VIA MEDICA

PRACA ORYGINALNA

Folia Cardiol.
2004, tom 11, nr 8, 547–553
Copyright © 2004 Via Medica
ISSN 1507–4145

Czułość i swoistość elektrokardiografii wysokiej rozdzielczości w identyfikacji pacjentów z napadowym migotaniem przedsionków

Sensitivity and specificity of high resolution electrocardiography in the identification of patients with paroxysmal atrial fibrillation

Paweł Krzysztof Franczuk i Tomasz Grodzicki

Katedra Chorób Wewnętrznych i Gerontologii Collegium Medicum
Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Abstract

Background: *The aim of the study was to estimate sensitivity and specificity of high resolution electrocardiography (HRECG) in detecting paroxysmal atrial fibrillation (PAF) patients according to analysed parameters.*

Material and methods: *Study population consisted of 97 adult patients, divided into: AFP group (67 patients, 54% men, mean age 62.7 ± 10 years, with PAF) and control group (30 patients without PAF, 53.3% men, mean age 60.3 ± 7.6 years).*

Results: *HRECG was recorded using Megacart Siemens (bipolar leads, number of registered evolutions 300, corellation limit 98%, noise level < 0.5 μV, filters used 40–250 Hz). The following filtered P wave parameters were analysed: time of P wave duration (Pdur), root mean square voltages from the last 10, 20, 30 ms. (RMS10, RMS20, RMS30), its maximum amplitude (MaxP). In the AFP group in comparison to the control group statistically significantly lower values of RMS10 (1.80 ± 0.92 to 2.63 ± 1.06, p < 0.002), RMS20 (3.18 ± 1.23 to 4.80 ± 1.13, p < 0.0001), MaxP (19.9 ± 6.0 to 25.4 ± 7.6, p < 0.002) and longer Pdur (132.7 ± 25.2 to 106.0 ± 18.2, p < 0.0001) were observed. Parameters characteristic for patients with PAF were: RMS20 < 4 μV, MaxP < 23 μV, Pdur > 119 ms. The biggest sensitivity (84.7%) was obtained for extensions Pdur > 119 ms with specificity of 87.8%. Highest specificity (98%) was obtained for the analysis of atrial late potentials (Pdur > 119 ms and RMS20 < 4 μV) with sensitivity of 54%.*

Conclusions: *The parameters differentiating patients with PAF and patients without PAF were: RMS20 < 4 μV, MaxP < 23 μV, Pdur > 119 ms. The presence of late atrial potentials identifies PAF patients with high specificity (98%) and sensitivity of 54%. Normal Pdur values (< 119 ms) allow to identify patients without PAF with high probability.* (Folia Cardiol. 2004; 11: 547–553)

high resolution ECG, sensisvity, specificity, paroxysmal atrial fibrillation

Adres do korespondencji: Dr med. Paweł Franczuk
Katedra Chorób Wewnętrznych i Gerontologii CMUJ
ul. Śniadeckich 10, 31–531 Kraków
tel. (0 12) 424 88 00, e-mail: franczuk@mp.pl
Nadesłano: 14.10.2003 r. Przyjęto do druku: 14.05.2004 r.

Wstęp

Migotanie przedsionków (AF, *atrial fibrillation*) jest jednym z najczęstszych zaburzeń rytmu serca spotykanych w codziennej praktyce lekarskiej [1].

Napadowe migotanie przedsionków (PAF, *paroxysmal atrial fibrillation*) nadal stanowi poważny problem kliniczny ze względu na towarzyszące objawy oraz ryzyko powikłań zatorowych. Skuteczność roczna profilaktycznego leczenia antyarytmicznego w zapobieganiu nawrotowi PAF wynosi 30–80% (w przypadku podawania placebo nie przekracza 25%) [2]. Nieustannie prowadzone są badania, w których poszukuje się nowych metod umożliwiających identyfikację pacjentów z ryzykiem wystąpienia kolejnych napadów AF [3–7]. Jedną z tych metod stanowi elektrokardiografia wysokiej rozdzielczości (HRECG, *high resolution electrocardiography*), określana również jako EKG wysokoczęstotliwościowe lub EKG uśrednionego sygnału [8–12].

