

Echokardiograficzna ocena hemodynamiki serca w czasie stymulacji drogi odpływu prawej komory — porównanie ze stymulacją koniuszkową

Jacek Baszak, Dariusz Koziara, Andrzej Kutarski

Katedra i Klinika Kardiologii Akademii Medycznej w Lublinie

Hemodynamics during right ventricle outflow tract stimulation — echocardiographic comparison with apical stimulation

Aim of the study: *To compare the hemodynamics of the heart, especially cardiac output measured noninvasively using Doppler echocardiography during stimulation of apex and outflow tract of the right ventricle.*

Materials and methods: *In 24 patients during electrophysiologic study we stimulated apex and outflow tract in DDD mode measuring pulmonary, mitral, tricuspid flow parameters and cardiac output.*

Results: *Cardiac output was 7.10 l/min and 8.20 l/min respectively (+ 15.5%, $p < 0.05$). Some parameters of mitral and pulmonary flow (V_{pmax} , AT_{pa} , Emv , E/Amv , $VTImv$) were also improved.*

Conclusions: *stimulation of the right ventricle outflow tract improves cardiac output and some left ventricle filling parameters during noninvasive investigation compared with apical stimulation. (Folia Cardiol. 1999; 6: 162–166)*

right ventricle outflow tract stimulation, cardiac output, echocardiography

Wstęp

Fizjologia stymulacji była w centrum uwagi badaczy od początku stosowania stymulacji serca jako podstawy metod leczenia bradykardii. Już w 1889 roku profesor fizjologii na uniwersytecie w Aberdeen — John McWilliam, stymulując serca kotów serią bodźców elektrycznych, napisał w *British Medical Journal*: „W celu osiągnięcia możliwie najbardziej efektywnego pobudzenia serca lepiej przesyłać bodźce zarówno do komór, jak i przedsionków” [1]. Zachowanie prawidłowej sekwencji pobudzania serca było celem lekarzy od początku zastosowania stymulacji serca u ludzi, a następstwa jej braku, nazwane ze-

społem stymulatorowym, znano już od lat 70. [2–4]. Względy technologiczne oraz techniczne aspekty implantacji elektrod spowodowały, że system stymulacji komór sterowany rytmem przedsionków upowszechnił się dopiero ok. 10 lat później [5, 6].

Równie wcześniej zwrócono uwagę, że koniuszek prawej komory, powszechnie stosowany z uwagi na prostotę i pewność fiksacji, nie jest idealnym miejscem do umieszczania elektrody. Powrócono do najwcześniejszych prac Kocha z 1920 roku [7] i Wiggersa z 1925 roku [8] wskazujących, że wywoływana w ten sposób asynchronia pracy komór powoduje pogorszenie hemodynamiki serca. Obserwacje te potwierdzone zostały w wielu pracach z lat 60. i 70. [9–13]. W latach 80. pojawiły się sugestie prób stymulacji pobliza pęczka Hisa jako metody zmniejszenia zaburzeń hemodynamicznych wywołanych niefizjologicznym torem rozchodzenia się fali depolaryzacji [14–16].

Adres do korespondencji: Dr Jacek Baszak
Katedra i Klinika Kardiologii AM
ul. Jaczewskiego 8, 20–090 Lublin
Nadesłano: 26.02.1999 r. Przyjęto do druku: 5.05.1999 r.

Techniczne możliwości takiej stymulacji zostały potwierdzone w latach 1991–1992 przez Karpawicha u psów [17, 18], w latach późniejszych doniesień o zaletach stymulacji drogi odpływu prawej komory u ludzi było już wiele [19–23]. Tematykę stymulacji drogi odpływu prawej komory przedstawił szczegółowo Kutarski [24, 25].

Cel pracy

Porównanie rzutu serca oraz niektórych parametrów hemodynamicznych podczas stymulacji sekwencyjnej koniuszka prawej komory i drogi odpływu prawej komory, mierzonego metodą nieinwazyjną echokardiografii dopplerowskiej.

