

Przydatność elektrokardiografii wysokiej rozdzielczości w identyfikacji pacjentów z napadowym migotaniem przedsionków

High resolution electrocardiography for identification of patients with paroxysmal atrial fibrillation

Paweł Krzysztof Franczuk i Tomasz Grodzicki

Katedra Chorób Wewnętrznych i Gerontologii Collegium Medicum
 Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Wstęp

Elektrokardiografia wysokiej rozdzielczości (HRECG, *high resolution electrocardiography*) jest to zapis elektrokardiograficzny mikropotencjałów o wysokiej częstotliwości, uzyskiwany z powierzchniowych odprowadzeń elektrokardiograficznych (EKG). Termin HRECG stosuje się zamiennie z pojęciami: „EKG wysokoczęstotliwościowe” lub „EKG uśrednionego sygnału”. Zasadnicza różnica w stosunku do klasycznego zapisu EKG polega na analizowaniu w metodzie HRECG sygnałów o wielokrotnie niższej amplitudzie (dlatego nazywane są mikropotencjałami) oraz zastosowaniu techniki uśredniania wielu pobudzeń serca [1]. Pionierem techniki uśredniania sygnału EKG był Barbari, prowadzący badania eksperymentalne na psach. Breithardt [1] dostosował technikę uśredniania do potrzeb klinicznych. Pierwszy komercyjny system rejestracji HRECG wprowadzono w 1979 r. [2].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie aktualnej wiedzy dotyczącej zasad rejestracji oraz wyników badań z zastosowaniem HRECG w diagnostyce migotania przedsionków (AF, *atrial fibrillation*).

Materiał i metody

Powstawanie zapisu HRECG obejmuje rejestrację, uśrednianie oraz analizę otrzymanej krzy-

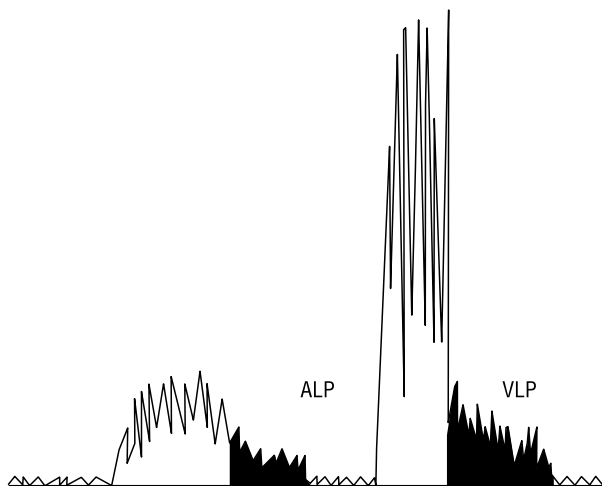
wej, określanej mianem modułu wektora (VM, *vector magnitude*). Sygnały uzyskane z powierzchniowych odprowadzeń EKG w dwubiegunowym układzie elektrod X, Y, Z są filtrowane oraz wzmacniane kilka tysięcy razy. Następnie dochodzi do ich zamiany na cyfrowe, a po przesłaniu do centralnego komputera elektrokardiografu tworzony jest z nich pierwotny wzorzec, z którym porównywane są kolejne nadchodzące ewolucje serca. Ewolucje zgodne (w 98%) są sumowane i uśredniane, a niezgodne odrzucane. Typowa amplituda sygnału wynosi 1–40 μV w zakresie częstotliwości 25–250 Hz. Uśrednianiu poddaje się zwykle 100–400 ewolucji serca.

Końcowym efektem wymienionych procesów jest krzywa VM, w obrębie której widoczne są obszary odpowiedzialne za depolaryzację przedsionków i komór (ryc. 1).

Technika uśredniania wielu pobudzeń serca umożliwia redukcję przypadkowych zakłóceń z jednoczesnym wzmocnieniem sercowego komponentu sygnału. Jednak części zakłóceń (np. wpływ przewodów elektrycznych), mimo że nie wykazują korelacji z cyklami serca, nie można wyeliminować całkowicie. Dlatego w pomieszczeniu, w którym wykonuje się zapisy HRECG, nie powinno być dodatkowych źródeł pól elektromagnetycznych [1].