Celem pracy była ocena czułości i swoistości HRECG w identyfikacji pacjentów z PAF na podstawie własnego materiału badawczego.

Materiał i metody

Badanie przeprowadzono wśród 97 dorosłych osób obojga płci, podzielonych na dwie grupy. Grupa pacjentów z napadowym migotaniem przedsionków (AFP, *atrial fibrillation patients*) obejmowała 67 pacjentów z przebytym epizodem PAF, natomiast grupa kontrolna — z 30 osób bez napadów PAF w wywiadzie, porównywalnych z osobami z grupy pierwszej pod względem płci, wieku oraz współistniejących chorób serca.

Kryteriami włączenia do grupy AFP były: potwierdzony zapisem EKG przebyty epizod PAF, minimalny 7-dniowy okres utrzymywania się rytmu zatokowego, skuteczna hemodynamicznie czynność przedsionków, nieprzyjmowanie leków antyarytmicznych (klasy I i III wg Vaughana-Williamsa) w okresie 14 dni przed wykonaniem badania. Do badania kwalifikowano jedynie osoby z prawidłowymi stężeniami sodu i potasu oraz z prawidłową czynnością tarczycy (tab. 1).

U każdego pacjenta wykonywano zapis HRECG (aparatem Megacart Siemens z opcją wysokiej rozdzielczości) oraz wiele badań dodatkowych. Zapis HRECG uzyskiwano z odprowadzeń powierzchniowych w układzie dwubiegunowym. Stosowano elektrody Ag/AgCl. Rejestrowano 300 ewolucji serca, charakteryzujących się 98-procentową zgodnością charakteru zapisu. Za dopuszczalny poziom zakłóceń (tzn. szumów) przyjęto wartość

Tabela 1. Kryteria włączenia do grupy badanych pacjentów z napadowym migotaniem przedsionków (AFP)

Table 1. Criterions for including to atrial fibrillation patients group

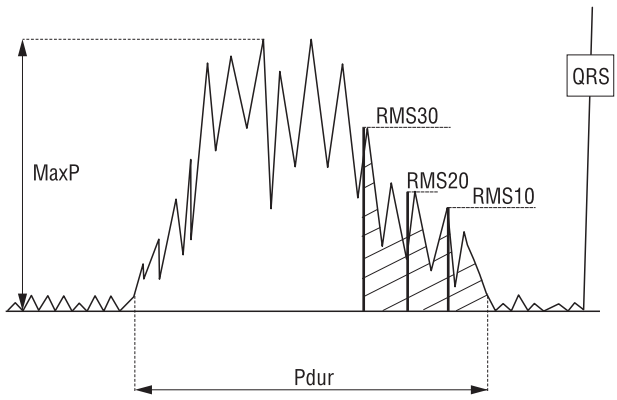
Wiek powyżej 18 rż.
Udokumentowany w zapisie elektrokardiograficznym przebyty epizod napadowego migotania przedsionków
Rytm zatokowy utrzymujący się przez co najmniej 7 dni
Powrót hemodynamicznie skutecznej czynności przedsionków
Nieprzyjmowanie leków antyarytmicznych w okresie 14 dni przed wykonywaniem elektrokardiografii wysokiej rozdzielczości
Prawidłowe stężenie jonów sodowych i potasowych we krwi
Prawidłowa czynność tarczycy

mniejszą od 0,5 μV. Zastosowano układ filtrów w zakresie częstotliwości 40–250 Hz [13, 14].

Analizie poddawano fragment modułu wektora (VM, *vector modulus*), odpowiedzialny za depolaryzację przedsionków (ryc. 1).

Wyliczano następujące parametry czasowe zapisu:

— Pdur (*P wave duration*) — całkowity czas trwania filtrowanego załamka P;
— RMS10, RMS20, RMS30 (*root mean square*) — pierwiastek kwadratowy woltażu z ostatnich kolejno 10, 20, 30, 40 ms filtrowanego załamka P;
— MaxP (*maximal amplitude of P wave*) — maksymalna amplituda filtrowanego załamka P.



