

Sejsmokardiografia — nowa nieinwazyjna metoda oceny czynności lewej komory w chorobie niedokrwiennej serca

Iwona Korzeniowska-Kubacka

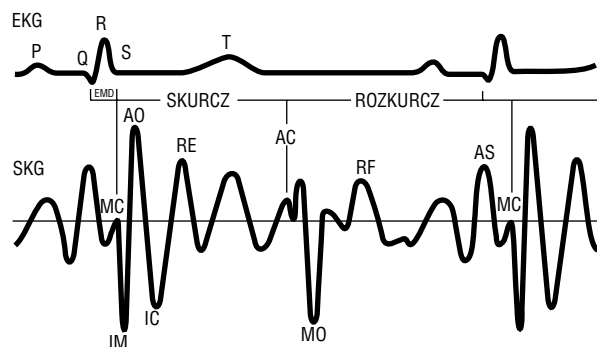
Klinika i Zakład Rehabilitacji Kardiologicznej i Elektrokardiologii Nieinwazyjnej
Instytutu Kardiologii w Warszawie

Podstawowym zadaniem układu krążenia jest zapewnienie wystarczającego dopływu krwi do wszystkich narządów i tkanek ustroju. Centralnym ogniwem tego układu jest serce, którego czynność tłoczna stanowi siłę napędową dla całego krążenia. Nieprawidłowa lub nadmierna praca serca, niezależnie od przyczyny wywołującej, prowadzi do upośledzenia jego czynności tłocznej. Do takiego stanu może dojść w następstwie zaburzeń kurczliwości mięśnia sercowego, w chorobie niedokrwiennej serca, po przebytych zawałach serca.

Ocena czynności lewej komory oparta na pomiarach jej wymiarów, objętości i ciśnień nie jest pełna. Bardzo ważnym elementem w pracy serca jest szybkość, z jaką pewna ilość krwi zostaje wyrzucona, przyspieszenie, które musi być nadane masie krwi napływającej i wypływającej z komory, oraz czas, w jakim te zmiany zachodzą. Opracowana w 1989 roku przez Salerno i Zanettiego sejsmokardiografia (SKG) stwarza taką możliwość. Za pomocą SKG można dokonywać pomiaru czasów kolejnych faz w cyklu pracy serca w spoczynku i w czasie wysiłku oraz przyspieszenia, które zostaje nadane masie krwi przez pracujące serce. Jest to nowa nieinwazyjna metoda diagnostyki kardiologicznej, nawiązująca do stosowanej w przeszłości balistokardiografii.

Sejsmokardiografia polega na analizie drgań udzielonych klatce piersiowej przez pracujące serce. Sejsmokardiograf to rodzaj komputera, który gromadzi i przetwarza dane dostarczone przez akcelerometr umieszczony na podstawie wyrostka mieczykowatego mostka. Akcelerometr złożony z kryształu kwarcowego w stalowej obudowie słu-

ży do pomiaru przyspieszenia ruchu udzielanego ścianie klatki piersiowej przez pracujące serce. Pod wpływem siły działającej na przetwornik kryształ w wyniku zjawiska piezoelektrycznego generuje ładunek elektryczny, który jest następnie przetwarzany w zapis graficzny zwany sejsmokardiogramem (ryc. 1). Badanie wykonuje się w trakcie elektrokardiograficznej próby wysiłkowej. Polega ona na trzech 1-minutowych rejestracjach przed próbą, bezpośrednio po wysiłku i po 5 min odpoczynku. Kiedy rejestracja zostaje zakończona, aparat drukuje raport końcowy. Za pomocą SKG można oceniać morfologię krzywej SKG oraz podokresy skurczu



Rycina 1. Krzywa SKG; MC — fala zamknięcia zastawki mitralnej, IM — fala ruchu izowolumetrycznego, AO — fala otwarcia zastawki aortalnej, IC — fala skurczu izotonicznego, RE — fala szybkiego wyrzutu krwi z lewej komory, AC — fala zamknięcia zastawki aortalnej, MO — fala otwarcia zastawki mitralnej, RF — fala szybkiego napełnienia lewej komory, AS — fala skurczu przedsionka

Adres do korespondencji: Dr med. Iwona Korzeniowska-Kubacka
Klinika i Zakład Rehabilitacji Kardiologicznej
i Elektrokardiologii Nieinwazyjnej IK
ul. Alpejska 42, 04–628 Warszawa
Nadesłano: 16.12.2002 r. Przyjęto do druku: 28.01.2003 r.