Uznane miejsce w praktyce klinicznej znalazł fragment zapisu HRECG odpowiadający depolaryzacji komór serca, w obrębie którego poszukuje się obecności późnych potencjałów komorowych (VLP, *ventricular late potentials*) (ryc. 1). Obecność VLP jest nieinwazyjnym wskaźnikiem obszarów pobudzeń nawrotnych oraz niezależnym czynnikiem prognostycznym wystąpienia przetrwałych częstoskurczów komorowych i nagłego zgonu sercowego [2].

Adres do korespondencji: Dr med. Paweł Franczuk
 Katedra Chorób Wewnętrznych i Gerontologii
 CMUJ w Krakowie
 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: 5.05.2004 r.



Rycina 1. Zapis HRECG: moduł wektora (VM); ALP — filtrowany załamek P (zaznaczono późne potencjały przedsionkowe), VLP — filtrowany zespół QRS (zaznaczono późne potencjały komorowe)

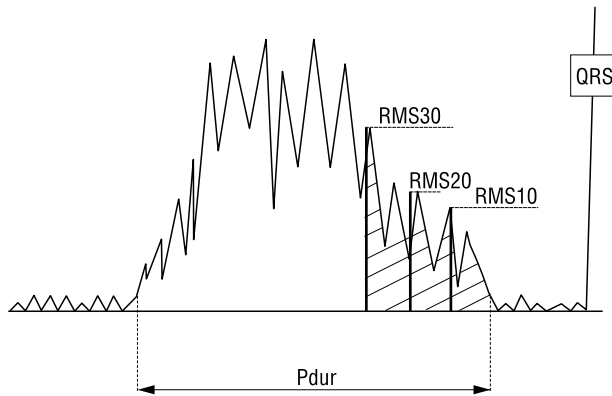
Figure 1. High Resolution Electrocardiography: vector magnitude (VM); ALP — filtrated P wave (atrial late potentials marked), VLP — filtrated QRS complex (ventricular late potentials marked)

Za pomocą metody HRECG ocenia się także fragmenty zapisu odpowiadające depolaryzacji przedsionków. Jednym z pionierów uśredniania załamka P (P-HRECG) jest Engel i wsp. [3], który już w 1988 r. próbował zastosować HRECG do identyfikacji pacjentów z migotaniem i trzepotaniem przedsionków. Chorzy z napadowym migotaniem przedsionków (PAF, *paroxysmal atrial fibrillation*) stanowią najliczniejszą grupę badaną metodą P-HRECG.

Związek pomiędzy zaburzeniami elektrofizjologicznymi w przebiegu PAF a zmianami rejestrowanymi w trakcie badania P-HRECG nie został dotychczas jednoznacznie określony. Pojedyncze komponenty fragmentaryzowanego elektrokardiogramu uzyskanego w trakcie badań elektrofizjologicznych z asynchronicznie pobudzanych poszczególnych włókien mięśniowych mogą ujawnić się jako aktywacja o dużej częstotliwości i małej amplitudzie. Zjawiska te można rejestrować dzięki wielokrotnemu wzmocnieniu, odfiltrowaniu i uśrednieniu sygnału przedsionkowego metodą P-HRECG [4].

Analizowane parametry P-HRECG

Wśród dotychczas analizowanych parametrów P-HRECG najczęściej powtarzają się: czas trwania filtrowanego załamka P (P_{dur} , *P wave duration*) oraz amplitudy średniokwadratowe końcowego czasu trwania załamka P (RMS, *root mean square*),



Rycina 2. Najczęściej analizowane parametry przedsionkowego fragmentu HRECG

Figure 2. The most common atrial parameters analyzed in HRECG

czyli ostatnich 10 ms (RMS10), 20 ms (RMS20) lub 30 ms (RMS30) (ryc. 2).

