

Katedra Nauk Fizjologiczno-Medycznych Akademii Wychowania Fizycznego, Katowice¹
Department of Physiology University School of Physical Education, Katowice,
Klinika Kardiologii Śląskiej Akademii Medycznej, Katowice²
Department of Cardiology Silesian University School of Medicine, Katowice

ALEKSANDRA ŻEBROWSKA¹, MAREK PIEKARSKI²

***Effect of Endurance and Strength Training on Left Ventricular
Morphology and Function***

**Wpływ treningu wytrzymałościowego i siłowego na zmiany morfologiczne
i funkcjonalne lewej komory serca**

Trening fizyczny wpływa na kształtowanie specyficznych dla danej dyscypliny sportowej reakcji adaptacyjnych, zapewniających osiągnięcie coraz to lepszych wyników sportowych. Zakres zmian adaptacyjnych może różnić się zależnie od czasu trwania treningu jego intensywności a także może być uwarunkowany predyspozycjami genetycznymi zawodnika. Długotrwały trening fizyczny jest przyczyną zmian morfologicznych i funkcjonalnych głównie w układzie krążenia, które mogą różnić się w zależności od procesów energetycznych wykorzystywanych do pracy mięśniowej (3,10). Trening izometryczny oparty o anaerobowe źródła energetyczne może stymulować przerost mięśnia sercowego w wyniku pogrubienia ścian komór serca bez równoległego powiększenia objętości serca (przerost koncentryczny). Trening wytrzymałościowy, o charakterze pracy dynamicznej i oparty o tlenowe źródła energetyczne wpływa na modyfikację przewodnictwa, rytmu i przerost ekscentryczny serca (5). U podłoża fizjologicznych zmian hipertroficznym w sercu sportowców wymienia się najczęściej czynniki hemodynamiczne spowodowane nadmiernym obciążeniem ciśnieniowym lub objętościowym serca w warunkach intensywnego wysiłku fizycznego. Pewne znaczenie może mieć również bradykardia oraz wysiłkowe wahania ciśnienia tętniczego krwi. Dobrze udokumentowany jest również wzrost syntezy białka mięśniowego pod wpływem czynników genetycznych i neurohormonalnych (4,7). Pomimo dobrze udokumentowanych różnic w budowie serca sportowców reprezentujących wytrzymałościowe i siłowe dyscypliny sportu istnieją doniesienia o zmniejszeniu różnic w budowie lewej komory serca u zawodników, którzy nie przyjmują środków anabolicznych stymulujących przerost mięśni oraz obciążonych wysiłkiem statycznym z komponentem pracy dynamicznej (5,8). Dlatego celem pracy była ocena zmian morfologicznych i funkcjonalnych lewej komory serca z zastosowaniem metody echokardiograficznej u mężczyzn uprawiających wyczynowo kolarstwo szosowe oraz trójbój siłowy.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach uczestniczyło 20 losowo wybranych zawodników uprawiających wyczynowo kolarstwo szosowe o stażu treningowym $7,2 \pm 1,2$ lata oraz trójbój siłowy staż treningowy $4,3 \pm 1,3$ lata. Badania kontrolne wykonano w grupie studentów AWF w Katowicach, którzy nie uprawiają wyczynowo sportu. Charakterystyka badanych przedstawia tabela 1. Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji Etyki Badań Naukowych działającej przy Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach. Badania echokardiograficzne wykonano w Zakładzie Diagnostyki Obrazowej Śląskiej Akademii Medycznej a wysiłkowe w Pracowni Badań Czynnościowych Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach. Badania echokardiograficzne serca wykonano w prezentacji 2D i M-mode, aparatu-

