawy czynności miokardium i rokowania [5]. Echokardiograficzny test dobutaminowy jest preferowaną techniką w tych przypadkach, głównie ze względu na jego dostępność, niskie koszty i bezpieczeństwo [5]. Niektórzy badacze uważają, że czułość i swoistość tej metody nawet przewyższa bardziej kosztowne i mniej dostępne metody oceny żywotności, takie jak pozytronowa tomografia emisyjna czy scyntygrafia talowa [1, 5].

Powszechne zastosowanie metody opartej na teście dobutaminowym jest jednak ograniczone i zależy od dostępności do wyspecjalizowanych ośrodków oraz doświadczenia echokardiografistów. Potrzeba kwalifikacji do badań wydaje się oczywista, a najprostszym badaniem, które pozwala ukierunkować decyzje, jest rutynowy elektrokardiogram. Wcześniejsze prace w tym zakresie dotyczyły zmian dynamicznych, zwłaszcza obecności cech niedokrwienia w elektrokardiogramach rejestrowanych w czasie próby dobutaminowej [6, 7], wskazując na niewielkie znaczenie zmian elektrokardiograficznych lub ich praktyczny brak. Należy jednak pamiętać, że analiza elektrokardiograficzna ograniczała się w tych badaniach do oceny zmian odcinka ST.

Inne badania opierały się na analizie zapisu EKG w aspekcie obecności patologicznych załamków Q. Ich wyniki wskazywały jednak, że występowanie tych załamków wiązało się bardziej z obecnością blizny pozawałowej; nie wyklucza to jednak istnienia żywego miokardium [8].

W niniejszej pracy wykazano, że istnieje możliwość przewidywania wyniku dobutaminowego testu echokardiograficznego na podstawie prostych parametrów rutynowego elektrokardiogramu. Uzyskane wyniki wskazują, że najbardziej przydatna w tym zakresie jest ocena zespołu komorowego. Nie wydaje się to zaskakujące wobec licznych danych świadczących o największej diagnostycznie i prognostycznie wartości oceny QRS w chorobie wieńcowej i niewydolności serca [11–14]. W większości z tych prac udowodniono użyteczność pomiaru czasu trwania QRS, choć nie zawsze potwierdzano zależność między wydłużeniem czasu QRS a zaburzeniami globalnej kurczliwości lewej komory [13]. Uzyskane przez autorów niniejszej pracy wyniki wskazują na większą wartość parametrów amplitudowych. Suma amplitud zespołu QRS ze wszystkich 12 odprowadzeń rutynowego EKG (bądź wyliczona z tej wartości wielkość średnia) jest jednocześnie parametrem EKG o najlepszej powtarzalności i przydatności w rozpoznawaniu przerostu lewej komory [15]. Jego użyteczność kliniczną zasugerowano na podstawie badań autopsyjnych [10], a potwierdzono w różnych klinicznych modelach przerostu mięśnia sercowego [16–18]. Ponadto wykazano korelację sumy amplitud zespołu QRS z maksymalnym gradientem przez zastawkowym w zwężeniu lewego ujścia tętniczego [19].

Streszczenie

Wstęp: W niniejszej pracy retrospektywnej ocenie poddano parametry elektrokardiogramu rutynowego w celu określenia ich korelacji z wynikiem echokardiograficznego testu dobutaminowego u chorych z dysfunkcją skurczową lewej komory.

Materiał i metody: Badaniem objęto 16 kolejnych pacjentów (13 mężczyzn, 3 kobiety, śr. wieku 59 ± 11 lat), u których wykonano echokardiograficzną próbę dobutaminową przed kwalifikacją do zabiegów rewaskularyzacji. Badane parametry obejmowały ilościowy pomiar czasu trwania (d) i amplitudy (A) odcinków, odstępów i załamków opisujących okres depolaryzacji i repolaryzacji mięśnia komór — odpowiednio: zespołu QRS, odstęp QT, odcinka ST i załamek T.

