

## Elektrokardiogram spoczynkowy młodego sportowca – co lekarz rodzinny wiedzieć powinien?

### Young athlete's electrocardiogram – what should family doctor know?

Pracownia Kardiologii Sportowej przy Klinice Pediatrii, Kardiologii Prewencyjnej i Immunologii Wieku Rozwojowego UM w Łodzi. Kierownik Pracowni: dr n. med. Zbigniew Krenc. Kierownik Kliniki: prof. dr hab. n. med. Krzysztof Zeman  
Adres do korespondencji: Dr n. med. Zbigniew Krenc, Klinika Pediatrii, Kardiologii Prewencyjnej i Immunologii Wieku Rozwojowego UM, Instytut – Centrum Zdrowia Matki Polki, ul. Rzgowska 281/289, 93-338 Łódź, e-mail: zbyszek.krenc@wp.pl  
*Praca finansowana ze środków własnych*

#### Streszczenie

Wśród pacjentów zgłaszających się po poradę do gabinetu lekarza rodzinnego pojawiają się osoby młode, aktywne fizycznie, a nierzadko wyczynowo i w sposób zorganizowany uprawiające różne dyscypliny sportu. Badanie lekarskie w ich przypadku nie może nie uwzględniać oceny wpływu treningu sportowego na stan funkcjonalny organizmu, a w szczególności układu sercowo-naczyniowego. Systematyczna ocena układu krążenia służy przede wszystkim monitorowaniu zmian adaptacyjnych zachodzących pod wpływem długotrwałego treningu sportowego. Zmiany te, określane mianem serca sportowca, dotyczą zarówno parametrów morfologicznych (zwiększenie wymiarów i masy mięśnia sercowego), jak i czynnościowych (na przykład zmiana napięcia układu autonomicznego) i mogą być ujawnione w spoczynkowym elektrokardiogramie. Najczęściej obserwowanymi zmianami są: bradykardia zatokowa i znaczna niemiarowość zatokowa, elektrokardiograficzne cechy przedsińców lub komór, zmiany w zakresie morfologii zespołu ST-T. Elektrokardiografia odgrywa też ważną rolę w identyfikacji sportowców z chorobą serca, zwłaszcza w aspekcie prewencji nagłej śmierci sercowej. Z tego powodu ważna jest wiedza pozwalająca na odróżnienie rejestrowanych w spoczynkowym elektrokardiogramie zmian adaptacyjnych, rozwijających się w odpowiedzi na długotrwały trening sportowy, od tych, które mogą wskazywać na chorobę układu krążenia. Celem niniejszej pracy jest dostarczenie lekarzowi rodzinemu praktycznych informacji ułatwiających interpretację prawidłowego spoczynkowego elektrokardiogramu u dzieci i młodzieży w wieku szkolnym (typowym dla rozpoczęcia aktywności fizycznej w zorganizowanej formie), w tym także u młodych sportowców.

**Słowa kluczowe:** spoczynkowy elektrokardiogram, dzieci i młodzież, młodzi sportowcy, serce sportowca

#### Summary

Young athletes are one of the special group of patients in family doctor's office. Medical examination of young athletes (including a complete medical history and physical examination) should give information about influence of physical activity on the functional conditions of the organism, especially on circulatory system. Long-term sport activity causes morphological (e.g. increase of dimensions, wall thickness and mass of left ventricle) and functional (e.g. increase of vagal tone) changes in the heart as a result of physiological adaptation to exercise. These conditions are identified as "athlete's heart syndrome". Some of them can be reflected in resting electrocardiogram. The most common features of "athlete's heart syndrome" in ECG are: sinus bradycardia and significant sinus arrhythmia, voltage criteria for atrial enlargement and ventricular hypertrophy, ST segment elevation and high T wave voltages. The ECG is also used by sports cardiologists in the evaluation of underlying heart disease that can increase the risk for adverse cardiac event, including sudden death. So, it is very important to recognize functional changes developing in the athlete's heart from cardiac pathologies. The main aim of this paper is to give for family doctors some practical information helpful in interpretation of resting electrocardiogram in healthy, school age children in relation to physiological changes which are met in electrocardiograms of young athletes.