Materiał i metody

Badaniu poddano 24 osoby hospitalizowane w Klinice Kardiologii Akademii Medycznej w Lublinie w okresie od sierpnia do grudnia 1995 roku. Pacjenci w wieku 15–73 lat (śr. 53,3) poddani byli badaniu elektrofizjologicznemu (EPS) z powodu utraty przytomności o niejasnej etiologii. U wszystkich w wyjściowym badaniu elektrokardiograficznym zaobserwowano rytm zatokowy. Po wykonaniu badań przewidzianych protokołem EPS umieszczano elektrody w górnej części prawego przedsionka (HRA, *high right atrium*) i koniuszku prawej komory. Następnie narzucano stymulację sekwencyjną w zakresie 70–90/min. Sprężenie przedsionkowo-komorowe (AV delay) ustalano na 100–110 ms w zależności od czasu przewodzenia przedsionkowo-komorowego (pod kontrolą EKG) tak, aby uniknąć fuzji pobudzenia. Stymulacja trwała 180 s, po czym wykonywano dopplerowskie badanie echokardiograficzne. Z projekcji przymostkowej krótkiej naczyniowej oceniano parametry przepływu przez zastawkę płucną (Vpamax — maksymalna szybkość przepływu przez zastawkę pnia płucnego, ATpa — czas akceleracji przepływu płucnego, RVET — czas

wyrzucania prawej komory, VTlpa — całka szybkości i czasu przepływu przez zastawkę pnia płucnego, Dpa — szerokość zastawki pnia płucnego i COpa — wyliczany automatycznie rzut minutowy serca) oraz przez zastawkę trójdzielną (Etv — maksymalna szybkość przepływu przez zastawkę trójdzielną we wczesnym okresie napełniania prawej komory, Atv — maksymalny przepływ przez zastawkę trójdzielną w czasie późnego napełniania prawej komory, VTItv — całka szybkości i czasu przepływu przez zastawkę trójdzielną). Następnie z projekcji koniuszkowej czterojamowej oceniano przepływ mitralny (parametry: Emv — maksymalna szybkość przepływu przez zastawkę mitralną we wczesnym okresie napełniania lewej komory, Amv — maksymalny przepływ przez zastawkę mitralną w czasie późnego napełniania lewej komory, VTImv — całka szybkości i czasu przepływu przez zastawkę mitralną). Ponadto określano parametr sprężenia elektromechanicznego, mierzony jako odstęp od załamka Q do początku przepływu przez tętnicę płucną (Qpa). Po uzyskaniu satysfakcjonujących zapisów elektrodę komorową przesuwano do drogi odpływu prawej komory i ponownie po skutecznej 180-sekundowej stymulacji wykonywano pomiar parametrów przepływu mitralnego, trójdzielnego i płucnego (analogicznie jak opisano powyżej). Część pomiarów wykonywana była w czasie badania, pomiary uzupełniające przeprowadzono na podstawie zapisu badania na taśmie video. Uśredniono pomiary z pięciu kolejnych ewolucji pracy serca. Badanie wykonano aparatem echokardiograficznym Sonos 1000 firmy Hawlett Packard.

Wyniki

Podczas stymulacji drogi odpływu prawej komory istotnie większa była szybkość przepływu maksymalnego ($p < 0,02$) oraz całka szybkości i czasu przepływu ($p < 0,05$) przez zastawkę płucną w porównaniu ze stymulacją koniuszkową. Rzut

Tabela 1

Porównanie parametrów przepływu przez zastawkę płucną w czasie stymulacji sekwencyjnej z elektrodą w drodze odpływu prawej komory i w koniuszku prawej komory

	Vpamax [cm/s]	VTlpamax [cm]	COpa [l/min]	Dpa [cm]
Droga odpływu PK	100,2 ± 22,9*	21,3 ± 7,1**	8,20 ± 1,25**	2,50 ± 0,85
Koniuszek PK	92,4 ± 22,6	18,3 ± 5,3	7,10 ± 1,10	2,60 ± 0,90

* $p < 0,02$, ** $p < 0,05$

minutowy był większy o 15,49% ($p < 0,05$). Pomiar szerokości pierścienia zastawki pnia płucnego był wykorzystywany we wzorze do obliczenia rzutu serca w czasie stymulacji drogi odpływu i koniuszka prawej komory (tab. 1).