tem firmy Hewlett-Packard Imane Point HX, w warunkach spoczynkowych i z jednoczesnym zapisem elektrokardiograficznym. Badanie czynności lewej komory serca przeprowadzono na podstawie następujących parametrów: masy lewej komory serca (LVM), wskaźnika masy lewej komory serca (LVM/m^2), późnorozkurczowej grubości przegrody lewej komory serca (IVSd) i grubości tylnej ściany lewej komory serca (PWLVD), późnorozkurczowego wymiaru lewej komory serca (LVIDd) oraz frakcji wyrzutowej lewej komory serca (EF). U wszystkich badanych wykonano testy wysiłkowe do oceny zmian częstości skurczów serca, wentylacji minutowej płuc i poboru tlenu (VO_2). Otrzymane wyniki wyrażono w postaci średnich arytmetycznych i odchyłeń standardowych. Oceny istotności pomiędzy średnimi arytmetycznymi dokonano za pomocą wzoru „t” Studenta. Za istotne przyjmowano wartości przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Tabela 1. Charakterystyka badanych mężczyzn reprezentujących wytrzymałościowe

(grupa D) i siłowe (grupa S) dyscypliny sportu. Istotność różnic pomiędzy grupami (p)

Parametr	grupa D	grupa S	P
Wiek (latach)	22,4 ± 3,56	21,1 ± 1,36	n.s
Masa ciała (kg)	72,18 ± 5,37	80,92 ± 7,42	n.s
Wysokość ciała (cm)	179,5 ± 5,06	173,4 ± 5,63	<0,05
BMI (kg/m^2)	22,25 ± 1,48	26,9 ± 2,12	<0,001
% FAT	8,24 ± 1,77	18,97 ± 4,08	<0,001
HR sp (ud/min)	56,5 ± 5,8	64,3 ± 8,23	<0,05
VO_{2max} (ml/kg/min.)	64,0 ± 3,78	38,3 ± 6,27	<0,001

WYNIKI BADAŃ

Analiza wskaźników antropometrycznych potwierdziła różnice w budowie ciała badanych mężczyzn. Zaobserwowano niską zawartość tkanki tłuszczowej w grupie studentów trenujących wytrzymałościowo oraz tendencję do wzrostu tego wskaźnika u studentów trenujących siłowo ($p < 0,001$). Badani trenujący sporty siłowe charakteryzowali się wyższym wskaźnikiem BMI oraz wskaźnikiem beztłuszczowej masy ciała ($p < 0,05$) (Tab.1). Stwierdzono wyraźną zależność składu ciała badanych od wskaźnika BMI ($p < 0,05$). Wydolność tlenowa określana wielkością maksymalnego poboru tlenu jest istotnie wyższa u zawodników trenujących sporty wytrzymałościowe w porównaniu do pozostałych badanych (tab.1) ($p < 0,001$). Ocena adaptacji układu krążenia wskazała na istotnie niższą wartość częstości skurczów serca treningowych spoczynku jak również przy każdej wartości obciążenia wysiłkowego osób trenujących wytrzymałościowe dyscypliny sportu.

Wskaźniki echokardiograficzne, charakteryzujące budowę lewej komory serca znajdowały się w górnej granicy norm przyjętych dla osób zdrowych w obu badanych grupach z tendencją do wyższych wartości wskaźników masy lewej komory serca (LVM i LVMI) po treningu wytrzymałościowym. Zaobserwowano różnice w masie lewej komory serca oraz wymiarze późnorozkurczowym lewej komory serca w grupie siłowej i wytrzymałościowej ($p < 0,05$). Ponadto mężczyźni nie trenujący charakteryzowali się niższymi wskaźnikami EF % ($62,25 \pm 6,39$ %) $p < 0,05$ oraz mniejszym wskaźnikiem IVSd ($9,13 \pm 0,64$) $p < 0,01$. Obserwowano również znamienne wyższy rytm pracy serca w spoczynku oraz w wysiłku przy niższych wartościach poboru tlenu podczas maksymalnego wysiłku fizycznego ($50,81 \pm 2,7$ ml/kg/min) $p < 0,001$. U badanych sportowców obserwowano symetryczność przerostu przegrody międzykomorowej i tylnej ściany lewej komory serca wraz z powiększeniem rozkurczowego wymiaru serca. Wskaźnik IVS/PW nie przekroczył wartości przyjmowanej za granice patologicznego przerostu lewej komory serca. Frakcja wyrzutowa mieściła się w zakresie norm fizjologicznych i nie różniła się istotnie w grupie trenujących (Tabela 2).

