

Zastosowanie kardiografii impedancyjnej w ocenie odpowiedzi hemodynamicznej podczas spiroergometrycznej próby wysiłkowej u pacjenta z niewydolnością serca – opis przypadku

Impedance cardiography for the assessment of hemodynamic response during cardiopulmonary exercise test in a patient with heart failure – a case report

Janusz Siebert¹, Dominika Zielińska², Bartosz G. Trzeciak¹, Stanisław Bakula²

¹ Międzyuczelniane Uniwersyteckie Centrum Kardiologiczne, Katedra Medycyny Rodzinnej, Gdański Uniwersytet Medyczny

² Katedra i Klinika Rehabilitacji, Gdański Uniwersytet Medyczny

Abstract

The aim of the study was to evaluate the hemodynamic changes using the impedance cardiography during cardiopulmonary exercise test in a male patient with heart failure. Ramp protocol was performed. Target heart rate was achieved at 159 W of workload. The $\dot{V}O_2$ peak was 20 ml/kg/min; $\dot{V}O_2$ (AT) – 9 ml/kg/min; and $\dot{V}E$ ($\dot{V}CO_2$) slope – 33.1. Hemodynamic trends of stroke volume and contractility index showed that the deflection point was 100 s earlier than maximum workload. Monitoring of hemodynamic response during exercise test by impedance cardiography enables detection abnormalities in cardiac performance during exercise test before classic termination criteria are achieved.

Key words: heart failure, impedance cardiography, exercise testing

Kardiologia Polska 2010; 68: 311-313

Wstęp

Kompleksowa rehabilitacja kardiologiczna jest elementem rutynowego postępowania u chorych z przewlekłą niewydolnością serca (ang. *chronic heart failure*, CHF) [1]. Potwierdzono, że wzrost kondycji fizycznej obniża śmiertelność i częstość hospitalizacji, poprawia tolerancję wysiłku i jakość życia [2–6]. Funkcję lewej komory serca (LV) badano podczas wysiłku fizycznego techniką echokardiografii [7], spiroergometrii [8, 9], rezonansu magnetycznego [10], wentrykulografii radioizotopowej (VEST) [11] u osób zdrowych i pacjentów z CHF. Wartość diagnostyczna tych metod jest zróżnicowana, a ich dostępność ograniczona wysokimi kosztami oraz koniecznością wykonania w wysokospecjalistycznych ośrodkach. Zdecydowanie najprostszą techniką, która pozwala w sposób bezpieczny i nieinwazyjny monitorować wskaźniki hemodynamiczne podczas wysiłku, wydaje się kardiografia impedancyjna (ICG) [12]. Najczęściej stosuje się ją w ocenie objętości wyrzutowej serca (SV), wskaźnika kurczliwości serca

Heathera (HI), zmiany zawartości płynu w klatce piersiowej czy też do wyliczenia obwodowego oporu naczyniowego (SVR).

Celem pracy jest przedstawienie możliwości monitorowania hemodynamicznego przy użyciu ICG u pacjenta z CHF podczas spiroergometrycznego testu wysiłkowego (CPX).

Metody

Rejestrację przeprowadzono u 39-letniego mężczyzny z cechami skurczowej CHF. W 2005 r. rozpoznano u niego kardiomiopatię rozstrzeniową. Mimo niskiej frakcji wyrzutowej lewej komory (LVEF), ocenionej na 27% na podstawie badania echokardiograficznego, chory znajdował się w II klasie wg NYHA. Prowadził aktywny tryb życia. Test CPX przeprowadzono na cykloergometrze rowerowym Lode. Do badania wykorzystano zestaw do badań wysiłkowych CORTEX MetaSoft. Zastosowano protokół testu wysiłkowego typu ramp 10 W/min, z początkowym obciążeniem 20 W. Podczas badania monitorowano EKG, ciśnienie tę-

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. n. med. Janusz Siebert, Międzyuczelniane Uniwersyteckie Centrum Kardiologiczne, Katedra Medycyny Rodzinnej, Gdański Uniwersytet Medyczny, ul. Dębinki 2, 80-211 Gdańsk, tel.: +48 58 349 15 75, faks: +48 58 349 15 76, e-mail: jsiebert@gumed.edu.pl

