

## Zmiany w spoczynkowych elektrokardiogramach młodych lekkoatletów po 8-miesięcznym okresie treningowym

### Changes in resting electrocardiograms of young athletes after 8 months of physical training

<sup>1</sup> Pracownia Kardiologii Sportowej przy Klinice Pediatrii, Kardiologii Prewencyjnej i Immunologii Wiekowej UM w Łodzi. Kierownik Pracowni: dr n. med. Zbigniew Krenc; Kierownik Kliniki: prof. dr hab. n. med. Krzysztof Zeman

<sup>2</sup> Klinika Pediatrii i Immunologii z Pododdziałem Nefrologii, Instytut – Centrum Zdrowia Matki Polki w Łodzi.

Kierownik Kliniki: prof. dr hab. n. med. Krzysztof Zeman

Adres do korespondencji: Dr n. med. Zbigniew Krenc, Klinika Pediatrii, Kardiologii Prewencyjnej i Immunologii Wiekowej UM, Instytut – Centrum Zdrowia Matki Polki, ul. Rzgowska 281/289, 93-338 Łódź, tel.: 504 221 512,

e-mail: zbyszek.krenc@wp.pl

Praca finansowana przez Uniwersytet Medyczny w Łodzi z zadania badawczego nr 502-03/5-047-01/502-54-010

#### Streszczenie

**Wprowadzenie:** Długotrwały trening sportowy powoduje remodeling adaptacyjny w zakresie układu sercowo-naczyniowego, który obejmuje zarówno parametry morfologiczne, jak i czynnościowe i jest określany mianem serca sportowca. Systematyczna ocena układu krążenia u sportowców służy monitorowaniu zmian zachodzących pod wpływem długotrwałego treningu sportowego, ale także pozwala na identyfikację sportowców z chorobą serca wymagających pogłębionej diagnostyki kardiologicznej. Ważną w tym rolę odgrywa badanie elektrokardiograficzne. **Cel pracy:** Celem pracy była ocena wybranych spoczynkowych elektrokardiogramów u młodzieży 14-letniej z gimnazjum sportowego. **Materiał i metoda:** Badaniem objęto 28 uczniów (14 chłopców i 14 dziewcząt) klasy I Gimnazjum Sportowego o profilu lekkoatletycznym w Aleksandrowie Łódzkim. Oprócz rejestracji spoczynkowego elektrokardiogramu diagnostyka kardiologiczna obejmowała badanie echokardiograficzne wraz z oceną funkcji skurczowej i rozkurczowej lewej komory, a także próbę wysiłkową na cykloergometrze rowerowym. **Wyniki:** W spoczynkowych elektrokardiogramach wykonanych po okresie treningowym dominowały bradykardia zatokowa i cechy niemiaryowości oddechowej. U 4 osób elektrokardiogram spełniał klasyczne kryteria przerostu lewej komory wg Sokolowa-Lyona, a u 3 – przerostu prawej komory. U 16 badanych obserwowano ukształtowanie zespołu ST-T o typie zespołu wczesnej repolaryzacji, zwykle w odprowadzeniach z przedniej ściany bocznej. **Wnioski:** Zmiany w spoczynkowym EKG (szczególnie bradykardia zatokowa, niemiaryość oddechowa, zespół wczesnej repolaryzacji) mają charakter potreningowych zmian adaptacyjnych układu krążenia. Trening sportowy o charakterze dynamicznym wydaje się powodować zmniejszenie amplitudy załamków R i S w odprowadzeniach prawo- i lewokomorowych oraz zwiększenie amplitudy załamków T. Badanie EKG stanowi istotny element badania kardiologicznego sportowców w ocenie przebiegu procesu treningowego i zachodzących pod jego wpływem zmian adaptacyjnych.

**Słowa kluczowe:** spoczynkowy elektrokardiogram, zmiany adaptacyjne, trening sportowy, młodzież, sportowcy

#### Summary

**Introduction:** Athletes often exhibit benign structural and electrical remodelling of the heart as a physiological adaptation to regular and sustained physical training. Cardiovascular examination of athletes (including ECG monitoring) is performed to take information about influence of physical activity on the functional conditions of circulatory system, and to identify underlying heart disease (especially in aspect of prevention of sudden cardiac death) requiring the extension of diagnostic workup. **Aim of the study:** The aim of this study was to evaluate changes in resting electrocardiograms in 14-year-old athletes. **Materials and methods:** Resting ECGs were assessed in 28 adolescents (14 boys and 14 girls) aged 14 years beginning education in sports lower secondary school of athletic profile. **Results:** The most common ECG changes among adolescent athletes after long-term physical training were: sinus bradycardia and sinus respiratory arrhythmia.

The Sokolow-Lyon voltage criterion for left ventricular hypertrophy was fulfilled in 4 cases (in initial ECG in 10 cases) and for right ventricular hypertrophy – in 3 cases (in initial ECG in 9 cases). 16 athletes had signs of early repolarisation, usually in lateral leads. **Conclusions:** Changes in resting electrocardiograms in young athletes (especially sinus bradycardia, sinus respiratory arrhythmia, early repolarisation) are a result of physiological adaptation to exercise. Dynamic exercise seemed to reduce amplitudes of R and S waves in right and left precordial ECG leads and increase amplitude of T waves. The ECG can provide valuable information about electrical changes that are a result of regular training.