Rycina 1. Analizowane parametry zapisu HRECG

Figure 1. HRECG parameters analysed in the study

Z badań dodatkowych wykonywano: klasyczny zapis EKG, badanie echokardiograficzne, 24-godzinne monitorowanie EKG metodą Holtera.

Analizę statystyczną dotyczącą istotności różnicy średnich zmiennych parametrycznych obliczono, wykorzystując test *t*-Studenta dla zmiennych niezależnych. Na podstawie wartości średnich parametrów HRECG w grupach AFP i kontrolnej, dla których uzyskano bardzo znamienne różnice ($p < 0{,}001$), wyliczono wartości charakterystyczne dla pacjentów z PAF. Następnie obliczono czułość, swoistość, wartość różnicującą potwierdzającą i wykluczającą oraz dokładność diagnostyczną w zależności od analizowanych parametrów HRECG:

$$\text{CZUŁOŚĆ} = \frac{P}{P + FN} \times 100\%$$

$$\text{SWOISTOŚĆ} = \frac{N}{N + FP} \times 100\%$$

$$\text{WRP} = \frac{P}{P + FP} \times 100\%$$

$$\text{WRW} = \frac{N}{N + FN} \times 100\%$$

$$\text{DD} = \frac{PP + PN}{TOTAL} \times 100\%$$

gdzie: WRP to wartość rozpoznawcza potwierdzająca, WRW — wartość rozpoznawcza wykluczająca, DD — dokładność diagnostyczna, P — liczba wyników dodatnich, N — liczba wyników ujemnych, FN — liczba wyników fałszywie ujemnych, FP — liczba wyników fałszywie dodatnich, PP — liczba wyników prawdziwie dodatnich, PN — liczba wyników prawdziwie ujemnych, TOTAL — liczba wszystkich badanych.

Wyniki

Zarówno średnia wieku, płeć, jak i liczba organicznych chorób serca nie różniły się znamiennie w grupie AFP w stosunku do grupy kontrolnej (tab. 2).

Porównując wartości średnich kwadratów amplitud końcowego fragmentu filtrowanego załamka P w grupach AFP i kontrolnej, stwierdzono znamiennie niższe wartości RMS10 i RMS20 w grupie AFP (tab. 3). Najwyższy poziom istotności statystycznej ($p < 0{,}0001$) uzyskano w zakresie RMS20 ($3{,}18 \pm 1{,}23$ do $4{,}80 \pm 1{,}13$). Nie wykazano istotnych różnic w zakresie RMS30. Wartość średnia całkowitego czasu trwania filtrowanego załamka P (Pdur) okazała się znamiennie dłuższa w grupie AFP niż w grupie kontrolnej ($132{,}7 \pm 25{,}2$ do $106{,}0 \pm 18{,}2$; $p < 0{,}0001$). Maksymalna amplituda filtrowanego załamka P (MaxP) okazała się istotnie niższa w grupie AFP w stosunku do grupy kontrolnej ($19{,}9 \pm 6{,}0$ do $25{,}4 \pm 7{,}6$; $p < 0{,}002$).

Parametry HRECG różniące się znamiennie pomiędzy grupą AFP a kontrolną wykorzystano do obliczenia czułości i swoistości metody. Ze względu na niewielkie różnice w zakresie wartości amplitudy RMS10 tego parametru nie uwzględniono w ocenie. Wyliczono następujące wartości parametrów HRECG charakteryzujące osoby z napadowym migotaniem przedsionków:
Pdur > 119 ms, RMS20 < 4 μV oraz MaxP < 23 μV.