Wyniki: Jedynie parametry opisujące zespół komorowy istotnie różnicowały chorych z dodatnim i ujemnym testem dobutaminowym. Najbardziej znamienne różnice dotyczyły średniej amplitudy zespołu QRS i sumy amplitud wszystkich zespołów komorowych. U 7 osób bez istotnej poprawy w zakresie wskaźnika zaburzeń kurczliwości lewej komory (WMSI) w teście dobutaminowym oba wymienione wskaźniki były istotnie niższe ($0,79 \pm 0,15$ mV i $9,5 \pm 1,8$ mV) niż u 9 pacjentów, u których WMSI uległ poprawie o co najmniej 0,25 pkt (odpowiednio:

Trzeba jednak pamiętać, że wielkość tego parametru zależy nie tylko od stanu mięśnia sercowego, lecz także od grubości tkanki tłuszczowej, mięśniowej, obecności rozedmy płuc i — co wydaje się istotniejsze u chorych z dysfunkcją lewej komory i niewydolnością serca — od bilansu wodnego [19].

Interesującą obserwacją niniejszej pracy jest stwierdzenie dodatniej zależności rozproszenia depolaryzacji, określonej jako odchylenie standardowe średniej amplitudy zespołu QRS od wartości WMSI zarówno wyjściowo, jak i po zastosowaniu maksymalnej dawki dobutaminy. Wskazuje to pośrednio na zależność między niejednorodnością depolaryzacji a obecnością ich anatomicznego substratu w postaci obszarów martwicy i zamrożonego mięśnia sercowego. Jednocześnie nie potwierdzono wcześniejszych obserwacji na temat zależności rozproszenia repolaryzacji mierzonego jako odchylenie standardowe odstęp QT czy innych parametrów repolaryzacji od rozległości zaburzeń kurczliwości.

Potwierdzenie obserwacji autorów niniejszej pracy w prospektywnym badaniu obejmującym licznější grupę chorych może mieć istotne znaczenie kliniczne ze względu na prostotę metody opartej na powszechnie dostępnym i tanim badaniu.

Wnioski

Wybrane parametry rutynowego elektrokardiogramu korelują z wynikami echokardiograficznego testu dobutaminowego. Sugeruje to, że ich ocena pozwoli przewidywać obecność żywego mięśnia sercowego u osób z niedokrwinną dysfunkcją lewej komory.

1,17 ± 0,25 mV i 14,0 ± 3,0 mV). Przyjęcie progu 0,9 mV dla średniej amplitudy zespołu QRS z 12 odprowadzeń EKG pozwala na zgodne przewidywanie zmiany WMSI w 13/16 przypadków (81,25%) przy czułości równej 86%, swoistości — 78%, dodatniej wartości prognostycznej — 75% i ujemnej wartości prognostycznej — 87,5%. Podobną wartość diagnostyczną obserwowano dla sumy QRS przy progu 10,5 mV i średniej połowy iloczynu czasu trwania i woltażu wszystkich zespołów QRS przy progu 525 ms × mm.

Wnioski: Wybrane parametry rutynowego elektrokardiogramu korelują z wynikami echokardiograficznego testu dobutaminowego. Sugeruje to, że ich ocena pozwoli przewidywać obecność żywego mięśnia sercowego u chorych z niedokrwinną dysfunkcją lewej komory. (Folia Cardiol. 2005; 12: 548–553)