**Key words:** resting ECG, cardiovascular adaptations to training, athletic training, adolescents, athletes

**W** ocenie stanu zdrowia osoby aktywnej fizycznie ważne miejsce zajmuje badanie układu krążenia. Systematyczna ocena kardiologiczna pozwala monitorować zmiany adaptacyjne zachodzące pod wpływem długotrwałego treningu sportowego, ale także identyfikować stany chorobowe, stanowiące czasowe lub stałe przeciwwskazanie do wyczynowego uprawiania sportu bądź zagrażające nagłą śmiercią sercową<sup>(1)</sup>.

Remodeling adaptacyjny w zakresie układu sercowo-naczyniowego obejmuje zarówno parametry morfologiczne (np. adaptacyjny przerost mięśnia sercowego z poszerzeniem światła lewej komory), jak i czynnościowe (np. zwolnienie czynności serca) i jest określane mianem serca sportowca.

Na przebieg procesów adaptacyjnych wpływają rodzaj wykonywanego wysiłku, wiek i płeć zawodników, czas trwania i intensywność treningu, ale także czynniki genetyczne<sup>(2)</sup>.

W standardach oceny kardiologicznej sportowców ważną rolę odgrywa rejestracja spoczynkowego elektrokardiogramu, zwłaszcza z uwagi na ogólną dostępność oraz niskie koszty badania.

Regularna ocena układu sercowo-naczyniowego u młodych sportowców prowadzona z wykorzystaniem elektrokardiografii spoczynkowej pozwala na śledzenie zmian zachodzących w sercu pod wpływem treningu sportowego i monitorowanie przebiegu procesów treningowych<sup>(3)</sup>.

## CEL PRACY

Celem pracy była ocena zmian zachodzących w spoczynkowych elektrokardiogramach pod wpływem długotrwałego treningu sportowego u młodzieży 14-letniej uczącej się w gimnazjum sportowym.

## MATERIAŁ I METODA

Badaniem objęto 28 uczniów klasy I (w tym 14 chłopców i 14 dziewcząt) Gimnazjum Sportowego o profilu lekkoatletycznym Zespołu Szkół Sportowych w Aleksandrowie Łódzkim. Obciążenie tygodniowe, jakiemu poddawani byli uczniowie w ramach zajęć z wychowania fizycznego, wynosiło 10 godzin lekcyjnych.

Badania przeprowadzono w dwóch etapach: pierwszy odbył się na początku, a drugi – pod koniec roku

szkolnego (po 8-miesięcznym okresie treningowym). Aż 22 osoby badane (78,6% wszystkich uczestników badania) były absolwentami sportowej szkoły podstawowej. Rejestracja elektrokardiogramów spoczynkowych stanowiła jeden z elementów realizacji projektu badawczego dotyczącego udziału czynników angiogennych w procesach adaptacyjnych układu sercowo-naczyniowego zachodzących pod wpływem długotrwałego treningu sportowego (grant Uniwersytetu Medycznego w Łodzi nr 502-03/5-047-01/502-54-010).

Badania diagnostyczne układu krążenia (w tym badanie echokardiograficzne i próba wysiłkowa EKG) były poprzedzone badaniem lekarskim wraz z pomiarem ciśnienia tętniczego krwi, co pozwoliło na wykluczenie choroby układu krążenia, w tym także nadciśnienia tętniczego. Spoczynkowe badanie EKG zostało wykonane elektrokardiografem firmy Aspel w pozycji leżącej z klasycznych 12 odprowadzeń kończynowych i przedsercowych, z wykorzystaniem automatycznej analizy zapisu. Poprawność analizy automatycznej była każdorazowo weryfikowana ręcznymi obliczeniami. W interpretacji elektrokardiogramów stosowano kryteria rozpoznania elektrokardiograficznych opracowane w 2010 roku przez Grupę Roboczą powołaną przez Zarząd Sekcji Elektrokardiologii Nieinwazyjnej i Telemedycyny Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego<sup>(4)</sup>.

Uzyskane wyniki zostały poddane analizie statystycznej i przedstawione jako średnia arytmetyczna wraz z odchyleniem standardowym. Dla porównania wartości średnich parametrów EKG uzyskanych przed okresem treningowym i po nim zastosowano test *t*-Studenta dla prób zależnych. Za istotne statystycznie uznawano zmienne, dla których poziom istotności *p* był mniejszy niż 0,05. Obliczenia wykonano z użyciem programu Statistica 9.1 wersja PL.

Na realizację badania uzyskano zgodę Komisji Bioetyki – nr zgody RNN/349/11/KB z dnia 17.05.2011 roku.