Figure 1. Seismocardiogram; MC — mitral valve closure, IM — isovolumic movement, AO — aortic valve opening, IC — isotonic contraction, RE — rapid ventricular ejection, AC — aortic valve closure, MO — mitral valve opening, RF — rapid ventricular filling, AS — atrial systole

i rozkurczu lewej komory serca w spoczynku i w czasie wysiłku, takie jak: IVCT (*isovolumetric contraction time*) — czas skurczu izowolumetrycznego (MC-AO), PEP (*pre-ejection period*) — podokres przedwyrzutowy (Q-AO), LVET (*left ventricular ejection time*) — czas wyrzutu krwi z lewej komory (AO-AC), PEP/LVET — współczynnik kurczliwości, MPI (*myocardial performance index*) — wskaźnik globalnej wydolności mięśnia sercowego $[(IVCT+IVRT)/LVET]$, IVRT (*isovolumetric relaxation time*) — czas izowolumetrycznego rozluźnienia (AC-MO), LVFT (*left ventricular filling time*) — czas napełniania lewej komory (MO-MC), g — przyspieszenie ruchu lewej komory ($1 G = 9,81 \text{ m/s}^2$), AO (*aortic valve opening*) — amplituda fali otwarcia zastawki, RF (*rapid ventricular filling*) — amplituda fali szybkiego napełniania.

U chorego z zaburzeniami kurczliwości wtórnymi do niedokrwienia oczekuje się zmian kształtu krzywej SKG odwracalnych po przeminieciu niedokrwienia, takich jak:

1. Obniżenie amplitudy fali AO w czasie wysiłku o 50% i więcej. Fala AO reprezentuje akcelerację mostka spowodowaną przez skurcz izowolumetryczny lewej komory, który prowadzi do otwarcia zastawki AO. Zmniejszenie akceleracji wiąże się prawdopodobnie z upośledzeniem czynności skurczowej lewej komory wtórnej do niedokrwienia. To obniżenie siły skurczu (siła jest wprost proporcjonalna do przyspieszenia w myśl II zasady dynamiki Newtona) wystąpi jako redukcja amplitudy akceleracji mostka lub redukcja amplitudy fali AO.
2. Brak skrócenia, czyli przesunięcie w prawo fali AO wysiłkowej w stosunku do spoczynku. Opóźnienie fali AO po wysiłku jest spowodowane

wydłużeniem czasu potrzebnego do wzrostu ciśnienia w lewej komorze, które przewyższy ciśnienie w aorcie, prowadząc do otwarcia zastawki AO.

3. Wzrost amplitudy fali RF powyżej 20%. Zmiany fali RF wiążą się ze zmianami ciśnienia końcowo-rozkurczowego w lewej komorze. W czasie niedokrwienia jest to prawdopodobnie spowodowane spadkiem podatności lewej komory lub związane z niedomykalnością zastawki mitralnej wywołanej niedokrwieniem.

Niedokrwiony mięsień sercowy cechuje się gorszą zdolnością nadania masie krwi odpowiedniego przyspieszenia, a ciśnienie w czasie skurczu izowolumetrycznego narasta wolniej. Zaburzenia kurczliwości charakteryzują się zatem wydłużeniem czasu skurczu izowolumetrycznego, skróceniem czasu wyrzucania, wzrostem wskaźnika kurczliwości PEP/LVET, wzrostem MPI oraz niedostatecznym przyspieszeniem ruchu lewej komory (wartość ilorazu przyspieszeń: wysiłkowego do spoczynkowego < 2).

W czasie izowolumetrycznego rozluźniania obie zastawki: mitralna i aortalna, są zamknięte. Gdy dojdzie do niewydolności lewej komory serca i zwiększy się jej objętość i ciśnienie końcoworozkurczowe, IVRT wydłuży się i amplituda fali RF wzrośnie. Czas trwania okresu wyrzucania i rozkurczu zmienia się w zależności od częstości serca. Udowodniono, że czynność serca 60–100 uderzeń/min nie ma wpływu na czas trwania podokresów skurczu i rozkurczu lewej komory. Powyżej 110 uderzeń/min konieczne jest skorygowanie czasów metodą Weisslera [1]. Sejsmokardiograf czyni to automatycznie (tab. 1).