Tabela 2. Charakterystyka kliniczna badanych pacjentów z napadowym migotaniem przedsionków (AFP) oraz osób z grupy kontrolnej

Table 2. Clinical characteristics of AFP group (patients with paroxysmal atrial fibrillation) and control group

	Grupa AFP	Grupa kontrolna
Liczba pacjentów	67	30
Wiek	62,7 ± 10,0	60,3 ± 7,6
Mężczyźni	36 (54%)	16 (53,3%)
Organiczna choroba układu sercowo-naczyniowego	63 (92,5%)	27 (90%)
Choroba wieńcowa	38 (56,7%)	19 (63,3%)
Nadciśnienie tętnicze	37 (55,2%)	16 (53,3%)
Wada serca	21 (31,3%)	9 (30%)
Niewydolność serca	14 (20,8%)	6 (20%)
Brak chorób układu sercowo-naczyniowego	5 (7,5%)	3 (10%)

Tabela 3. Analizowane parametry HRECG w badanych grupach, z oceną statystyczną

Table 3. Parameters analyzed in HRECG with statistical estimation

	Grupa AFP (n = 67)	Grupa kontrolna (n = 30)
RMS10 [μV]	1,80 ± 0,92*	2,63 ± 1,06
RMS20 [μV]	3,18 ± 1,23**	4,80 ± 1,13
RMS30 [μV]	5,20 ± 1,74	5,80 ± 1,20
Pdur [ms]	132,7 ± 25,2**	106,0 ± 18,2
MaxP [μV]	19,9 ± 6,0*	25,4 ± 7,6

Wyniki przedstawiono jako wartość średnią ± odchylenie standardowe. Oceny statystycznej dokonano za pomocą testu *t*-Studenta dla zmiennych niezależnych; *$p < 0{,}002$, **$p < 0{,}0001$; AFP (*atrial fibrillation patients*) — pacjenci z napadowym migotaniem przedsionków

Tabela 4. Czułość i swoistość HRECG w rozpoznawaniu pacjentów z napadowym migotaniem przedsionków w zależności od analizowanych kryteriów

Table 4. Sensitivity and specificity of HRECG in paroxysmal atrial patients diagnosing accoding analyzed parameters

Kryteria różnicujące osoby z PAF	Liczba osób spełniających kryteria		Czułość	Swoistość
	Grupa AFP (n = 67)	Grupa kontrolna (n = 30)		
Pdur > 119 ms	56	5	84,7%	87,8%
RMS20 < 4 μV	43	3	65,7%	94,0%
MaxP < 23 μV	53	9	81,5%	79,0%
ALP (dwa jednocześnie) Pdur > 119 ms RMS20 < 4 μV	36	1	54,0%	98,0%
ALP (dwa z trzech) Pdur > 119 ms RMS20 < 4 μV MaxP < 23 μV	52	4	78,8%	90,0%

AFP (*atrial fibrillation patients*) — pacjenci z napadowym migotaniem przedsionków; PAF (*paroxysmal atrial fibrillation*) — napadowe migotanie przedsionków; ALP (*atrial late potentials*) — późne potencjały przedsionkowe

Czułość i swoistość HRECG w identyfikacji pacjentów z PAF w zależności od analizowanych parametrów przedstawiono w tabeli 4. Wydłużenie filtrowanego załamka P (Pdur) powyżej 119 ms pozwalało na rozpoznanie pacjenta z PAF z czułością 84,7% i swoistością 87,8%. Choć stwierdzenie zmniejszenia amplitudy RMS20 poniżej 4 μV dawało wysoką (95-procentową) swoistość, to znacznie obniżało (do 65,7%) czułość metody. Niższa od 23 μV maksymalna amplituda filtrowanego P (MaxP) identyfikowała pacjentów z PAF z czułością i swoistością odpowiednio 81,5% i 79%. Późne potencjały przedsionkowe (ALP, *atrial late potentials*), definiowane jako jednoczesna obecność Pdur powyżej 119 ms oraz RMS20 poniżej 4 μV, były obecne u 36 pacjentów z grupy AFP i tylko u 1 osoby z grupy kontrolnej. Z tego powodu obecność ALP pozwalała na identyfikację pacjentów z PAF z niewielką czułością metody równą 54%, ale z bardzo wysoką swoistością sięgającą 98% (tab. 4). Natomiast obecność dwóch z trzech analizowanych parametrów (Pdur > 119 ms, RMS20 < 4 μV, MaxP < 23 μV) wiązała się z czułością wynoszącą 78,8% oraz z 90-procentową swoistością. Wartości rozpoznawcze oraz dokładność diagnostyczną HRECG dla wybranych parametrów przedstawiono w tabeli 5. Najwyższą wartość rozpoznawczą potwierdzającą miało stwierdzenie ALP (97,4%). Z kolei stwierdzenie wydłużenia całkowitego czasu trwania filtrowanego załamka P (Pdur > 119 ms) miało najwyższą wartość rozpoznawczą wykluczającą (76%) oraz dokładność diagnostyczną (83,5%). Zbliżone wyniki otrzymano w przypadku obecności dwóch z trzech parametrów (tab. 5).