## WYNIKI

Rytmem prowadzącym w większości ocenianych elektrokardiogramach był rytm zatokowy. U jednego badanego obserwowano rytm zastępczy z łącza przedsiłkowo-komorowego, zarówno w pierwszym, jak i drugim etapie badań.

Cechy bradykardii zatokowej (średnia częstotliwość rytmu serca poniżej 60/min) występowały wyjściowo u 6 badanych – po okresie treningowym u 11 młodych sportowców.

Średnia czynność serca w całej badanej grupie obniżyła się o około 5 uderzeń na minutę, ale szczególnie w grupie dziewcząt, w której zmniejszyła się aż o 7 uderzeń na minutę.

Przyspieszenie zatokowe (powyżej 100/min) obserwowano u 2 dziewcząt w elektrokardiogramach spoczynkowych w pierwszym etapie badań. Kolejna rejestracja EKG wykazała utrzymywanie się przyspieszonej czynności serca u jednej z nich.

Wyjściowo w 8 elektrokardiogramach (28,6%) zostały spełnione kryteria niemiaryowości oddechowej (różnica pomiędzy kolejnymi odstępami RR powyżej 80 ms). Rejestracja EKG po okresie treningowym wykazała niemiaryowość oddechową u 17 sportowców, z czego u 5 badanych różnice między następującymi po sobie odstępami RR przekraczały 500 ms (maksymalnie nawet do 680 ms).

W elektrokardiogramach spoczynkowych wykonanych po okresie treningowym zarejestrowane zostały pojedyncze pobudzenia przedwczesne: pochodzenia komorowego u 2 dzieci, pochodzenia przedsionkowego u 1 dziecka (w czasie próby wysiłkowej EKG u żadnego sportowca nie obserwowano arytmii serca) (tabela 1).

Amplituda załamka P oceniana w II odprowadzeniu nie zmieniła się pod wpływem treningu sportowego. U żadnego z badanych nie stwierdzono też cech przerostu przedsionków (kryteria przerostu prawego przedsionka: zwiększona amplituda załamka P > 0,25 mV w odprowadzeniu II; kryteria przerostu lewego przedsionka: wydłużony czas trwania załamka P > 100 ms w odprowadzeniu II lub faza ujemna dwufazowego załamka P w odprowadzeniu V<sub>1</sub> powyżej 40 ms/0,1 mV).

Czas trwania przewodzenia przedsionkowo-komorowego również nie zmienił się w ocenianym okresie. Tylko u jednej osoby (i tylko w wyjściowym EKG)

wydłużenie odstepu PQ spełniało kryteria bloku przedsiolkowo-komorowego I°.

W większości elektrokardiogramów oś elektryczna serca miała ustawienie pośrednie (0–90°) – u 2 dziewcząt obserwowano łagodne skrócenie osi elektrycznej w prawo (nieprzekraczające wartości 110°). U żadnego dziecka nie stwierdzono odchylenia osi elektrycznej w lewo (poniżej 0°). Położenie osi elektrycznej nie zmieniło się pod wpływem treningu sportowego.

Intensywny trening fizyczny nie wpłynął na czas trwania zespołu QRS. U 2 dzieci zarówno w elektrokardiogramach wyjściowych, jak i po okresie treningowym występowały cechy niepełnego bloku prawej odnogi pęczka Hisa (zespół QRS w odprowadzeniu V<sub>1(2)</sub> o morfologii rSr' i czasie trwania poniżej 100 ms). Nie obserwowano u żadnego z badanych patologicznych załamków Q (czas trwania powyżej 40 ms lub amplituda powyżej 25% załamka R).

Obserwowano wyraźną tendencję do zmniejszania się amplitudy załamków R i S zarówno w odprowadzeniu V<sub>1</sub>, jak i V<sub>5</sub>–V<sub>6</sub>, jednak bez istotności statystycznej (tabela 2). Miało to wpływ na zmniejszenie w ocenianym okresie sumy amplitudy załamka R w V<sub>1</sub> i S w V<sub>5</sub> oraz sumy amplitudy załamka S w V<sub>1</sub> i R w V<sub>5</sub> (tabela 3).

W elektrokardiogramach wyjściowych u 8 sportowców spełnione były klasyczne woltażowe kryteria przerostu prawej komory serca wg Sokolowa-Lyona (R<sub>V1</sub> + S<sub>V5</sub> ≥ 1,05 mV). Także u 8 badanych występowały elektrokardiograficzne cechy przerostu lewej komory (S<sub>V1</sub> + R<sub>V5</sub> ≥ 3,5 mV). Po okresie treningowym cechy przerostu prawej komory wg Sokolowa-Lyona dotyczyły 3 sportowców, natomiast lewej komory – 4 badanych.

Stosunek amplitudy załamka R do S w odprowadzeniach V<sub>1</sub> oraz V<sub>6</sub> (kryteria pomocnicze w diagnostyce przerostu komór) w ocenianym okresie pozostawał niezmienny.

Przebieg procesów repolaryzacji w odpowiedzi na długotrwały trening sportowy oceniany był na podstawie: zmiany amplitudy załamków T w odprowadzeniach V<sub>5</sub> i V<sub>6</sub>, morfologii zespołu ST–T oraz czasu trwania skorygowanego odstepu QT (QTc).