Wydłużenie P_{dur} jest ogólnie akceptowanym wskaźnikiem zwiększonego ryzyka PAF. Uzyskane przez badaczy wartości P_{dur} charakteryzujące pacjentów z PAF przedstawiono w tabeli 1. Zwraca uwagę duża rozbieżność wyników: 104–140 ms, przy czym większość autorów podaje wartości 120–130 ms jako różnicujące pacjentów z PAF. Różnice w uzyskiwanych średnich wartościach P_{dur} wynikają przede wszystkim z niejednorodności grup pacjentów oraz odmiennych parametrów technicznych zapisu.

Wydłużenie czasu trwania filtrowanego P jest uznanym wskaźnikiem różnicującym pacjentów

Tabela 1. Wartości P_{dur} charakteryzujące pacjentów z napadowym migotaniem przedsionków

Table 1. P_{dur} values in patients with paroxysmal atrial fibrillation

Autor	Wartość P_{dur} różnicująca pacjentów z PAF [ms]
Banasiak i wsp. [5]	> 123
Cecchi i wsp. [14]	> 140
Dhala i wsp. [32]	> 133
Fukunami i wsp. [6]	> 120
Gencel i wsp. [7]	> 125
Hiraki i wsp. [23]	> 120
Kontoyannis i wsp. [8]	> 120
Montereggi i wsp. [15]	> 130
Opolski i wsp. [10]	> 104
Villani i wsp. [24]	> 110

P_{dur} (*P wave duration*) — czas trwania filtrowanego załamka P; PAF (*paroxysmal atrial fibrillation*) — napadowe migotanie przedsionków

z PAF, kontrowersje powstają natomiast w związku z przydatnością amplitud średniokwadratowych końcowego fragmentu filtrowanego P. Część autorów akceptuje RMS20 i rozpatrując go w połączeniu z Pdur, definiuje późne potencjały przedsionkowe (ryc. 1) [5–8]. Odmiennego zdania są Ehlert i wsp. [9], którzy sugerują, że wprowadzanie do analizy amplitud końcowego fragmentu filtrowanego P nie ma uzasadnienia, gdyż różnice statystyczne w zakresie RMS są niewielkie i nie ma patofizjologicznych podstaw do poszukiwania niskonapięciowych potencjałów w terminalnym fragmencie P, jak w przypadku późnych potencjałów komorowych. Zdaniem Ehlerta i wsp. [9] te niskonapięciowe potencjały mogły być spowodowane użyciem niewłaściwych metod filtrowania i zbyt dużym ($1 \mu\text{V}$) poziomem szumów. Wydaje się, że ze względu na niskie amplitudy sięgające $1\text{--}4 \mu\text{V}$ przydatność analizy RMS10 jest wątpliwa. Nawet uzyskanie w każdym z trzech odprowadzeń dwubiegunowych akceptowalnego poziomu szumów ($0,5 \mu\text{V}$) może zafałszować wynik RMS o ponad $1 \mu\text{V}$. Jednak nieco inne wartości przybiera RMS20. W przypadku tego parametru zakres amplitud jest wyższy ($2\text{--}8 \mu\text{V}$) i większość autorów uzyskuje znamienne statystycznie różnice w badanych grupach.

Jednoczesne wystąpienie wydłużenia Pdur oraz zmniejszenia amplitudy jego końcowego fragmentu (RMS) określa się mianem „późnych potencjałów przedsionkowych” (ALP, *atrial late potentials*), poprzez analogię do VLP [5–7, 10]. Jednym z pierwszych badaczy, którzy wprowadzili do literatury pojęcie ALP był Fukunami. Wykazał on istotne statystycznie różnice w zakresie Pdur oraz RMS20 w grupie pacjentów z PAF w porównaniu z osobami zdrowymi. Przyjęcie wartości różnicujących $\text{RMS20} < 3,5 \mu\text{V}$ oraz $\text{Pdur} > 120 \text{ ms}$ pozwalało na osiągnięcie czułości metody na poziomie 91% oraz swoistości na poziomie 76% [5].

Znaczący wkład w rozwój P-HRECG mają również polscy badacze. Banasiak i wsp. [11] zdefiniowali ALP jako obecność Pdur $> 123 \text{ ms}$ w połączeniu z $\text{RMS20} < 4 \mu\text{V}$. Gencel i wsp. [7] wykazali, że parametry $\text{RMS20} < 30 \mu\text{V}$ oraz $\text{Pdur} > 125 \text{ ms}$ identyfikują osoby z PAF z wartością rozpoznawczą potwierdzającą 78% i wykluczającą 88%.