Tabela 2 przedstawia parametry dynamiki skurczu prawej komory. Jedynie szybkość narastania przepływu płucnego, określana jako czas akceleracji, była istotnie większa podczas stymulacji drogi odpływu prawej komory ($p < 0,05$). Pozostałe oceny parametry — czas sprzężenia elektromechanicznego mierzonego jako odstęp od załamka Q do początku przepływu przez tętnicę płucną (Qpa) oraz czas wyrzucania (RVET) nie różniły się istotnie podczas stymulacji drogi odpływu i koniuszka prawej komory.

Wśród parametrów przepływu mitralnego w czasie stymulacji drogi odpływu prawej komory w porównaniu ze stymulacją koniuszkową istotnie wyższa

była amplituda przepływu mitralnego we wczesnej fazie napełniania lewej komory ($p < 0,05$), stosunek amplitudy przepływu we wczesnym okresie napełniania do napełniania przedsionkowego E/A ($p < 0,05$) oraz cała szybkość i czasu przepływu przez zastawkę mitralną (VTI; $p < 0,05$). Nie obserwowano tych zależności w odniesieniu do przepływu trójdzielnego. Fala napełniania przedsionkowego przepływu mitralnego (Amv) i trójdzielnego (Atv) nie zmieniają się w sposób istotny przy zmianie miejsca stymulacji (tab. 3).

Omówienie

Wśród prac i doniesień zjazdowych na temat stymulacji drogi odpływu prawej komory, które ukazały się w latach 1992–1995 i porównują jej hemodynamiczne efekty z tradycyjną stymulacją koniuszka prawej komory, większość donosi o poprawie rzutu serca, zawierającej się pomiędzy 18%, a 22% [19, 21, 22, 27], w niektórych poprawa hemodynamiki jest mniejsza (ok. 6%), lecz nadal istotna [28].

Aspekty techniczne i trudności implantacji elektrod do stymulacji stałej serca w drodze odpływu prawej komory w literaturze polskiej omawia Kutarski [29].

Podczas badania stwierdziliśmy większą skuteczność stymulacji drogi odpływu prawej komory w porównaniu ze stymulacją koniuszkową, co wyrażało się przede wszystkim wzrostem szybkości przepływu; przy zachowanym okresie wyrzucania oznacza to wzrost objętości wyrzutowej i minutowej mierzonej w drodze odpływu prawej komory o 15,5% (rzut minutowy 8,20 min w stosunku do 7,10 min). Obserwowane w czasie badania skrócenie czasu akceleracji przepływu płucnego pozostaje w związku z większą dynamiką skurczu, obserwowaną podczas stymulacji drogi odpływu prawej komory. Niemniej czas określany jako sprzężenie elektromechaniczne dla prawej komory pozostaje niezmienny. W sposób istotny różnią się natomiast wzory napełniania lewej komory: przy stymulacji drogi odpływu prawej komory zwiększa się istotnie amplituda wczesnego napełniania, co przy niezmiennym okresie napełniania rozkurczowego i jednakowej fali napełniania przedsionkowego determinuje większy przepływ mitralny, określany całą czas i szybkości przepływu.

Tak więc również w grupie osób, które badaliśmy za pomocą echokardiografii metodą Dopplera stymulacja drogi odpływu prawej komory zapewniała lepsze warunki napełniania lewej komory i zwiększała objętość wyrzutową.

Tabela 2

Wpływ miejsca stymulacji na dynamikę skurczu prawej komory w czasie stymulacji sekwencyjnej z elektrodą w drodze odpływu prawej komory i w koniuszku prawej komory

	Qpa [ms]	RVET [ms]	ATpa [ms]
Droga odpływu PK	119,4 ± 32,0	296,0 ± 29,0	98,0 ± 17,5*
Koniuszek PK	122,4 ± 25,0	288,0 ± 45,0	115,0 ± 28,0

* $p < 0,05$

Tabela 3

Obraz napełniania lewej i prawej komory podczas stymulacji drogi odpływu prawej komory i koniuszka prawej komory