	Ogółem			Chłopcy			Dziewczynki		
	Przed	Po	Δ	Przed	Po	Δ	Przed	Po	Δ
<b>Częstość rytmu serca – HR [s<sup>-1</sup>]</b>	<b>47 ÷ 105</b> (68 ± 15,2)	<b>51 ÷ 100</b> (64 ± 11,2)	<b>-22 ÷ 7</b> (-4,5 ± 7,9)	47 ÷ 77 (61 ± 8,7)	51 ÷ 72 (59 ± 6,3)	-12 ÷ 7 (-1,6 ± 6,4)	<b>54 ÷ 105</b> (75 ± 17,1)	<b>52 ÷ 100</b> (68 ± 13,4)	<b>-22 ÷ 4</b> (-7,4 ± 8,5)
<b>Różnica sąsiadujących odstępów RR [ms]</b>	<b>20 ÷ 480</b> (100 ± 110)	<b>20 ÷ 680</b> (220 ± 210)	<b>-140 ÷ 500</b> (120 ± 150)	<b>20 ÷ 480</b> (150 ± 140)	<b>20 ÷ 680</b> (270 ± 230)	<b>-140 ÷ 500</b> (130 ± 160)	<b>20 ÷ 160</b> (60 ± 30)	<b>20 ÷ 560</b> (170 ± 170)	<b>0 ÷ 500</b> (110 ± 150)
<b>Amplituda załamka P<sub>II</sub> [mV]</b>	0,05 ÷ 0,25 (0,13 ± 0,05)	0,10 ÷ 0,20 (0,14 ± 0,03)	-0,1 ÷ 0,15 (0,01 ± 0,05)	0,05 ÷ 0,20 (0,13 ± 0,04)	0,10 ÷ 0,20 (0,15 ± 0,04)	-0,05 ÷ 0,15 (0,02 ± 0,05)	0,05 ÷ 0,25 (0,14 ± 0,07)	0,10 ÷ 0,20 (0,14 ± 0,03)	-0,1 ÷ 0,05 (0 ± 0,04)
<b>Czas trwania odstepu PQ [ms]</b>	100 ÷ 200 (140 ± 20)	110 ÷ 180 (140 ± 20)	-20 ÷ 40 (0 ± 20)	<b>100 ÷ 160</b> (140 ± 20)	<b>120 ÷ 160</b> (150 ± 10)	<b>-20 ÷ 40</b> (10 ± 20)	100 ÷ 200 (140 ± 20)	110 ÷ 180 (140 ± 20)	-20 ÷ 30 (0 ± 10)
<b>Czas trwania zespołu QRS [ms]</b>	70 ÷ 100 (82 ± 7,7)	70 ÷ 100 (80 ± 6,9)	-20 ÷ 20 (-2,3 ± 8,1)	70 ÷ 100 (84 ± 8,4)	70 ÷ 100 (80 ± 9,6)	-20 ÷ 20 (-3,9 ± 9,2)	70 ÷ 95 (80 ± 6,8)	70 ÷ 80 (79 ± 2,7)	-15 ÷ 10 (-0,7 ± 6,8)

Tabela 1. Rytm serca, załamek P, odstęp PQ i szerokość zespołu QRS przed okresem treningowym i po nim – zakres wartości (średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe). Różnice istotne statystycznie (p < 0,05) zostały zaznaczone **pogrubioną czcionką**

	Ogółem			Chłopcy			Dziewczynki		
	Przed	Po	Δ	Przed	Po	Δ	Przed	Po	Δ
<b>Amplituda załamka R<sub>V1</sub> [mV]</b>	0,10 ÷ 1,10 (0,40 ± 0,27)	0,05 ÷ 0,80 (0,28 ± 0,17)	-0,65 ÷ 0,10 (-0,12 ± 0,13)	0,10 ÷ 1,10 (0,48 ± 0,33)	0,05 ÷ 0,80 (0,33 ± 0,21)	-0,65 ÷ 0,10 (0,15 ± 0,17)	0,15 ÷ 0,65 (0,32 ± 0,16)	0,10 ÷ 0,50 (0,23 ± 0,11)	-0,20 ÷ 0,05 (-0,09 ± 0,07)
<b>Amplituda załamka S<sub>V1</sub> [mV]</b>	0,30 ÷ 2,8 (1,27 ± 0,56)	0,20 ÷ 2,5 (1,06 ± 0,23)	-0,95 ÷ 0,15 (-0,22 ± 0,23)	0,30 ÷ 2,8 (1,41 ± 0,63)	0,20 ÷ 2,5 (1,19 ± 0,59)	-0,95 ÷ 0,15 (-0,23 ± 0,27)	0,55 ÷ 2,3 (1,14 ± 0,47)	0,40 ÷ 2,1 (0,94 ± 0,44)	-0,51 ÷ 0,15 (-0,20 ± 0,19)
<b>Amplituda załamka R<sub>V5</sub> [mV]</b>	0,95 ÷ 3,2 (1,93 ± 0,58)	0,6 ÷ 3,2 (1,59 ± 0,64)	-0,90 ÷ 0,50 (-0,34 ± 0,30)	1,2 ÷ 3,2 (2,15 ± 0,54)	1,0 ÷ 3,2 (1,91 ± 0,62)	-0,80 ÷ 0,50 (-0,25 ± 0,35)	0,95 ÷ 2,6 (1,70 ± 0,54)	0,6 ÷ 2,2 (1,27 ± 0,51)	-0,9 ÷ -0,17 (-0,43 ± 0,20)
<b>Amplituda załamka S<sub>V5</sub> [mV]</b>	0,10 ÷ 1,05 (0,45 ± 0,25)	0,10 ÷ 0,90 (0,34 ± 0,22)	-0,40 ÷ 0,30 (-0,11 ± 0,14)	0,20 ÷ 1,05 (0,54 ± 0,26)	0,10 ÷ 0,90 (0,36 ± 0,25)	-0,40 ÷ 0 (-0,17 ± 0,13)	0,10 ÷ 0,91 (0,37 ± 0,23)	0,10 ÷ 0,80 (0,31 ± 0,20)	-0,25 ÷ 0,30 (-0,05 ± 0,13)