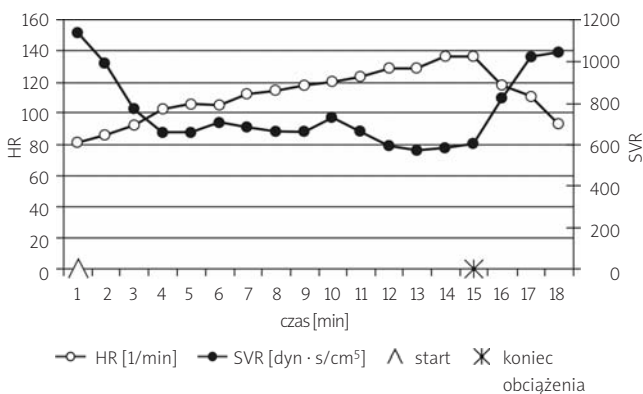
Praca wpłynęła: 10.07.2009. Zaakceptowana do druku: 30.07.2009.

nicze (BP) oraz saturację włośniczkową. Wskaźniki hemodynamiczne monitorowano za pomocą kardiografii impedancyjnej. Analizowano w sposób ciągły, w czasie rzeczywistym, SV, częstotliwość akcji serca, HI oraz ciśnienie tętnicze. Wyliczono rzut minutowy serca oraz SVR. Badania wykonano aparatem Niccomo.

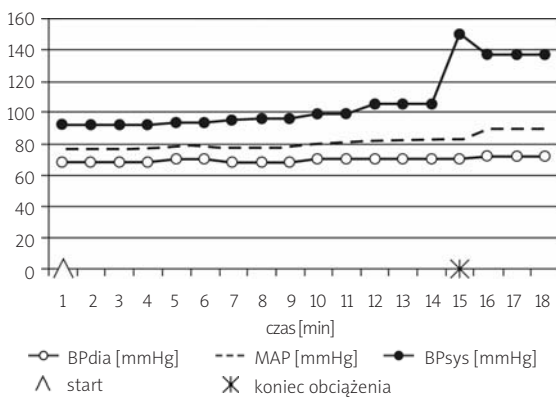
Wyniki

Próbie zakończono z powodu zmęczenia pacjenta. Badany osiągnął planowany limit częstotliwości akcji serca 138/min po obciążeniu 159 W. Wskaźniki zużycia tlenu oznaczono jako $VO_2 peak$ – 20 ml/kg/min, VO_2 na progu beztlenowym – 9 ml/kg/min (przy 45% $VO_2 peak$), $V \cdot E$ ($V \cdot \dot{CO}_2$) *slope* – 33,1.

Analiza zmian hemodynamicznych za pomocą ICG wykazała bardzo niskie wartości HI oraz fluktuacje wielkości SV, bez typowego wzrostu obserwowanego u osób zdrowych. Sto sekund przed zakończeniem próby wysiłkowej zaobserwowano załamanie się tych trendów.



Rycina 1. Trendy zmian częstotliwości akcji serca (HR) i obwodowego oporu naczyniowego (SVR) w trakcie próby wysiłkowej u pacjenta z niewydolnością serca



Rycina 2. Profil zmian ciśnienia tętniczego – skurczowego (BPsys), rozkurczowego (BPdia) oraz średniego (MAP), w trakcie próby wysiłkowej u pacjenta z niewydolnością serca

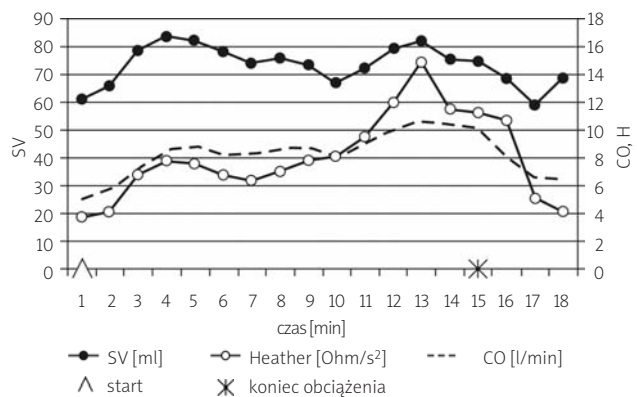
Obwodowy opór naczyniowy obniżał się w trakcie trwania testu, w fazie *recovery* wartość SVR wróciła do progu wyjściowego. Saturacja krwi włośniczkowej utrzymywała się powyżej 95% podczas całego badania. W EKG obserwowano dodatkowe pobudzenia komorowe w początkowej fazie obciążenia i w fazie *recovery*. Trendy zmian częstotliwości akcji serca, SVR, ciśnienia tętniczego oraz przebieg krzywej SV, rzutu minutowego serca oraz HI zilustrowano odpowiednio na Rycinach 1.–3.