**Key words:** resting electrocardiogram, children and adolescents, young athletes, athlete's heart

## WSTĘP

Wśród pacjentów zgłaszających się po poradę do gabinetu lekarza rodzinnego pojawiają się osoby młode, aktywne fizycznie, a nierzadko wycynowo i w sposób zorganizowany uprawiające różne dyscypliny sportu. Badanie lekarskie w ich przypadku nie może nie uwzględniać oceny wpływu treningu sportowego na stan funkcjonalny organizmu, a w szczególności układu sercowo-naczyniowego. Systematyczna ocena układu krążenia służy przede wszystkim monitorowaniu zmian adaptacyjnych zachodzących pod wpływem długotrwałego treningu sportowego. Zmiany te, określane mianem serca sportowca, dotyczą zarówno parametrów morfologicznych (zwiększenie wymiarów i masy mięśnia sercowego), jak i czynnościowych (zmiana napięcia układu autonomicznego). Ważną rolę w identyfikacji i ocenie tych zmian odgrywa elektrokardiografia – jedno z najbardziej podstawowych i najłatwiej dostępnych nieinwazyjnych badań diagnostycznych układu krążenia.

Celem niniejszej pracy jest dostarczenie lekarzowi rodzinnemu praktycznych informacji ułatwiających interpretację prawidłowego spoczynkowego elektrokardiogramu u dzieci i młodzieży w wieku szkolnym (typowym dla rozpoczynania aktywności fizycznej w zorganizowanej formie), w tym także u młodych sportowców.

W ciągu ostatnich trzydziestu lat opublikowano wyniki kilku badań oceniających właściwości elektrokardiogramu w wieku rozwojowym<sup>(1-3)</sup>, jednak starsze z nich, nie spełniają współcześnie zalecanych warunków technicznych odwzorowania bioelektrycznej czynności serca, szczególnie w odniesieniu do grup dzieci najmłodszych. Dotyczy to zwłaszcza tak zwanych częstotliwości próbkowania oraz szerokości pasma zapisu.

Opublikowane w 1989 roku wyniki badań Macfarlane'a i wsp. dowiodły, że zwiększenie częstotliwości próbkowania, poprawiające jakość uzyskanego zapisu, zwiększa jednocześnie amplitudę załamek rejestrowanych w elektrokardiogramie<sup>(2)</sup>.

W roku 1990 Amerykańskie Towarzystwo Kardiologiczne określiło minimalne wartości parametrów technicznych cyfrowej rejestracji EKG<sup>(4)</sup>, wyznaczając tym samym warunki, które muszą być spełnione, aby można było uzyskać wierne odtworzenie sygnału.

W 2001 roku Rijnbeek i wsp. opublikowali wyniki badań, w których dokonali oceny spoczynkowych elektrokardiogramów u 1912 zdrowych dzieci w wieku od 11 dni do 16 lat w oparciu o komputerową analizę zarejestrowanego sygnału elektrokardiograficznego, stosując się do zaleceń Amerykańskiego Towarzystwa Kardiologicznego. Dało to podstawę do weryfikacji dotychczas powszechnie używanych norm elektrokardiograficznych w wieku rozwojowym i stworzenia nowych, wiarygodnych układów odniesienia<sup>(3)</sup>.

## PODSTAWY ELEKTROFIZJOLOGII KOMÓRKI MIĘŚNIA SERCOWEGO

W „stanie spoczynku” wewnątrz komórki mięśnia sercowego jest elektrycznie względem jej powierzchni i wynosi około -90 mV. Jest to tak zwany **spoczynkowy potencjał błonowy**, a stan ten nazywamy **polaryzacją komórkową**. Zasadniczą rolę w utrzymaniu równowagi elektrochemicznej odgrywa pompa sodowo-potasowa, która wbrew gradientowi stężeń usuwa z komórki jony sodowe, wymieniając je na jony potasowe w stosunku 3:2. Pobudzona, wcześniej spolaryzowana elektrycznie komórka reaguje zmianą potencjału błonowego ze **spoczynkowego na czynnościowy**, co związane jest ze zwiększeniem przepuszczalności błony komórkowej i aktywacją prądów jonowych (rys. 1). Elektrokardiogram jest graficznym zapisem zmian potencjałów bioelektrycznych w trakcie depolaryzacji i repolaryzacji komórek roboczych mięśnia przedsionków i komór serca (rys. 2).