Dotychczasowe publikacje dotyczyły wykorzystania tej metody do wykrywania niedokrwienia

Tabela 1. Parametry sejsmokardiograficzne skurczu i rozkurczu lewej komory serca

Table 1. Systolic and diastolic seismocardiographic parameters of the left ventricle

	Zakres normy	
	Spoczynek	Wysiłek
Całkowity czas skurczu [ms]	409–439	393–439
Podokres przedwyrzutowy [ms]	96–120	86–114
Czas wyrzutu krwi z lewej komory [ms]	304–330	310–338
Współczynnik kurczliwości PEP/LVET	0,25–0,43	0,22–0,40
Całkowity czas rozkurczu [ms]	564–612	566–617
Czas rozluźniania izowolumetrycznego [ms]	49–90	38–80
Czas skurczu izowolumetrycznego [ms]	32–58	30–49
Amplituda AO $\times [10^{-3}G]$	39–118	35–263
Amplituda RF $\times [10^{-3}G]$	16–35	12–94

PEP (*pre-ejection period*) — podokres przedwyrzutowy; LVET (*left ventricular ejection time*) — czas wyrzutu krwi z lewej komory; AO (*aortic valve opening*) — fala otwarcia zastawki aortalnej; RF (*rapid ventricular filling*) — fala szybkiego napełniania lewej komory

w diagnostyce choroby wieńcowej. Udowodniono, że SKG jest czulszą metodą wykrywania niedokrwienia niż próba wysiłkowa EKG i równie czułą jak próba izotopowa. Potwierdziła to również autorka tej pracy [2–6, 7–11]. Niewiele jest prac oryginalnych dotyczących wartości SKG w ocenie czynności skurczowej i rozkurczowej lewej komory. Crow i wsp. [12] wykazali zgodność metody SKG i echokardiografii w ocenie długości podokresów cyklu serca w spoczynku u osób zdrowych i u pacjentów z kardiomiopatią rozstrzeniową. Malczewska i wsp. [13] dowiedli, że u osób z chorobą niedokrwinną serca z dodatnim wynikiem SKG frakcja wyrzutowa lewej komory była znamienne niższa w porównaniu z grupą z ujemnym SKG, odpowiednio $59,44\% \pm \pm 13,37\%$ vs. $67,82\% \pm 8,86\%$ ($p = 0,003$). Libonati i wsp. [14] oceniali długość podokresów cyklu serca metodą SKG u 51 zdrowych osób i stwierdzili, że dłuższy wysiłek na bieżni wiązał się ze skróceniem IVRT, wydłużeniem LVET i obniżeniem MPI. W badaniach własnych autorki pracy porównywano długość podokresów cyklu serca u chorych z dysfunkcją lewej komory (średnia frakcja wyrzutowa 37%) oraz u osób zdrowych. Wykazano istotne wydłużenie PEP, wzrost PEP/LVET, wydłużenie IVRT, wyższy MPI i niższą wartość g u chorych w porównaniu z osobami zdrowymi [15, 16]. Ostatnio w piśmiennictwie ukazały się prace dotyczące wartości MPI ocenianej w badaniu echokardiograficznym. Ten wskaźnik można również określić metodą SKG. Wykazano, że MPI jest czulszym wskaźnikiem prognostycznym po zawale niż frakcja wyrzutowa. Wartości MPI większe od 0,63 wiązały się z 1-rocznym przeżyciem wynoszącym 37% w stosunku do 89% u osób ze wskaźnikiem poniżej 0,63 [17]. Bruch i wsp. [18] wykazali, że MPI jest czułym wskaźnikiem rozpoznawania dysfunkcji mięśnia sercowego. Czułość tego wskaźnika w rozpoznawaniu niewydolności serca wynosiła 86%, a specyficzność 82%. Wskaźnik globalnej wydolności mięśnia sercowego nie zależał od częstości serca, wartości skurczowego i rozkurczowego ciśnienia tętniczego, a istotnie korelował z wartością ciśnienia końcowo-rozkurczowego ($r = 0,46$; $p < 0,01$).

Na podstawie dotychczasowej wiedzy na temat SKG można wnioskować, że jest to cenna i godna rozpowszechnienia metoda diagnostyczna w praktyce kardiologicznej.

Próba wysiłkowa jest jednym z najczęściej przeprowadzanych badań w praktyce kardiologicznej. Ponieważ SKG wykonuje się w czasie próby wysiłkowej, stwarza ona możliwość kompleksowej oceny serca pod względem ukrwienia oraz czynności skurczowej i rozkurczowej lewej komory u pacjentów

z chorobą niedokrwinną serca. Umożliwia również wczesne rozpoznawanie dysfunkcji mięśnia sercowego, która może ujawnić się dopiero w czasie wysiłku.