Dyskusja

Czułość i swoistość badania jest podstawowym kryterium wiarygodnej oceny przydatności metody w diagnostyce klinicznej. W przypadku HRECG istnieje możliwość analizy różnorodnych parametrów zapisu, jednak najbardziej przydatna w ocenie klinicznej jest analiza Pdur oraz łączna analiza Pdur z RMS20 (określana mianem późnych potencjałów przedsionkowych) [15, 16].

Wydłużenie Pdur jest ogólnie akceptowanym wskaźnikiem zwiększonego ryzyka PAF [17, 18]. Większość autorów przyjęła za różnicującą wartość Pdur zawierającą się w przedziale 120–130 ms [19, 20]. Uzyskana w przedstawionym badaniu wartość 119 ms jest zbliżona do wyników innych badaczy [21–23]. Różnice w wartościach Pdur wynikają przede wszystkim z różnych grup pacjentów oraz odmiennych parametrów technicznych zapisu i wskazują na konieczność standaryzacji metodyki. Izolowana analiza tego parametru cechuje się 84,7-procentową czułością i 87,8-procentową swoistością oraz najwyższą, 83,5-procentową dokładnością diagnostyczną. Żadna inna analiza pojedynczych parametrów HRECG czy ich kombinacji nie daje tak wysokiej czułości metody. Inni autorzy, którzy analizowali za pomocą HRECG izolowane wydłużenie Pdur, uzyskali: dla Pdur > 130 ms czułość = 85% i swoistość = 79% [23] oraz dla Pdur > 140 ms czułość = 77% i swoistość = 55% [24].

Wśród pacjentów z PAF stwierdzono również znamiennie niższe wartości średnich kwadratów amplitud końcowych fragmentu filtrowanego załamka P (RMS10, RMS20). Najwyższy poziom istotności

Tabela 5. Wartości rozpoznawcze oraz dokładność diagnostyczna HRECG w rozpoznawaniu pacjentów z napadowym migotaniem przedsionków

Table 5. Predictive values and accurance of HRECG in diagnosing of patients with paroxysmal atrial fibrillation

Kryteria różnicujące osoby z PAF	Wartość rozpoznawcza potwierdzająca	Wartość rozpoznawcza wykluczająca	Dokładność diagnostyczna
Pdur > 119 ms	92,4%	76%	83,5%
ALP (dwa jednocześnie) Pdur > 119 ms RMS20 < 4 μV	97,4%	65,9%	67%
ALP (dwa z trzech) Pdur > 119 ms RMS20 < 4 μV MaxP < 23 μV	93,3%	72,2%	80,4%

ALP (*atrial late potentials*) — późne potencjały przedsionkowe; PAF (*paroxysmal atrial fibrillation*) — napadowe migotanie przedsionków

statystycznej uzyskano w zakresie RMS20 (3,18 ± ± 1,23 w grupie AFP do 4,80 ± 1,13 w grupie kontrolnej; $p < 0{,}0001$. Wartością różnicującą pacjentów z PAF okazało się zmniejszenie amplitudy RMS20 poniżej 4 μV. Spełnienie tego pojedynczego kryterium wiąże się z 65,7-procentową czułością oraz 94-procentową swoistością metody.