Tabela 2. Zmiana amplitudy załamek R i S w odprowadzeniach przedsercowych V<sub>1</sub> oraz V<sub>5-6</sub> – zakres wartości (średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe). Różnice istotne statystycznie (p < 0,05) zostały zaznaczone pogrubioną czcionką

Trening fizyczny spowodował zwiększenie amplitudy załamek T, szczególnie w grupie chłopców, jednak zmiany te były nieistotne statystycznie (tabela 4).

U żadnego badanego sportowca nie stwierdzono występowania w EKG odwróconych załamek T (poza odprowadzeniem aVR i V<sub>1</sub>), a także obniżenia odcinka ST.

Cechy zespołu wczesnej repolaryzacji (uniesienie punktu J o co najmniej 0,1 mV od linii izoelektrycznej wraz z wklęsłym do dołu uniesieniem odcinka ST) w elektrokardiogramach wyjściowych stwierdzono u 15 osób (53,6%) i zwykle dotyczyły odprowadzeń znad ściany bocznej (I, aVL, V<sub>5</sub>-V<sub>6</sub>), rzadziej – odprowadzeń znad ściany bocznej i dolnej (II, III, aVF). Liczba sportowców z zespołem wczesnej repolaryzacji po okresie treningowym nie zwiększyła się istotnie i dotyczyła 16 badanych (57,1%).

Zespół wczesnej repolaryzacji występował w dwóch postaciach morfologicznych określanych jako *notching* (wyszczerbienie) i *slurring* (łukowate przejście ramienia zstępującego załamka R w punkt J i odcinek ST) (rys. 1). Odstęp QTc mierzony wg wzoru Bazetta, zarówno przed okresem treningowym, jak i po nim, mieścił się w granicach normy dla płci (poniżej 450 ms u chłopców i 460 ms u dziewcząt) u wszystkich badanych i nie zmieniał się wyraźnie pod wpływem treningu.

## OMÓWIENIE

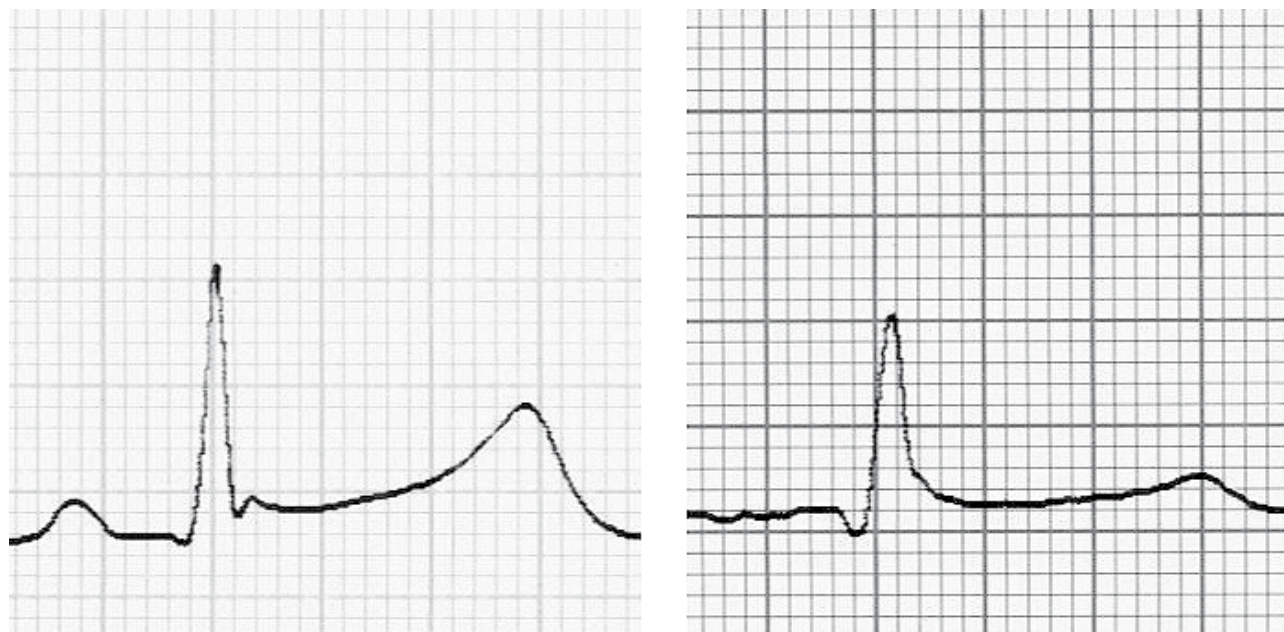
Elektrokardiografia stanowi cenne narzędzie w pracy lekarzy sportowych, pozwalając zarówno na monitorowanie zmian adaptacyjnych zachodzących pod wpływem treningu sportowego, jak i identyfikację zmian wskazujących na potencjalne procesy chorobowe, mogące stanowić wskazanie do poszerzenia diagnostyki kardiologicznej i przynajmniej czasowego zaprzestania uprawiania sportu (tabela 5)<sup>(5-7)</sup>.