Badania retrospektywne

Metodę P-HRECG próbowano zastosować w różnych postaciach migotania przedsionków. Banasiak i wsp. [11] wykazali, że parametry P-HRECG różnicują pacjentów z PAF w przebiegu choroby niedokrwiennej serca z osobami zdrowymi. W grupie

osób z idiopatycznym AF znamieną różnicę w zakresie czasu trwania filtrowanego załamka P ($p < 0,05$) w stosunku do osób bez tej arytmii stwierdzili Stafford i wsp. [12]. W badaniach przeprowadzonych przez Ishimoto i wsp. [13] w podobnej grupie pacjentów wykazano znamienne wydłużenie Pdur, zwłaszcza u osób starszych.

Z kolei Cecchi i wsp. [14] wykazali przydatność HRECG w identyfikacji PAF u chorych z kardiomiopatią przerostową, a Monterecci i wsp. [15] otrzymali podobne wyniki wśród osób z nadczynnością tarczycy.

Powszechnie wiadomo, że wraz z wiekiem pacjentów zwiększa się częstość epizodów PAF. Dodatnią korelację pomiędzy wiekiem a Pdur w grupach zdrowych ochotników wykazali: Babaev i wsp. [16], badając 93 zdrowe osoby ($r = 0,39, p < 0,0001$), oraz Furihata i wsp. [17] wśród 120 badanych w populacji japońskiej. Inni autorzy nie stwierdzili korelacji parametrów P-HRECG z wiekiem [14, 18–21]. Przeprowadzono również badania, w których nieskutecznie próbowano zastosować do diagnostyki P-HRECG. Amar i wsp. [22] oceniali wartość HRECG w prognozowaniu wystąpienia PAF u pacjentów poddanych niekardiologicznym operacjom torakochirurgicznym. Nie uzyskali znamienych różnic Pdur wśród pacjentów, u których wystąpiło AF, i osób bez AF.

Inni autorzy próbowali wprowadzić odmienne metody analizy P-HRECG, jak w przypadku przezprzelykowej rejestracji sygnału zaproponowanej przez Vilianiego i wsp. [24] czy prowadzenia analizy metodą częstotliwościową zastosowanej przez Yamada i wsp. [21] czy Hiraki i wsp. [23]. Jednak metody te nie rozpowszechniły się ze względu na inwazyjny charakter albo skomplikowaną analizę danych.

Badania prospektywne

W ostatnich latach opublikowano wyniki badań prospektywnych z zastosowaniem P-HRECG. Ich istotą jest próba identyfikacji pacjentów, u których ryzyko nawrotu AF jest zwiększone, ewentualnie z ryzykiem wystąpienia PAF w przebiegu różnorodnych procedur medycznych. Podobnie jak w przypadku badań retrospektywnych najczęściej analizowanym parametrem był Pdur (tab. 2). Wartości Pdur charakteryzujące chorych ze skłonnością do nawrotów AF czy przejścia w formę utrwaloną AF mieszczą się w przedziale $128\text{--}145 \text{ ms}$ i są zdecydowanie większe niż w przypadku pierwszego epizodu PAF.

Abe i wsp. [18], badając przydatność P-HRECG w ocenie ryzyka przejścia napadowego AF w utrwalone, stwierdzili, że charakterystyczne dla tego sta-

Tabela 2. Wartości Pdur charakteryzujące pacjentów ze skłonnością do nawrotów migotania przedsionków w obserwacjach prospektywnych

Table 2. Pdur values characterizing patients with inclination to atrial fibrillation recurrence in prospective studies

Autor	Wartość Pdur [ms]
Abe i wsp. [18]	> 145
Aytemir i wsp. [26]	> 128
Caravelli i wsp. [30]	> 135
Hiraki i wsp. [23]	> 130
Opolski i wsp. [20]	> 137
Raitt i wsp. [27]	> 130
Steinberg i wsp. [34]	> 140
Stafford i wsp. [29]	> 141
Yasushi i wsp. [25]	> 145

Pdur (*P wave duration*) — czas trwania filtrowanego załamka P;
PAF (*paroxysmal atrial fibrillation*) — napadowe migotanie przedsionków

nu jest jednoczesne wydłużenie Pdur > 145 ms ze zmniejszeniem RMS30 < 3 μ V.