Większość autorów badających przydatność HRECG w identyfikowaniu pacjentów z PAF analizuje łącznie wydłużenie Pdur ze zmniejszeniem RMS20, określając spełnienie powyższej zależności mianem późnych potencjałów przedsionkowych [15, 16]. Obecność ALP cechuje najwyższa swoistość (98%) oraz wartość rozpoznawcza potwierdzająca (97,4%). Wynika z tego, że stwierdzenie obecności ALP u pacjenta z dużym prawdopodobieństwem wskazuje na ryzyko PAF. Jednak niewielka czułość (54%) powoduje, że brak ALP nie wyklucza PAF. Dlatego w celu wykluczenia PAF korzystniejsza jest analiza wydłużenia Pdur. Stwierdzenie prawidłowej wartości Pdur z dosyć dużym prawdopodobieństwem wyklucza PAF u danego pacjenta (wartość diagnostyczna wykluczająca wynosi 76%). Inni autorzy również wykazali wysoką wartość diagnostyczną analizy ALP. Fukunami i wsp. [3] dla wartości Pdur > 120 ms i RMS20 ≤ 3,5 μV uzyskali czułość 91% i swoistość 76%, Opolski i wsp. [9] dla Pdur > 137 ms i RMS20 < 1,9 μV — czułość 73% i swoistość 71%, zaś Aytemir i wsp. [25] dla Pdur > 128 ms i RMS20 < 2,1 — czułość 70% i swoistość 76%.

Pomimo niewątpliwych korzyści diagnostycznych wynikających z analizy HRECG należy wspomnieć o trudnościach związanych z rejestracją techniką uśrednionego sygnału. Czynnikami ograniczającymi rozpowszechnienie metody są: dostępność do aparatury rejestrującej, brak standaryzacji metody uśredniania, brak jednolitych kryteriów rozpoznawczych pacjentów z PAF, trudności techniczne podczas rejestracji zapisu [26, 27]. Brak standaryzacji metod rejestracji powoduje znaczne różnice w parametrach technicznych oraz oprogramowaniu dostępnej aparatury. Brak jednolitych kryteriów rozpoznawczych ogranicza zasięg HRECG do ośrodków badawczych, które opracowują kryteria w toku własnych obserwacji. Uniemożliwia to automatyczną analizę zapisu, zmuszając do wyliczania każdego parametru różnicującego oddzielnie, co znacznie komplikuje i wydłuża analizę. W celu wprowadzenia HRECG do praktyki klinicznej konieczne jest opracowanie międzynarodowych standardów dotyczących zasad rejestracji przedsionkowego HRECG oraz jednolitych kryteriów różnicujących pacjentów z PAF. Identyfikacja osób z ryzykiem wystąpienia pierwszego czy kolejnych napadów migotania przedsionków wymaga przeprowadzenia dalszych badań prospektywnych.

Wnioski

1. Wartościami różnicującymi pacjentów z PAF są: RMS20 < 4 μV, MaxP < 23 μV, Pdur > > 119 ms.
2. Obecność późnych potencjałów przedsionkowych charakteryzuje pacjentów z PAF z bardzo wysoką swoistością wynoszącą 98% oraz z czułością równą 54%.
3. Stwierdzenie prawidłowych wartości Pdur < < 119 ms z dużym prawdopodobieństwem wyklucza osoby z PAF.

Streszczenie

Wstęp: *Celem pracy była ocena czułości i swoistości elektrokardiografii wysokiej rozdzielczości (HRECG) w wykrywaniu pacjentów z napadowym migotaniem przedsionków (PAF) w zależności od analizowanych parametrów.*

Materiał i metody: *Badaniu poddano 97 osób w wieku powyżej 18 rż., obojga płci. Podzielono je na 2 grupy: grupę AFP (67 pacjentów z przebytym PAF, w tym 54% mężczyzn, średnia wieku 62,7 ± 10 lat) i grupę kontrolną (30 osób bez PAF, w tym 53,3% mężczyzn, średnia wieku 60,3 ± 7,6 roku).*