## ODPROWADZENIA EKG

W badaniu EKG u dzieci i młodzieży stosuje się rutynowo 12 odprowadzeń: 6 odprowadzeń kończynowych (jedno- i dwubiegunowych) i 6 odprowadzeń przedsercowych (jednobiegunowych). Odprowadzenia kończynowe rejestrują rozchodzenie się fali depolaryzacji w płaszczyźnie czołowej, a odprowadzenia przedsercowe – w płaszczyźnie poprzecznej.

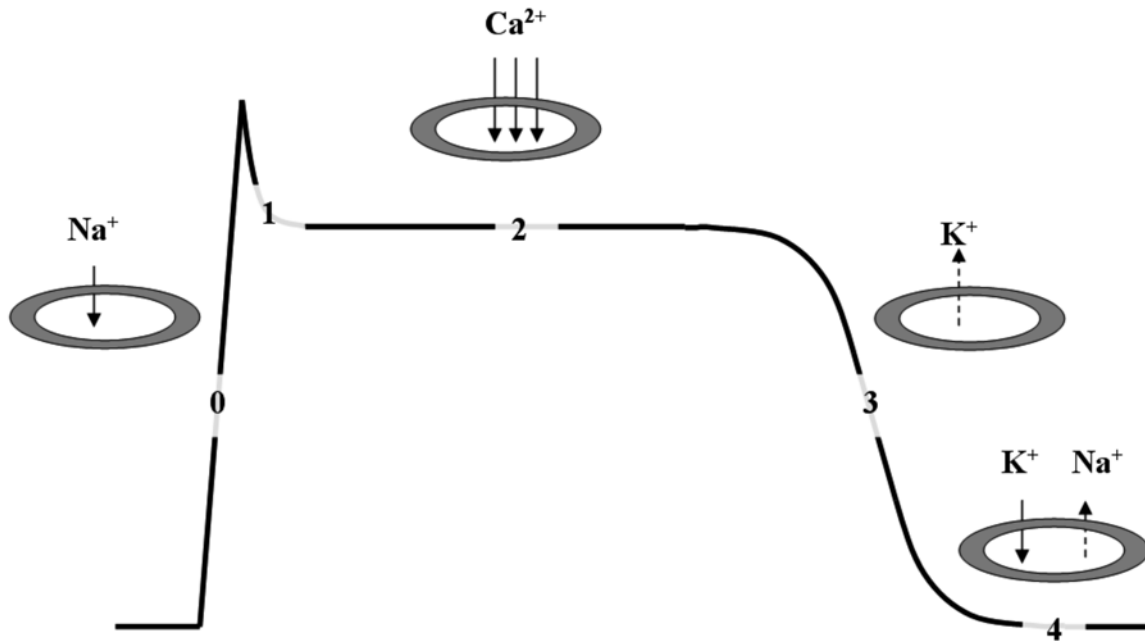
W wybranych sytuacjach klinicznych, na przykład w diagnostyce przerostu jam serca, wykorzystuje się także inne miejsca rejestracji, wydłużające wstęgę odprowadzeń przedsercowych prawokomorowych (np. VR<sub>3</sub>) lub lewokomorowych (np. V<sub>7</sub>).

Położenie elektrod u dzieci jest identyczne jak u pacjentów dorosłych. Wyjątek stanowią najmłodsi, do 2. roku życia, u których elektrody przedsercowe umieszcza się o jedno międzyżebrze wyżej niż u pacjentów w późniejszych okresach życia.

## INTERPRETACJA ELEKTROKARDIOGRAMU SPOCZYNKOWEGO U MŁODYCH OSÓB

Fizjologicznym miejscem powstawania bodźców bioelektrycznych w sercu jest węzeł zatokowo-przedsionkowy. Chociaż jego czynność w elektrokardiogramie standardowym jest niewidoczna, można ją oceniać w sposób pośredni, obserwując przebieg depolaryzacji przedsionków. Aby rytm serca spełniał kryteria **rytmu zatokowego**, czyli miał „punkt wyjścia” w węźle zatokowym, załamki P muszą być dodatnie w odprowadzeniach I, II i aVF, a ujemne w odprowadzeniu aVR.