Tabela 2. Wskaźniki czynności i budowy lewej komory serca dla mężczyzn uprawiających wytrzymałościowe

(grupa D) i siłowe (grupa S) dyscypliny sportu. Istotność różnic pomiędzy grupami (p).

parametr	Grupa D	grupa S	P
LVM (g)	313,2 ± 72,78	234,9 ± 55,5	<0,05
LVMi (g/m ²)	156,2 ± 36,57	117,9 ± 28,78	<0,05
IVSd (mm)	12,7 ± 1,6	11,1 ± 1,3	<0,06
LVIDd (mm)	55,78 ± 4,94	51,0 ± 3,74	<0,05
PWd (mm)	10,8 ± 1,4	9,4 ± 1,2	<0,06
IVSd/PWd	1,22 ± 0,16	1,21 ± 0,18	<0,09
EV (%)	67,4 ± 4,75	66,6 ± 3,91	<0,07

OMÓWIENIE WYNIKÓW I WNIOSKI

W dostępnej literaturze mało jest doniesień na temat zmian adaptacyjnych w układzie krążenia u studentów Akademii Wychowania Fizycznego, którzy poza uczestnictwem w zajęciach wysiłkowych obciążeni są treningiem sportowym. W prezentowanej pracy wykazano, że wskaźniki echokardiograficzne, charakteryzujące budowę lewej komory serca znajdowały się w górnej granicy norm przyjętych dla osób zdrowych a w przypadku osób trenujących sporty wytrzymałościowe znajdowały się w granicach wartości podawanych za górne granice normy mężczyzn wytrenowanych (170 g/m²) (5,6). Powstały przerost mięśnia sercowego w warunkach izotonicznej pracy mięśni przyczynia się do zmniejszenia nadmiernego napięcia przypadającego na sarkomer w fazie skurczu mięśnia sercowego. Istotne jest, aby przerost ten był wynikiem symetrycznego zwiększenia objętości miocytów bez zmniejszenia objętości jam serca (7,8). W przeciwnym razie może dochodzić do zmniejszenia objętości wyrzutowej serca w czasie wysiłku fizycznego o wzrastającej intensywności z możliwością wystąpienia objawów niedotlenienia mięśnia sercowego. Stan taki może wystąpić również u sportowców uprawiających sporty siłowe z udziałem izometrycznej pracy mięśni. Charakteryzują się oni mniejszym wymiarem wewnętrznym jam serca a także pogrubieniem ścian lewej komory serca z mniejszą zdolnością wykorzystywania tlenowych procesów energetycznych (1,6). W przeprowadzonych badaniach wykazano różnice w adaptacji układu krążenia do wysiłku fizycznego o narastającej intensywności w grupie mężczyzn reprezentujących wytrzymałościowe i siłowe dyscypliny sportu zmiany te mogą występować także w odniesieniu do kolejnych okresach rocznego cyklu treningowego. Wyniki badań własnych są zgodne z badaniami Huonker i wsp., którzy zaobserwowali znamienne różnice w budowie serca u kolarzy i sportowców reprezentujących różne dyscypliny siłowe (3). Doniesienia wcześniejszych autorów potwierdzają, że cytowane zmiany wynikają z wysokich obciążeń treningowych w kolejnych okresach rocznego cyklu treningowego (7,8,10). Obserwowane niskie wartości częstości skurczów serca w warunkach spoczynkowych mogą świadczyć o dobrym przystosowaniu układu krążenia do wysiłku sportowego. Podobnie stwierdzone zmiany w masie i frakcji wyrzutowej serca mogą sugerować zwiększone obciążenia pojemnościowe serca (efekt Starlinga), czemu towarzyszy wysoka wydolność tlenowa zawodnika. Przeprowadzone badania wskazują na konieczność kontroli adaptacji krążeniowo-oddechowej w warunkach intensywnego treningu sportowego.