	Droga odpływu PK	Koniuszek PK
Emv [cm/s]	67,8 ± 12,0*	57,8 ± 11,0
Amv [cm/s]	71,2 ± 14,0	68,4 ± 16,0
Etv [cm/s]	53,0 ± 10,0	54,9 ± 13,0
Atv [cm/s]	48,6 ± 10,0	48,2 ± 15,0
E/Amv	0,97 ± 0,2*	0,79 ± 0,7
E/Atv	1,13 ± 0,2	1,18 ± 0,3
VTImv [cm]	17:3 ± 2,1*	14,2 ± 1,9
VTItv [cm]	13,1 ± 2,7	13,4 ± 4,1

* $p < 0,05$

Wnioski

Stymulacja drogi odpływu prawej komory poprawia rzut minutowy serca w porównaniu ze sty-

mulacją koniuszka prawej komory. Poprawiają się też wskaźniki echokardiograficzne, świadczące o napełnianiu i objętości wyrzutowej lewej komory.

Streszczenie

Hemodynamika stymulacji drogi odpływu prawej komory

Cel pracy: Porównanie hemodynamiki, a w szczególności rzutu serca mierzonego nieinwazyjnie metodą echokardiografii dopplerowskiej podczas stymulacji koniuszka i drogi odpływu prawej komory.

Materiał i metody: Podczas badania elektrofizjologicznego 24 pacjentom narzucano stymulację sekwencyjną, umieszczając elektrodę komorową w koniuszku, a następnie w drodze odpływu. Mierzono parametry przepływu płucnego, mitralnego i trójdzielnego oraz wyliczono rzut serca.

Wyniki: Rzut serca wynosił odpowiednio 7,10 l/min i 8,20 l/min (wzrost 15,5%, $p < 0,05$). Poprawiły się także niektóre parametry przepływu płucnego i mitralnego (V_{pmax} , AT_{pa} , Emv , E/Amv , $VTImv$).

Wnioski: stymulacja drogi odpływu prawej komory poprawia rzut minutowy serca w porównaniu ze stymulacją koniuszkową. Poprawiają się też echokardiograficzne parametry napełniania i objętości wyrzutowej lewej komory. (Folia Cordiol. 1999; 6: 162–166)

stymulacja drogi odpływu prawej komory, rzut serca, echokardiografia

Piśmiennictwo

1. Mc William J.A. Electrical stimulation of the heart in man. Br. Med. J. 1889; 71: 2794–2797.
2. Sarnoff S.J., Mitchell J.K. The regulation of the performance of the heart. Am. J. Med. 1961; 30: 747–752.
3. Nathan D.A., Center S., Wu Cy, Keller W. An implantable synchronous pacemaker for long-term correction of the complete heart block. Circulation 1963; 27: 682–685.
4. Samet P., Castillo C., Bernstein W.H. Hemodynamic sequelae of atrial, ventricular and sequential atrioventricular pacing in cardiac patients. Am. Heart J. 1966; 72: 725–729.
5. Furman S. AV synchrony and cardiac rate. PACE 1983; 6: 513–514.
6. El Gamal M.I.H., Van Gelder L.M. Chronic ventricular pacing with ventriculo-atrial conduction versus atrial pacing in three patients with symptomatic sinus bradycardia. PACE 1981; 4: 100–105.
7. Koch E. Der Kontraktionablauf an der Kammer des Froschherzens und die Form der entsprechenden Suspensioncurve, mit besonderen Ausführungen über das-Alles-oder-nichts-Gesetz, die Extrasystole und den Herzalterans. Pflüger Arch. Ges. Physiol. 1920; 181: 106–114.
8. Wiggers C.J. Muscular reactions of the mammalian ventricles to artificial surface stimuli. Am. J. Physiol. 1925; 73: 345–378.
9. Gilmore J.P., Sarnoff S.J., Mitchell J.K., Linden J.R. Synchronicity of ventricular contraction: observations comparing hemodynamic effects of atrial and ventricular pacing. Br. Heart J. 1963; 25: 299–307.
10. Fletcher F.W., Thelien E.O., Lawrence M.S., Ewans J.W. Effect of pacemaker location on cardiac function in complete a-v heart block. Am. J. Physiol. 1963; 205: 1232–1234.
11. Benchimol A., Liggett M.S. Cardiac hemodynamics during stimulation of the right atrium, right ventricle