Wyniki: *Zapis HRECG rejestrowano aparatem Megacart Siemens (układ odprowadzeń dwubiegunowy, liczba rejestrowanych ewolucji 300, kryterium zgodności 98%, dopuszczalny poziom zakłóceń poniżej 0,5 μV, układ filtrów 40–250 Hz). Na podstawie uzyskanego wektora wyliczano parametry czasowe filtrowanego załamka P: całkowity czas trwania (Pdur), pierwiastek kwadratowy woltażu z ostatnich 10, 20, 30, 40 ms (RMS10, RMS20, RMS30), jego maksymalną amplitudę (MaxP). W HRECG przeprowadzonej w grupie AFP, w porównaniu z grupą kontrolną, stwierdzono znamiennie niższe wartości RMS10 (1,80 ± 0,92 do 2,63 ± 1,06; p < 0,002), RMS20 (3,18 ± 1,23 do 4,80 ± 1,13; p < 0,0001), MaxP (19,9 ± 6,0 do 25,4 ± 7,6; p < 0,002) oraz istotnie dłuższy Pdur (132,7 ± 25,2 do 106,0 ± 18,2; p < 0,0001). Na podstawie wartości średnich obliczono wartości parametrów charakterystyczne dla pacjentów z PAF: RMS20 < 4 μV, MaxP < 23 μV, Pdur > 119 ms. Największą czułość uzyskano dla wydłużenia Pdur > 119 ms, sięgającą 84,7%, ze swoistością 87,8%. Najwyższą swoistość uzyskano w przypadku analizy ALP (Pdur > 119 ms i RMS20 < 4 μV), wyniosła ona 98%, przy czułości 54%.*

Wnioski: *Wartościami różnicującymi pacjentów z PAF są: RMS20 < 4 μV, MaxP < 23 μV, Pdur > 119 ms. Obecność późnych potencjałów przedsionkowych charakteryzuje pacjentów z PAF z bardzo wysoką swoistością wynoszącą 98% oraz z czułością równą 54%. Stwierdzenie prawidłowych wartości Pdur < 119 ms z dużym prawdopodobieństwem wyklucza osoby z PAF.* (Folia Cardiol. 2004; 11: 547–553)

EKG wysokiej rozdzielczości, czułość, swoistość, napadowe migotanie przedsionków

Piśmiennictwo

1. Braunwald E. Heart disease. Saunders Company 2000; 702–703, 833–835.
2. Opolski G., Torbicki A. Migotanie przedsionków. Urban & Partner, Wrocław 2000; 337–344.
3. Fukunami M., Yamada T., Ohmori M. i wsp. Detection of patients at risk for paroxysmal atrial fibrillation during sinus rhythm by P wave-triggered signal-averaged electrocardiogram. Circulation 1991; 83: 162–169.
4. Caravelli P., De Carlo M., Musumeci G. i wsp. P-wave signal-averaged electrocardiogram predict atrial fibrillation after coronary artery bypass grafting. Ann. Noninvasive Electrocardiol. 2002; 7: 198–203.
5. Furihata A., Ozawa Y., Kasamaki Y. i wsp. Age and sex differences in the P-wave signal-averaged electrocardiogram in a Japanese study population. Japan Heart J. 2001; 42: 295–305.
6. Raitt M., Ingram K., Thurman S. Signal-averaged P-wave duration predicts early recurrence of atrial fibrillation after cardioversion. PACE 2000; 23: 256–265.
7. Yasushi A., Fukunami M., Yamada T. i wsp. Prediction of transition to chronic atrial fibrillation in patients with paroxysmal atrial fibrillation by signal-averaged electrocardiography. Circulation 1997; 96: 2612–2616.
8. Ishimoto N., Ito M., Kinoshita M. Signal-averaged P-wave abnormalities and atrial size in patients with and without idiopathic paroxysmal atrial fibrillation. Am. Heart J. 2000; 139: 684–689.
9. Opolski G., Ścisło P., Stanisławska J. i wsp. Detection of patients at risk for recurrence of atrial fibrillation after successful electrical cardioversion by signal-averaged P-wave ECG. Int. J. Cardiol. 1997; 60: 181–185.