Yasushi i wsp. [25] w wielomiesięcznej obserwacji wykazali przydatność P-HRECG w identyfikacji pacjentów ze zwiększonym ryzykiem przejścia napadowego AF w utrwalone, które występuje przy jednoczesnej obecności Pdur > 145 ms oraz RMS30 < 3,0 μ V.

Opolski i wsp. [20] w obserwacji prospektywnej wykazali przydatność parametrów Pdur > 137 ms i RMS20 < 1,9 μ V w identyfikacji pacjentów z ryzykiem nawrotu AF po skutecznej kardiowersji elektrycznej. Również Aytemir i wsp. [26] dowiedli, że stwierdzenie Pdur > 128 ms i RMS20 < 2,1 μ V pozwala na identyfikację chorych z ryzykiem nawrotu AF z czułością 70% i swoistością 76%. Raitt i wsp. [27] z kolei potwierdzili przydatność P-HRECG w prognozowaniu szybkiego nawrotu AF po skutecznej kardiowersji, ale jedynie w grupie pacjentów nieotrzymujących leków antyarytmicznych.

Dimmer i wsp. [28] oraz Stafford i wsp. [29] wykazali, że HRECG jest przydatna w identyfikacji pacjentów zagrożonych wystąpieniem PAF w przebiegu pomostowania aortalno-wieńcowego (CABG, *coronary artery bypass grafting*). Caravelli i wsp. [30], obserwując 129 osób po CABG w kierunku wystąpienia AF, stwierdzili, że wśród 56 chorych, u których w okresie okołoperacyjnym wystąpiło AF, wykazano znamienne wydłużenie Pdur (138 \pm 10 vs. 111 \pm 9 ms) oraz zmniejszenie amplitudy RMS10 i RMS20 (4,2 \pm 2,1 μ V vs. 6,2 \pm 2,0 μ V; p < 0,001). Wydłużenie Pdur > 135 ms prognozuje wystąpienie AF z czułością 84% i swoistością 73%.

Hiraki i wsp. [31] w trakcie obserwacji (trwającej 40 \pm 19 miesięcy) 46 pacjentów poddanych ablacji z przebyłym PAF stwierdzili, że nawrót AF wystąpił u 91% osób z wydłużonym Pdur > 130 ms i tylko u 10% bez takiego wydłużenia.

W przeprowadzonych z użyciem leków badaniach prospektywnych Banasiaka i wsp. [11] wykazano, że 6-tygodniowa terapia amiodaronem doprowadziła do korzystnych zmian parametrów P-HRECG zwłaszcza wśród pacjentów, u których w wyniku podawania leku uzyskano skuteczną profilaktykę napadowego migotania przedsionków.

Podsumowanie

Podsumowując przedstawione powyżej wyniki badań, można stwierdzić, że zdecydowana większość badaczy potwierdza przydatność P-HRECG w identyfikacji pacjentów z PAF. Czynniki ograniczającymi wprowadzenie tej metody do praktyki klinicznej są: brak jednolitych kryteriów rozpoznawania pacjentów z PAF, brak standaryzacji metody uśredniania [33], niedostępność aparatury rejestrującej oraz trudności techniczne podczas rejestracji zapisu. Identyfikacja osób z ryzykiem wystąpienia pierwszego czy kolejnych napadów AF wymaga przeprowadzenia dalszych badań prospektywnych. Szczególnie przydatna byłaby wieloletnia obserwacja pacjentów bez napadów AF z obecnością ALP. Obiecująco zapowiada się również użycie metody P-HRECG w celu monitorowania skuteczności leków antyarytmicznych w utrzymaniu rytmu zatokowego.