WNIOSKI

1. Zmiany w budowie i funkcji lewej komory serca u osób systematycznie trenujących mogą różnić się zależnie od reakcji adaptacyjnych uruchamianych w warunkach wysiłku fizycznego z przewagą izometrycznej lub izotonicznej pracy mięśni.
2. W grupie badanych mężczyzn uprawiających sporty siłowe nie stwierdzono cech przerostu lewej komory serca.
3. Zwiększenie udziału wysiłków fizycznych o charakterze izotonicznym w rocznym cyklu treningowym sportowców reprezentujących sporty siłowe może zmniejszyć ryzyko występowania patologicznego przerostu lewej komory serca.

PIŚMIENNICTWO

1. Biały D. i wsp. Electrocardiography and echocardiography in athletic heart imaging. *Biol.Sport* 20, 2003, 195-208.
2. Dickhuth H.H. i wsp. The echocardiographic determination of volume and muscle mass of the heart. *Int J Sports Med.* 17, 1996, 132-139.
3. Huonker M i wsp. Structural and functional adaptations of the cardiovascular system by training. *Int. J. Sports Med.* 17, 1996, 164-172.
4. Jegier A. Myocardial hypertrophy in athletes-extending the genesis of the phenomenon by the effects of cortisol secretion. *Medycyna Sportowa* 12, 60/61, 1996, 53.
5. Jegier A. Athlete's heart. *Medicina Sportiva* 6, 2002, 21-35.
6. Lehmann M., Keul J. Free plasma catecholamines, heart rates, lactate levels and oxygen uptake in competition weight lifters, cyclists and untrained control-subjects. *Int J Sports Med* 7, 1986, 18-22.
7. Mettauer B. I wsp. Exercise training with a heart device: a hemodynamic, metabolic, and hormonal study. *Med Sci Sports Exerc.* 33, 1, 2001, 2-9.
8. Pelliccia A. i wsp. Coronary arteries in physiological hypertrophy: echocardiography evidence of increased proximal size in elite athletes. *Int. J. Sports Med.* 11, 1990, 120-126.
9. Reguero R. I wsp. Prevalence and upper limit of cardiac hypertrophy in professional cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 70, 1995, 375-378.
10. Urhausen A. I wsp. Sports-specific adaptation of left ventricular muscle mass in athlete's heart. *Int. J. Sports Med.* 17, 1996, 145-156.

STRESZCZENIE

Celem przeprowadzonych badań było porównanie zmian morfologicznych i funkcjonalnych lewej komory serca u mężczyzn uprawiających wytrzymałościowe i siłowe dyscypliny sportu. W grupie 20 badanych mężczyzn (w wieku $22,4 \pm 3,56$ lat grupa D i $21,1 \pm 1,36$ lat grupa S) wykonano badania echokardiograficzne serca w prezentacji 2D i M-mode oraz test wysiłkowy o stopniowo wzrastającej intensywności w celu wyznaczenia VO_2max . Wskaźniki echokardiograficzne, charakteryzujące budowę lewej komory serca znajdowały się w górnej granicy norm przyjętych dla osób zdrowych w obu badanych grupach z tendencją do wyższych wartości wskaźników masy lewej komory serca (LVM i LVMI) po treningu wytrzymałościowym ($p < 0,05$). Wymiar późnorozkurczowym lewej komory serca był niższy w grupie S ($p < 0,05$). Ponadto mężczyźni w grupie D charakteryzowali się niższą częstością skurczów serca i wyższym maksymalnym poborem tlenu ($p < 0,001$). Przeprowadzone badania potwierdzają wcześniejsze obserwacje o różnicy w budowie lewej komory serca zależnie od intensywności i rodzaju pracy mięśniowej.

SUMMARY

The aim of the study was to compare the morphology and function of left ventricular in endurance and strength athletes. A group of 20 subjects participated in the study (mean age $22,4 \pm 3,56$ years, group D and $21,1 \pm 1,36$ years group S). Evaluation included a 2D and M-mode echocardiography and incremental physical exercise to VO_2max . As regards the type of exercise the LVM and LVMI were bigger in D group in comparison with S group ($p < 0,05$). The left ventricular diastolic dimension was lower in S group ($p < 0,01$). We observed lower heart rate and higher maximal oxygen uptake in endurance trained athletes in relation to untrained and strength athletes. The present study confirmed previous data that left ventricular structure varies with the type and intensity of muscle contraction.