Omówienie

Ćwiczenia fizyczne zaleca się wszystkim stabilnym chorym z CHF. Nie ma udokumentowanych danych wskazujących na konieczność ograniczania treningu fizycznego u chorych z CHF w zależności od etiologii, klasy wydolności wg NYHA, LVEF czy stosowanej terapii farmakologicznej [1]. Intensywność treningu powinna być dobierana na podstawie badań ergometrycznych, a w miarę możliwości spiroergometrycznych. Zakłada się, że w początkowym okresie treningu maksymalne tętno nie powinno przekraczać wartości odpowiadającej 40–50% rezerwy tętna lub 4–50% $VO_2 peak$, a wzrost ciśnienia tętniczego nie powinien być wyższy niż 10–20 mmHg [13]. Wydaje się, że monitorowanie wskaźników hemodynamicznych podczas próby wysiłkowej umożliwia bardziej precyzyjne planowanie treningu fizycznego i przez to oddziałuje na wyniki odległe leczenia ruchem.

Monitorowanie zmian w układzie krążenia podczas wysiłku fizycznego było celem wielu projektów badawczych. Do analiz hemodynamicznych stosowano różnorodne metody [7–11].

U osób zdrowych, wg niektórych autorów, obserwuje się podczas testu wysiłkowego istotny wzrost SV, do osiągnięcia progu beztlenowego (ang. *anaerobic threshold-AT*), a następnie nieistotny wzrost, do wystąpienia maksymalnego zmęczenia [14]. U pacjentów z CHF nie obser-



Rycina 3. Przebieg krzywej objętości wyrzutowej (SV), rzutu minutowego serca (CO) i wskaźnika kurczliwości serca Heathera (HI) w trakcie próby wysiłkowej u pacjenta z niewydolnością serca

wuje się natomiast zmiany SV do wystąpienia progu bez-tlenowego [11]. Pojemność minutowa serca utrzymywana jest przez istotny wzrost częstotliwości akcji serca. Udokumentowano brak korelacji wielkości LVEF z wydolnością fizyczną [5].

Badany pacjent uzyskał wysokie obciążenie 159 W po zastosowaniu protokołu treningu wysiłkowego typu ramp 10 W/min. Mimo że mężczyzna prowadził regularną, wieloletnią aktywność fizyczną (trening o charakterze oporowym i wytrzymałościowym), zaobserwowano nieprawidłowy profil odpowiedzi hemodynamicznej. Obwodowy opór naczyniowy u pacjentów z CHF, podobnie jak u osób zdrowych, istotnie obniża się podczas wysiłku fizycznego [15]. U opisywanego mężczyzny krzywa SVR obniżała się do końca próby. Reakcja tensyjna była jednak niewystarczająca, wzrost ciśnienia nastąpił dopiero po zakończeniu wysiłku. Obserwowano wyraźne załamanie się krzywej kurczliwości serca – HI, oraz w mniejszym stopniu krzywej SV ok. 100 s przed zgłoszonym przez pacjenta maksymalnym zmęczeniem. Załamanie się wielkości kurczliwości serca i objętości wyrzutowej może stanowić cenny wskaźnik do oceny czasu bezpiecznego zakończenia testu wysiłkowego.

Wykorzystując ICG do oceny reakcji hemodynamicznej podczas wysiłku fizycznego, należy pamiętać o ograniczeniach metody. Wartość diagnostyczna jest wątpliwa przy istotnych zaburzeniach rytmu serca, u chorych z ciężką niedomykalnością aortalną, z wysokim ciśnieniem tętniczym (MAP > 130 mmHg) i in. [16]. Jednak przy dobrej współpracy z pacjentem, ustabilizowaniu klatki piersiowej podczas testu wysiłkowego oraz zastosowaniu urządzeń najnowszej generacji ICG może pokazać trendy zmian hemodynamicznych. Może stać się metodą z wyboru w planowaniu i monitorowaniu treningu fizycznego u chorych z CHF, jednak konieczne są dobrze zaplanowane i przeprowadzone badania.