Piśmiennictwo

- Breithardt G. Standards for analysis of ventricular late potentials using high-resolution or signal-averaged electrocardiography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1991; 83: 1481–1488.
- Braunwald E. *Heart disease*. W.B. Saunders Company, Philadelphia 2000: 702–703, 833–835.
- Engel T., Valone N., Winde J. Signal averaged electrocardiogram in patients with atrial fibrillation or flutter. *Am. Heart J.* 1988; 115: 592–597.
- Opolski G., Torbicki A. *Migotanie przedsionków*. Urban & Partner, Wrocław 2000: 337–344.
- Banasiak W., Żebrowski J., Więch K. i wsp. Wpływ podanego dożylnie chlorowodoru propafenonu na uśredniony sygnał przedsionkowy u chorych z napadowym migotaniem przedsionków. *Pol. Tyg. Lek.* 1996; 51: 141–144.
- 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.
7. 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.
 8. Kontoyannis D., Kontoyannis S., Sideris D., Mouloupoulos S. Atrial late potentials: paroxysmal supraventricular tachycardia versus paroxysmal atrial fibrillation. *Int. J. Cardiol.* 1993; 41: 147–152.
 9. 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.
 10. 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.
 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. Stafford P., Turner I., Vincent R. Quantitative analysis of signal-averaged P waves in idiopathic paroxysmal atrial fibrillation. *Am. J. Cardiol.* 1991; 68: 751–755.
 13. 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.
 14. Cecchi F., Monteregegi 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.
 15. Monteregegi 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.
 16. 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.
 17. Furihata A., Ozawa Y., Kasamaki Y. i wsp. Age and sex differences in the P-wave signal-averaged electrocardiogram in a Japanese study population. *Jpn. Heart J.* 2001; 42: 295–305.
 18. Abe Y., Fukunami M., Yamada T. i wsp. Prediction of transition to chronic atrial fibrillation in patients with paroxysmal atrial fibrillation by signal-averaged electrocardiography: a prospective study. *Circulation* 1997; 96: 2612–2616.
 19. 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.
 20. 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.
 21. Yamada T., Fukunami M., Ohmori M. i wsp. Characteristic of frequency content of atrial signal-averaged electrocardiograms during sinus rhythm in patients with paroxysmal atrial fibrillation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1992; 19: 559–563.
 22. Amar D., Roistacher N., Zhang H. i wsp. Signal-averaged P-wave duration does not predict atrial fibrillation after thoracic surgery. *Anesthesiology* 1999; 91: 16–23.
 23. 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.
 24. 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.
 25. 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.
 26. Aytemir K., Aksoyek S., Yildirim A. i wsp. Prediction of atrial fibrillation recurrence after cardioversion by P wave signal-averaged electrocardiography. *Int. J. Cardiol.* 1999; 70: 15–21.
 27. Raitt M., Ingram K., Thurman S. Signal-averaged P-wave duration predicts early recurrence of atrial fibrillation after cardioversion. *PACE* 2000; 23: 256–265.
 28. Dimmer C., Jordaens L., Gorgov N. i wsp. Analysis of P Wave with signal averaging to assess the risk of atrial fibrillation after coronary artery bypass surgery. *Cardiology* 1998; 89: 19–24.
 29. 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.
 30. 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.
 31. Hiraki T., Ikeda H., Yoshida T. i wsp. P wave signal-averaged electrocardiography predicts recurrence of paroxysmal atrial fibrillation in patients with Wolff-Parkinson-White syndrome who underwent successful catheter ablation: a prospective study. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2002; 13: 1003–1008.
 32. Dhala A., Underwood D., Leman R. Signal-averaged analysis of normal controls and patients with parox-

- small atrial fibrillation: a study in gender differences, age dependence and reproducibility. Clin. Cardiol. 2002; 25: 525–531.
33. Michelucci A., Padeletti L., Chelucci A. i wsp. Influence of age, lead axis, frequency of arrhythmic episodes, and atrial dimensions on P wave triggered SAECG in patients with lone paroxysmal atrial fibrillation. PACE 1996; 19: 758–767.
34. Steinberg J., Zelenkofske S., Wong S. i wsp. Value of the P-wave signal-averaged ECG for predicting atrial fibrillation after cardiac surgery. Circulation 1993; 88: 2618–2622.