W badaniach własnych stwierdzono, że wśród czynnościowych zmian w EKG, zachodzących pod wpływem długotrwałego treningu sportowego, dominowały bradykardia zatokowa (z częstością rytmu poniżej 60/min) oraz niemiarywość oddechowa, czasem dużego stopnia, co wskazuje na istotną przewagę układu przywspółczulnego, przemawiając jednocześnie za fizjologicznym kierunkiem procesów adaptacyjnych.

Sharma i wsp. w badaniach 1000 młodych sportowców ujawnili występowanie bradykardii zatokowej aż u 80%, a niemiarywości zatokowej u 52% badanych. Uzyskano także znamienne statystycznie dłuższy czas przewodzenia przedsionkowo-komorowego w porównaniu z grupą kontrolną, dłuższy czas trwania zespołu QRS i częstsze występowanie niepełnego bloku prawej odnogi pęczka Hisa. W żadnej z analizowanych grup nie

	Ogółem			Chłopcy			Dziewczynki		
	Przed	Po	Δ	Przed	Po	Δ	Przed	Po	Δ
<b>Suma amplitudy załamka R<sub>V1</sub> i S<sub>V5</sub> [mV]</b>	0,35 ÷ 1,60 (0,86 ± 0,34)	0,30 ÷ 1,35 (0,61 ± 0,26)	-0,80 ÷ 0,30 (-0,25 ± 0,20)	0,68 ÷ 1,60 (1,02 ± 0,30)	0,35 ÷ 1,35 (0,68 ± 0,29)	-0,80 ÷ -0,10 (-0,34 ± 0,18)	0,35 ÷ 1,31 (0,70 ± 0,31)	0,30 ÷ 1,05 (0,54 ± 0,22)	-0,45 ÷ 0,30 (-0,15 ± 0,18)
<b>Suma amplitudy załamka S<sub>V1</sub> i R<sub>V5</sub> [mV]</b>	1,55 ÷ 5,26 (3,2 ± 0,93)	1,4 ÷ 5,4 (2,67 ± 1,0)	-1,6 ÷ 0,55 (-0,51 ± 0,42)	2,2 ÷ 5,26 (3,56 ± 0,94)	1,5 ÷ 5,4 (3,12 ± 1,06)	-1,00 ÷ 0,55 (-0,38 ± 0,45)	1,55 ÷ 4,9 (2,84 ± 0,80)	1,4 ÷ 4,3 (2,21 ± 0,70)	-1,6 ÷ -0,05 (-0,64 ± 0,37)
<b>Stosunek amplitudy R do S w V<sub>1</sub></b>	0,07 ÷ 0,71 (0,34 ± 0,18)	0,04 ÷ 0,66 (0,29 ± 0,17)	-0,2 ÷ 0,07 (-0,05 ± 0,06)	0,08 ÷ 0,67 (0,36 ± 0,17)	0,04 ÷ 0,56 (0,29 ± 0,15)	-0,2 ÷ 0,01 (-0,07 ± 0,06)	0,07 ÷ 0,71 (0,33 ± 0,18)	0,08 ÷ 0,66 (0,29 ± 0,19)	-0,1 ÷ 0,07 (-0,03 ± 0,04)
<b>Stosunek amplitudy R do S w V<sub>6</sub></b>	1,94 ÷ 47 (11,51 ± 10,13)	1,33 ÷ 48 (11,17 ± 10,57)	-28,0 ÷ 34,7 (-1,27 ± 10,05)	3,1 ÷ 40,0 (11,47 ± 9,45)	2,5 ÷ 48 (13,32 ± 13,62)	-10,8 ÷ 34,7 (0 ± 11,13)	1,94 ÷ 47 (11,56 ± 11,13)	1,33 ÷ 19 (9,01 ± 6,04)	-28 ÷ 13,17 (-2,55 ± 9,08)