10. Stafford P., Kolvekar S., Cooper J. i wsp. Signal averaged P wave compared with standard electrocardiography or echocardiography for prediction of atrial fibrillation after coronary bypass grafting. Heart 1997; 77: 417–422.
11. Banasiak W., Telichowski A., Anker S. i wsp. Effects of amiodarone on the P-wave triggered signal-averaged electrocardiogram in patients with paroxysmal atrial fibrillation and coronary artery disease. Am. J. Cardiol. 1999; 83: 112–114.
12. Babaev A., Vloka M., Sadurski R. i wsp. Influence of age on atrial activation as measured by the P-wave signal-averaged electrocardiogram. Am. J. Cardiol. 2000; 86: 692–695.
13. Moss A., Steinberg J., Ehlert F. Noninvasive electrocardiology (P wave signal-averaging). W.B. Sauders Company Ltd., Londyn 1996; 255–272.
14. Breithardt G. Standards for analysis of ventricular late potentials using high-resolution or signal-averaged electrocardiography. J. Am. Coll. Cardiol. 1991; 83: 1481–1488.
15. Gencel L., Poquet F., Gosse P. i wsp. Correlation of signal-averaged P wave with electrophysiological testing for atrial vulnerability in strokes of unexplained etiology. PACE 1994; 17: 2118–2124.
16. Opolski G., Stanisławska J., Słomka K. i wsp. Value of signal-averaged electrocardiogram in identifying patients with paroxysmal atrial fibrillation. Int. J. Cardiol. 1991; 30: 315–319.
17. Cecchi F., Montereggi A., Olivotto I. i wsp. Risk for atrial fibrillation in patients with hypertrophic cardiomyopathy assessed by signal averaged P wave duration. Heart 1997; 78: 44–49.
18. Dhala A., Underwood D., Leman R. Signal-averaged analysis of normal controls and patients with paroxysmal atrial fibrillation: a study in gender differences, age dependence and reproducibility. Clin. Cardiol. 2002; 25: 525–531.
19. Villani G., Piepoli M., Cripps T. i wsp. Atrial late potentials with paroxysmal atrial fibrillation detected using a high gain, signal-averaged esophageal lead. PACE 1994; 17: 1118–1123.
20. Banasiak W., Żebrowski J., Więch K. i wsp. Wpływ podanego dożylnie chlorowodorku propafenonu na uśredniony sygnał przedsionkowy u chorych z napadowym migotaniem przedsionków. Pol. Tyg. Lek. 1996; 51: 141–144.
21. Hiraki T., Ikeda H., Ohga M. i wsp. Frequency-and time-domain analysis of P wave in patients with paroxysmal atrial fibrillation. PACE 1998; 21: 56–64.
22. Kontoyannis D., Kontoyannis S., Sideris D., Moulopoulos S. Atrial late potentials: paroxysmal supraventricular tachycardia versus paroxysmal atrial fibrillation. Int. J. Cardiol. 1993; 41: 147–152.
23. Montereggi A., Marconi P., Olivotto I. i wsp. Signal-averaged P-wave duration and risk of paroxysmal atrial fibrillation in hyperthyroidism. Am. J. Cardiol. 1996; 77: 266–269.
24. Steinberg J., Zelenkofske S., Wong S. i wsp. Value of the P-wave signal-averaged ECG for predicting atria fibrillation after cardiac surgery. Circulation 1993; 88: 2618–2622.
25. Aytemir K., Aksoyek S., Yildirir A. i wsp. Prediction of atrial fibrillation recurrence after cardioversion by P wave signal-averaged electrocardiography. Int. J. Cardiol. 1999; 70: 15–21.
26. Ehlert F., Krenstein D., Steinberg J. i wsp. Evaluation of P wave signal-averaged electrocardiographic filtering and analysis methods. Am. Heart J. 1997; 134: 985–993.
27. Guidera S., Steinberg J. The signal-averaged P wave duration: a rapid and noninvasive marker of risk of atrial fibrillation. J. Am. Coll. Cardiol. 1993; 21: 1645–1651.