żywotność mięśnia sercowego, elektrokardiografia, echokardiografia dobutaminowa

Piśmiennictwo

1. Arnesi M., Cornel J.H., Salustri A. i wsp. Prediction of improvement of regional left ventricular function after surgical revascularisation. *Circulation* 1995; 91: 2784–2752.
2. Picano E., Sicari R., Landi P. i wsp.; w imieniu badaczy EDIC (Echo Dobutamine International Cooperative) Study. Prognostic value of myocardial viability in medically treated patients with global left ventricular dysfunction early after an acute uncomplicated myocardial infarction. A dobutamine stress echocardiographic study. *Circulation* 1998; 98: 1078–1084.
3. Pagano D., Lewis M.E., Townend J.N. i wsp. Coronary revascularisation for potischaemic heart failure: how myocardial viability affects survival. *Heart* 1999; 82: 684–688.
4. Sicari R., Ripoli A., Picano E. i wsp.; w imieniu badaczy VIDA (Viability Identification with Dipyridamole Administration) Study. The prognostic value of myocardial viability recognized by low dose dipyridamole echocardiography in patients with chronic ischaemic left ventricular dysfunction. *Eur. Heart J.* 2001; 22: 837–844.
5. Lualdi J.C., Douglas P.S. Echocardiography for the assessment of myocardial viability. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 1997; 20: 772–781.
6. Daoud E.G., Pitt A., Armstrong W.F. Electrocardiographic response during dobutamine stress echocardiography. *Am. Heart J.* 1995; 129: 672–677.
7. Shahen J., Luria D., Klutstein M.W., Rosenmann D., Tzivoni D. Diagnostic value of 12-lead electrocardiogram during dobutamine echocardiographic studies. *Am. Heart J.* 1998; 136: 1061–1064.
8. Al-Mohammad A., Norton M.Y., Mahy I.R. i wsp. Can the surface electrocardiogram be used to predict myocardial viability? *Heart* 1999; 82: 663–667.
9. Schiller N.B., Shah P.M., Crawford M.; w imieniu The American Society of Echocardiography Committee on Standards Subcommittee on Quantitation of Two-Dimensional Echocardiograms. Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 1989; 2: 285–267.
10. Odom H. II, Davis J.L., Dinh H.A. i wsp. QRS voltage measurements in autopsied men free of cardiopulmonary disease: a basis for evaluating total QRS voltage as an index of left ventricular hypertrophy. *Am. J. Cardiol.* 1986; 58: 801–804.
11. Shenkman H.J., Pampati V., Khandelwal A.K. i wsp. Congestive heart failure and QRS duration. Establishing prognosis study. *Chest* 2002; 122: 528–534.
12. Silvet H., Amin J., Padmanabhan S., Pai R. Prognostic implications of increased QRS duration in patients with moderate and severe left ventricular systolic dysfunction. *Am. J. Cardiol.* 2001; 88: 182–185.
13. Sandhu R., Bahler R.C. Prevalence of QRS prolongation in a community hospital cohort of patients with heart failure and its relation to left ventricular systolic dysfunction. *Am. J. Cardiol.* 2004; 93: 244–246.
14. Efrati S., Cantor A., Goldfarb B., Ilia R. The predictive value of exercise QRS duration changes for post-PTCA coronary events. *Ann. Noninvas. Electrocardiol.* 2003; 8: 60–67.
15. McLaughlin S.C., Aitchinson T.C., Macfarlane P.W. The value of the coefficient of variation in assessing repeat variation in ECG measurements. *Eur. Heart J.* 1998; 19: 342–351.
16. Glick R.N., Roberts W.C. Usefulness of total 12-lead QRS voltage in diagnosing left ventricular hypertrophy in clinically isolated, pure, chronic, severe mitral regurgitation. *Am. J. Cardiol.* 1992; 70: 1088–1092.
17. Dollar A.L., Roberts W.C. Usefulness of total 12-lead QRS voltage compared with other criteria for determining left ventricular hypertrophy in hypertrophic cardiomyopathy: analysis of 57 patients studied at necropsy. *Am. J. Med.* 1989; 87: 377–381.
18. Siegel R.J., Roberts W.C. Electrocardiographic observations in severe aortic valve stenosis: correlative necropsy study to clinical, hemodynamic, and ECG variables demonstrating relation of 12-lead QRS amplitude to peak systolic transaortic pressure gradient. *Am. Heart J.* 1982; 103: 210–221.
19. Madias J.E., Attani S., Narayan V. Relationship among electrocardiographic potential amplitude, weight, and resistance/reactance/impedance in a patient with peripheral edema treated for congestive heart failure. *J. Electrocardiol.* 2003; 36: 167–171.