**Częstotliwość rytmu serca** zmienia się odwrotnie proporcjonalnie do wieku dziecka. W grupie wiekowej na-



Rys. 1. Potencjał czynnościowy komórki mięśnia roboczego komór (strzałki pokazują kierunek aktywowanych prądów jonowych)

stolatków minimalna czynność serca pochodzenia zatokowego, rejestrowana w spoczynkowym elektrokardiogramie, może obniżyć się do około 50/min, podczas gdy maksymalna zwykle nie przekracza wartości 100/min. Nieco wyższe wartości częstości rytmu serca obserwuje się u dziewcząt<sup>(3)</sup> (tabela 1). U dzieci starszych za prawidłowe przyjmuje się wartości mieszczące się w przedziale od 60 do 100/min.

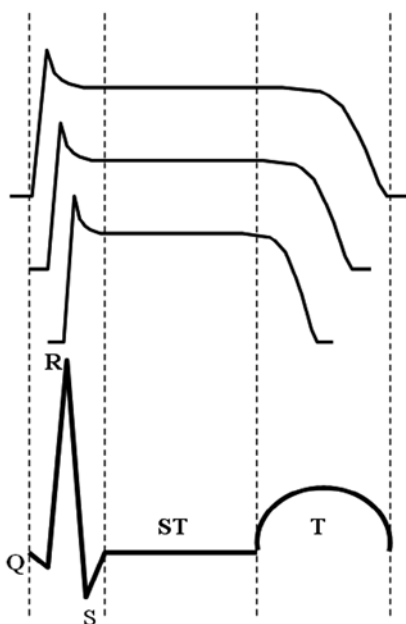
Badania Sharmy i wsp., które objęły 1000 młodych sportowców, ujawniły powszechne występowanie

u osób aktywnych fizycznie bradykardii zatokowej z częstością poniżej 60/min. Rzadko wolna czynność serca u sportowców spowodowana była zastępczym rytmem węzłowym<sup>(5)</sup>.

Badanie elektrokardiograficzne pozwala na precyzyjną i, co ważne, obiektywną ocenę **miarowości rytmu serca**. Czynność serca określamy jako miarową, gdy różnice czasu trwania sąsiadujących ze sobą kolejnych zespołów RR wynoszą poniżej 80 ms u młodszych dzieci i 120-160 ms u dzieci starszych i pacjentów dorosłych. Najczęstszą formą niemiary spotykaną u ludzi młodych jest niemiary oddechowa, polegająca na przyspieszeniu czynności serca w czasie wdechu, a zwolnieniu podczas fazy wydechu. Niemiary oddechowa jest najwyraźniejsza u dzieci i młodzieży, a jej amplituda zmniejsza się o około 10% z każdą dekadą życia<sup>(6)</sup>.

Nasilona niemiary oddechowa to zjawisko często obserwowane u sportowców, u których odzwierciedla spoczynkową dominację układu przywspółczulnego<sup>(5)</sup>. Ustawienie **osi elektrycznej serca** u dzieci w wieku szkolnym wynosi średnio około 40-45° (z zakresem normy od -20° do 80°)<sup>(3)</sup> (tabela 1). Analiza elektrokardiogramów sportowców nie ujawniła wpływu treningu sportowego na zmianę położenia osi elektrycznej serca<sup>(5)</sup>.

**Załamek P** odzwierciedla depolaryzację przedsionków. Czas trwania załamka P zwiększa się stopniowo wraz z wiekiem, nie przekraczając 120 ms u młodzieży. Jego amplituda nie zmienia się istotnie w okresie rozwojowym i nie powinna przekraczać w II odprowadzeniu 2,5 mm (0,25 mV) (tabela 1).