- and left ventricle in normal and abnormal hearts. *Circulation* 1966; 33: 933–944.
12. Boerth R.C., Covell J.W. Mechanical performance and efficiency of the left ventricle during ventricular stimulation. *Am. J. Physiol.* 1971; 221:1686–1691.
 13. Badke R.F., Boinay P., Covell J.W. Effects of ventricular pacing on regional left ventricle performance in the dog. *Am. J. Physiol.* 1980; 238: H858-H867.
 14. Verna R., Casucci R., Repetto S., Binaghi G. Regional asynchrony of ventricular correction during pacing studied by Fourier analysis of radionuclide angiography. W: Gómez F.P. red. *Cardiac Pacing*. Editorial Grouz, Madrid, 1985; 529–534.
 15. Reynolds D.W., Olson E.G., Burrow D.B., Thadani U., Lazarra R. Atrial vs atrioventricular pacing: a hemodynamic comparison. *PACE* 1985; 8, II: 148 (streszczenie).
 16. Verna R., Casucci R., Repetto S., Binaghi G. Effects of pacing on regional contraction. Consequences of ventricular asynchrony on left ventricular performance. W: Markewitz A., Rudinger W. red. *Advances in Physiological Pacing*. Medplan München, 1986; 73–77.
 17. Karpawich P.P., Justice C.D., Chang C.H. Septal ventricular pacing in the immature canine heart; a new perspective. *Am. Heart J.* 1991; 121: 827–833.
 18. Karpawich P.P., Gates J., Stokes K.B. Septal His-Purkinje ventricular pacing in canines: a new endocardial electrode approach. *Eur. J.C.P.E.* 1992; 2 (supl. 1A): 297 (streszczenie) oraz w *PACE* 1992; 15, II: 2011–2015.
 19. De Cock C.C., Meyer A., Kamp O. Hemodynamic benefits of right ventricular outflow tract pacing. *Eur. J.C.P.E.* 1992; 2 (supl. 1A): 126 (streszczenie).
 20. Giudici M.C., Sutton J. Right ventricular outflow tract pacing. Evaluation of chronic thresholds. *PACE* 1993; 16, II: 281 (streszczenie).
 21. Giudici M.C., Thornburg G.A., Buck A.L., Alldredge S.G., Lewis J.R., Coyne E., Robken J., Bontu P., Sutton J. Permanent right ventricular outflow tract pacing improves cardiac output — comparison with apical placement in 58 patients. *Eur. J.C.P.E.* 1994; 4 (supl. 4): 332, (streszczenie) oraz w: *PACE* 1994; 17,II: 141 (streszczenie).
 22. Giudici M.C., Thornburg G.A., Buck D.A., Longo C., McCormick W., Sutton J. Right ventricular outflow tract permanent pacing provides long term improvement in cardiac output — evaluation of chronic implants. *Eur.J.C.P.E.* 1994; 4 (supl. 4): 460 (streszczenie) oraz w *PACE* 1994; 17, II: 313 (streszczenie).
 23. Wolfliard U., Jager H.P., Knocks M., Doetsch N. Alternative lead positioning finto right ventricular outflow tract in transvenous ICD implantation. *Eur.J.C.P.E.* 1994; 4 (supl. 4): 532 (streszczenie).
 24. Kutarski A. Hemodynamiczne następstwa stymulacji prawej komory serca. *ESS* 1995; 2: 168–173.
 25. Kutarski A. Stymulacja fizjologiczna — nowe spojrzenia i perspektywy. *ESS* 1995; 2: 240–245.
 26. Cowell R., Paul V., Morris-Thurgood J., Ilsley Ch. Septal short a-v delay pacing: additional hemodynamic improvements in heart failure. *Eur.J.C.P.E.* 1994; 4 (supl. 4): 258 (streszczenie).
 27. Karpawich P.P., Vincent J.A. Ventricular pacing site does make a difference: improved left ventricular function with septal pacing. *PACE* 1994; 17, II: 315 (streszczenie).
 28. Cossa G., Gronda M. Stimolazione monocamerale ventricolare apicale e ventricolare sottopolmonare a confronto. *Cardiostimolazione* 1995; 13:23–30.
 29. Kutarski A., Poleszak K., Baszak J. Techniczne aspekty stałej stymulacji drogi odpływu prawej komory; porównanie ze stymulacją koniuszkową. *ESS* 1996; 3: 147–157.