Wydaje się, że możliwość nieinwazyjnego śledzenia czynności skurczowej i rozkurczowej lewej komory serca, jaką stwarza sejsmokardiografia, ma duże znaczenie praktyczne. Otwarta pozostaje kwestia, czy jest metodą wystarczająco dokładną. Aby odpowiedzieć na to pytanie, konieczne są dalsze badania w tym zakresie.

Piśmiennictwo

- Gerrard C.L., Weissler A.M., Dodge H.T. The relationship of alterations in systolic time intervals to ejections fraction in patients with cardiac disease. *Circulation* 1970; 42: 455–462.
- Jerosh-Herold M., Zanetti J., Herkle H. i wsp. The seismocardiogram as magnetic-field-compatible alternative to the electrocardiogram for cardiac stress monitoring. *Int. J. Card. Imaging* 1999; 15: 523–531.
- Korzeniowska-Kubacka I. Sejsmokardiografia wysiłkowa — nowa metoda diagnostyki niedokrwienia w chorobie niedokrwiennej serca. *Post. Rehab.* 1997; 10: 77–83.
- Korzeniowska-Kubacka I., Rudnicki S., Mazurek K. i wsp. Przydatność sejsmokardiograficznej próby wysiłkowej w ocenie funkcji lewej komory u chorych z chorobą niedokrwinną serca poddanych treningowi fizycznemu. *Post. Rehab.* 2001; 14: 69–74.
- Korzeniowska-Kubacka I. Sejsmokardiografia — nieinwazyjna metoda diagnostyki niedokrwienia w chorobie niedokrwiennej serca. *Folia Cardiol.* 2001; 4: 341–346.
- Korzeniowska-Kubacka I., Rausińska-Nocny L., Mazurek K. i wsp. Przydatność sejsmokardiografii wysiłkowej w rozpoznawaniu choroby niedokrwiennej serca. *Folia Cardiol.* 2001; 4: 381–388.
- Salerno D., Wang K., Goldenberg I. The impact of selection bias measurement of noninvasive test accuracy. *Am. J. Cardiol.* 1993; 72: 223–225.
- Salerno D., Zanetti J. Seismocardiography: a new technique for recording cardiac vibration. Concept, method and initial observation. *J. Cardiovasc. Technol.* 1990; 9: 111–117.
- Salerno D., Zanetti J. Seismocardiography for monitoring changes in left ventricular function during ischemia. *Chest* 1991; 100: 991–993.
- Salerno D., Zanetti J., Poliac L. Exercise seismocardiography for detection of coronary artery disease. *Am. J. Noninvas. Cardiol.* 1992; 6: 321–330.
- Salerno D., Zanetti J., Green L., Mooney M. Seismocardiographic changes associated with obstruction coronary blood flow during balloon angioplasty. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1991; 68: 201–207.

12. Crow R.S., Hannan P., Jacobs D. Relationship between seismocardiogram and echocardiogram for events in the cardiac cycle. *Am. J. Noninvas. Cardiol.* 1994; 8: 39–46.
13. Malczewska B., Szwed H., Kowalik J. i wsp. Sejsmokardiografia w rozpoznawaniu choroby wieńcowej. *Kardiol. Pol.* 1995; 43: 5–11.
14. Libonati J.R., Ciccolo J., Glassber G.H. The Tei index and exercise capacity. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 2001; 41: 108–113.
15. Korzeniowska-Kubacka I., Piotrowicz R. Sejsmokardiografia — nieinwazyjna metoda oceny funkcji lewej komory. *Wyniki wstępne. Przeg. Lek.* 2002; 59: 1–3.
16. Korzeniowska-Kubacka I., Piotrowicz R. Seismocardiography — a noninvasive technique for estimating of left ventricular function. Preliminary results. *Acta Cardiol.* 2002; 57: 51–52.
17. Moeller E.J., Sondergeerd E., Poulsen S.H., Egstrup K. The Doppler echocardiographic myocardial performance index predicts left ventricular dilation and cardiac death after myocardial infarction. *Cardiology* 2001; 95: 105–111.
18. Bruch C., Schermund A., Marin D. i wsp. Tei index in patients with mild-to-moderate congestive heart failure. *Eur. Heart J.* 2000; 21: 1888–1895.