Wnioski

Przedstawiono przypadek zastosowania ICG podczas CPX u pacjenta z CHF. Obserwacja trendu objętości wyrzutowej i kurczliwości serca wykazała załamanie się obu wskaźników przed osiągnięciem progu maksymalnego obciążenia. Opisane zjawisko może mieć znaczenie w monitorowaniu testów wysiłkowych. Być może obserwacja tych trendów pozwoli na wyznaczenie bezpiecznego momentu przerwania testu, przed osiągnięciem klasycznych kryteriów zakończenia obciążenia.

Piśmiennictwo

1. Dickstein K, Cohen-Solal A, Filippatos G, et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2008: the Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2008 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association of the ESC (HFA) and endorsed by the European Society of Intensive Care Medicine (ESICM). *Eur Heart J* 2008; 29: 2388-442.
2. Piepoli MF, Flather M, Coats AJ. Overview of studies of exercise training in chronic heart failure: the need for a prospective randomized multicentre European trial. *Eur Heart J* 1998; 19: 830-41.
3. Smart N, Marwick TH. Exercise training for patients with heart failure: a systematic review of factors that improve mortality and morbidity. *Am J Med* 2004; 116: 693-706.
4. Piepoli MF, Davos C, Francis DP, et al. Exercise training meta-analysis of trials in patients with chronic heart failure (ExTraMATCH). *BMJ* 2004; 328: 189.
5. Recommendations for exercise training in chronic heart failure patients. *Eur Heart J* 2001; 22: 125-35.
6. Rees K, Taylor RS, Singh S, et al. Exercise based rehabilitation for heart failure. *Cochrane Database Syst Rev* 2004; CD003331.
7. Crawford MH, White DH, Amom KW. Echocardiography evaluation of left ventricular size and performance during handgrip and supine and upright bicycle exercise. *Circulation* 1979; 59: 1188-96.
8. Collier CR. Determination of mixed venous CO₂ tensions by rebreathing. *J Appl Physiol* 1956; 9: 25-9.
9. Fritzsche RG, Switzer TW, Hodkinson BJ, et al. Stroke volume decline during prolonged exercise is influenced by the increase in heart rate. *J Appl Physiol* 1999; 86: 799-805.
10. Lurz P, Muthurangu V, Schievano S, et al. Feasibility and Reproducibility of Biventricular Volumetric Assessment of Cardiac Function During Exercise Using Real-Time Radial k-t SENSE Magnetic Resonance Imaging. *J Magn Reson Imaging* 2009; 29: 1062-70.
11. Nappi A, Cuocolo A, Imbriaco M, et al. Ambulatory monitoring of left ventricular function: walk and bicycle exercise test in congestive heart failure. *J Nucl Med* 1997; 38: 948-53.
12. Siebert J, Trzeciak B, Zielińska D, et al. Zastosowanie kardiografii impedancyjnej do prób wysiłkowych w rehabilitacji kardiologicznej. In: Siebert J (ed.). Kardiografia impedancyjna – przewodnik dla lekarzy. *Via Medica*, Gdańsk 2006.
13. Dylewicz P, Przywarska I, Borowicz- Bieńkowska S. Ćwiczenia fizyczne w rehabilitacji chorych z niewydolnością serca. In: Dylewicz P, Bromboszcz J (eds.). Rehabilitacja kardiologiczna. Stosowanie ćwiczeń fizycznych. *ELIPSA-JA/IM s.c.*, Kraków 2005.
14. Imbriaco M, Cuocolo A, Pace L, et al. Ambulatory monitoring of left ventricular function during cardiopulmonary exercise tests in normal sedentary subjects. *J Nucl Med* 1995; 36: 554-68.
15. Sullivan MJ, Cobb FR. Central hemodynamic response to exercise in patients with chronic heart failure. *Chest* 1992; 101: 340S-6S.
16. Krześciński P, Gielerak G, Kowal J. Kardiografia impedancyjna – nowoczesne narzędzie terapii monitorowanej chorób układu krążenia. *Kardiologia Polska* 2009; 67: 65-71.