Tabela 3. Wpływ treningu sportowego na sumę amplitudy załamek R i S oraz ich iloraz w odprowadzeniach przedsercowych V<sub>1</sub>, V<sub>5-6</sub> – zakres wartości (średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe). Różnice istotne statystycznie (p < 0,05) zostały zaznaczone pogrubioną czcionką



Rys. 1. Postacie morfologiczne zespołu wczesnej repolaryzacji: A. typu notching; B. typu slurring

obserwowano patologicznych załamków Q (czas trwania powyżej 40 ms lub amplituda powyżej 25% załamka R) ani też cech bloku lewej odnogi pęczka Hisa<sup>(3)</sup>. Uzasadnione wątpliwości może budzić fakt częstego występowania elektrokardiograficznych cech przerostu jam serca u osób młodych, zdrowych, bez objawów choroby serca. W badaniach własnych aż u 1/3 młodych sportowców występowały cechy przerostu prawej lub lewej komory serca, ale tylko w okresie przedtreningowym (po okresie treningowym liczba ta istotnie się zmniejszyła). U żadnego nie stwierdzono natomiast cech przerostu przedsionków.

W badaniach Sharmy i wsp. elektrokardiograficzne kryteria przerostu lewej komory wg Sokolowa-Lyona ( $S_{V_1} + R_{V_5/V_6}$  powyżej 3,5 mV) były spełnione aż u 45% sportowców i u 23% badanych z grupy kontrolnej. Cechy przerostu prawej komory według kryteriów Sokolowa-Lyona ( $R_{V_1} + S_{V_6}$  powyżej 1,05 mV) obserwowane były z podobną częstością w obu grupach (12% vs 10%)<sup>(3)</sup>.

Bezkrytyczne przyjmowanie klasycznych kryteriów przerostu komór serca opisanych w 1949 roku przez

Maurice'a Sokolowa i Thomasa P. Lyona<sup>(8)</sup>, zwłaszcza nieuwzględnianie przy ocenie EKG wieku badanej osoby, może prowadzić do błędnej interpretacji. Zdaniem Kecka dopiero gdy suma załamków S w  $V_1$  i R w  $V_{5(6)}$  przekroczy wartość 49 mm, może jedynie wskazywać na przerost lewej komory w grupie wiekowej 11–15 lat<sup>(9)</sup>. Podkreśla się także fakt niskiej czułości badania EKG w diagnostyce przerostu jam serca, zwłaszcza jeśli mają one charakter zmian izolowanych<sup>(10)</sup>.

W ocenianej grupie młodych sportowców u ponad połowy badanych występowały cechy zespołu wczesnej repolaryzacji i to zarówno w elektrokardiogramach wyjściowych, jak i po okresie treningowym. Zmiany te, zazwyczaj interpretowane jako objaw czynnościowej przewagi układu przywspółczulnego lub wzmoczonej aktywności prawego zwoju gwiazdzistego, występują powszechnie u sportowców wyczynowych, stanowiąc jednocześnie dobry wskaźnik poziomu wytrenowania. Według Noseworthy'ego i wsp. już 90-dniowy okres treningu sportowego prowadzi do znaczącego wzrostu częstości występowania cech zespołu wczesnej repolaryzacji<sup>(11)</sup>.

	Ogółem			Chłopcy			Dziewczynki		
	Przed	Po	Δ	Przed	Po	Δ	Przed	Po	Δ
<b>Amplituda załamka <math>T_{V_5}</math> [mV]</b>	0,10 ± 1,00 (0,60 ± 0,23)	0,20 ± 1,10 (0,68 ± 0,22)	-0,10 ± 0,37 (0,09 ± 0,12)	0,43 ± 1,00 (0,69 ± 0,18)	0,60 ± 1,10 (0,80 ± 0,16)	-0,10 ± 0,37 (0,11 ± 0,14)	0,10 ± 0,90 (0,51 ± 0,24)	0,20 ± 0,90 (0,56 ± 0,21)	-0,10 ± 0,20 (0,06 ± 0,09)
<b>Czas trwania skorygowanego odstępu QT (QTc) [ms]</b>	345 ± 458 (398 ± 26,4)	350 ± 435 (396 ± 20,5)	-35 ± 44 (-1,2 ± 19,6)	345 ± 417 (390 ± 20,7)	350 ± 416 (394 ± 16,2)	-32 ± 44 (3,71 ± 19,7)	365 ± 458 (405 ± 30,1)	353 ± 435 (399 ± 24,4)	-35 ± 34 (-6,1 ± 19,0)

Tabela 4. Wpływ treningu sportowego na amplitudę załamków T w odprowadzeniach przedsercowych  $V_{5-6}$  oraz skorygowany odstęp QT – zakres wartości (średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe). Różnice istotne statystycznie ( $p < 0,05$ ) zostały zaznaczone pogrubioną czcionką

Zmiany w EKG często spotykane (powyżej 80% sportowców) i związane z treningiem	Zmiany w EKG rzadko spotykane (poniżej 5% sportowców) i niezwiązane z treningiem
Bradykardia zatokowa Blok AV I° Niepełny blok prawej odnogi Zespół wczesnej repolaryzacji Izolowane kryteria woltażu QRS wskazujące na przerost lewej komory	Odwrócenie załamek T Obniżenie odcinków ST Nieprawidłowe załamki Q Powiększenie lewego przedsionka Odchylenie osi w lewo, blok przedniej wiązki lewej odnogi Odchylenie osi w prawo, blok tylnej wiązki lewej odnogi Przerost prawej komory Preekscytacja komór Całkowity blok lewej lub prawej odnogi Długi lub krótki odstęp QT Wczesna repolaryzacja typu zespołu Brugada

Tabela 5. Klasyfikacja zmian w EKG u sportowców wg Corrado<sup>(5)</sup>

W badaniach własnych nie obserwowano zwiększenia odsetka badanych z zespołem wczesnej repolaryzacji po 8-miesięcznym okresie treningowym, co można tłumaczyć faktem, iż większość badanych to absolwenci szkoły podstawowej o profilu sportowym, a to oznacza, że już wyjściowe elektrokardiogramy nosiły znamiona zmian adaptacyjnych.

W badanej grupie nie były obserwowane istotne zmiany w czasie trwania skorygowanego odstępu QT.

Badania Turkmena i wsp. wskazują, że odstęp QT jest dłuższy u sportowców niż u osób nieaktywnych fizycznie z powodu wolniejszej czynności serca i zwiększenia napięcia układu przywspółczulnego<sup>(12)</sup>. Także skorygowany odstęp QTc jest dłuższy u sportowców niż w populacji ogólnej, mieszcząc się jednocześnie w granicach wartości prawidłowych<sup>(13)</sup>.

## WNIOSKI

1. Długotrwały trening fizyczny prowadzi do czynnościowej przewagi układu przywspółczulnego, co w spoczynkowym EKG objawia się bradykardią zatokową, nasileniem niemiaryowości oddechowej, pojawieniem się cech zespołu wczesnej repolaryzacji.
2. Wśród zmian EKG zachodzących pod wpływem wysiłku fizycznego obserwuje się zmniejszenie amplitudy załamek R i S w odprowadzeniach prawo- i lewokomorowych oraz zwiększenie amplitudy załamek T.
3. Badanie EKG stanowi istotny element badania kardiologicznego sportowców w ocenie przebiegu procesu treningowego i zachodzących pod jego wpływem zmian adaptacyjnych.

## PIŚMIENNICTWO: BIBLIOGRAPHY:

1. Corrado D., Basso C., Schiavon M. i wsp.: Pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden cardiac death. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2008; 52: 1981–1989.
2. Toufan M., Kazemi B., Akbarzadeh F. i wsp.: Assessment of electrocardiography, echocardiography, and heart rate variability in dynamic and static type athletes. *Int. J. Gen. Med.* 2012; 5: 655–660.
3. Sharma S., Whyte G., Elliott P. i wsp.: Electrocardiographic changes in 1000 highly trained junior elite athletes. *Br. J. Sports Med.* 1999; 33: 319–324.
4. Grupa Robocza powołana przez Zarząd Sekcji Elektrokardiologii Nieinwazyjnej i Telemedycyny Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego: Zalecenia dotyczące stosowania rozpoznań elektrokardiograficznych. *Kardiol. Pol.* 2010; 68 (supl. IV).
5. Corrado D., Pelliccia A., Heidbuchel H. i wsp.: Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete. *Eur. Heart J.* 2010; 31: 243–259.
6. Corrado D., Biffi A., Basso C. i wsp.: 12-lead ECG in the athlete: physiological versus pathological abnormalities. *Br. J. Sports Med.* 2009; 43: 669–676.
7. Drezner J.A., Fischbach P., Froelicher V. i wsp.: Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes. *Br. J. Sports Med.* 2013; 47: 125–136.
8. Sokolow M., Lyon T.P.: The ventricular complex in right ventricular hypertrophy as obtained by unipolar precordial and limb leads. *Am. Heart J.* 1949; 38: 273–294.
9. Keck E.W.: Kardiologia dziecięca. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1993.
10. Somauroo J.D., Pyatt J.R., Jackson M. i wsp.: An echocardiographic assessment of cardiac morphology and common ECG findings in teenage professional soccer players: reference ranges for use in screening. *Heart* 2001; 85: 649–654.
11. Noseworthy P.A., Weiner R., Kim J. i wsp.: Early repolarization pattern in competitive athletes: clinical correlates and the effects of exercise training. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2011; 4: 432–440.
12. Turkmen M., Barutcu I., Esen A.M. i wsp.: Assessment of QT interval duration and dispersion in athlete's heart. *J. Int. Med. Res.* 2004; 32: 626–632.
13. Bjørnstad H., Storstein L., Meen H.D. i wsp.: Electrocardiographic findings of repolarization in athletic students and control subjects. *Cardiology* 1994; 84: 51–60.