Rys. 2. Geneza zespołów QRS i ST-T

		5-8 lat	8-12 lat	12-16 lat
		Wartości średnie (2.-÷98. centyla)		
<b>Częstotliwość rytmu serca</b>	Chłopcy	88 (62÷113)	78 (55÷101)	73 (48÷99)
	Dziewczęta	89 (68÷115)	80 (50÷110)	76 (54÷107)
<b>Oś elektryczna (°)</b>	Chłopcy	41 (-55÷72)	39 (-17÷76)	40 (-24÷76)
	Dziewczęta	42 (-13÷77)	42 (-15÷82)	45 (-18÷77)
<b>Czas trwania załamka P (ms)</b>	Chłopcy	92 (73÷108)	98 (78÷117)	100 (82÷118)
	Dziewczęta	89 (71÷107)	94 (75÷114)	98 (78÷122)
<b>Amplituda załamka P (mV)</b>	Chłopcy	0,12 (0,22)	0,12 (0,22)	0,13 (0,24)
	Dziewczęta	0,12 (0,24)	0,12 (0,24)	0,12 (0,26)
<b>Czas trwania odstępu PQ (ms)</b>	Chłopcy	129 (99÷160)	134 (105÷174)	139 (107÷178)
	Dziewczęta	124 (92÷156)	129 (103÷163)	135 (106÷176)
<b>Czas trwania zespołu QRS (ms)</b>	Chłopcy	80 (63÷98)	85 (67÷103)	91 (78÷111)
	Dziewczęta	77 (59÷95)	82 (66÷99)	87 (72÷106)

Tabela 1. Wybrane parametry elektrokardiogramu spoczynkowego u dzieci i młodzieży wg Rijnbeeka<sup>(3)</sup>

Ocenę amplitudy i czasu trwania załamków P wykorzystuje się w identyfikacji przerostu przedsionków. W badaniach Sharmy i wsp. elektrokardiograficzne kryteria przerostu lewego przedsionka spełnione były u 14% sportowców (w grupie kontrolnej u 1,2%), natomiast prawego przedsionka – u 16% (w grupie kontrolnej u 2,0%)<sup>(5)</sup>.

**Odstęp PQ** odzwierciedla czas wędrowania bodźca z węzła zatokowego lub innego rozrusznika przedsionkowego, przez przedsionki, węzeł przedsionkowo-komorowy, pęczek Hisa, odnogi pęczka Hisa i włókna Purkiniego, aż do mięśnia roboczego komór. W elektrokardiogramie spoczynkowym wykazuje odwrotną korelację z czynnością serca i z tego powodu jest najdłuższy u dzieci starszych, nie przekraczając przy tym 180 ms (tabela 1, 2)<sup>(3,7)</sup>.

Badania Sharmy i wsp. wykazały znamienne statystycznie dłuższy czas przewodzenia przedsionkowo-komorowego u sportowców w porównaniu z grupą kontrolną, natomiast wyłącznie w grupie sportowców w spoczynkowym elektrokardiogramie obserwowano blok przedsionkowo-komorowy I° oraz II° o periodyce Wenckebacha (stopniowe wydłużanie się odstępu PQ aż do wypadnięcia zespołu QRS-T)<sup>(5)</sup>.

**Zespół QRS** jest wyrazem depolaryzacji i pierwszej fazy repolaryzacji mięśnia komór. Według Durrera depolaryzacja komór powstaje w trzech różnych miejscach w lewej komorze i przebiega w następujących po so-

bie fazach, co powoduje powstanie trzech różnie skierowanych wektorów<sup>(8)</sup>.

**Czas trwania zespołu QRS** zwiększa się stopniowo wraz z wiekiem, uzyskując maksymalne wartości (90-110 ms) u nastolatków. Relatywnie małe zmiany dokonują się w ciągu pierwszych 3 lat życia, natomiast później czas trwania rośnie liniowo wraz z wiekiem (tabela 1).

W większości odprowadzeń, gdzie pojawia się znaczący załamek Q (II, III, aVF, V<sub>5</sub>, V<sub>6</sub>), można zauważyć tendencję do stopniowego zwiększania się jego amplitudy, która osiąga swoje maksimum w 3.-5. roku życia, a następnie do zmniejszania się do wartości początkowych z okresu noworodkowego (tabela 3).

Względna przewaga prawej komory, obserwowana w okresie noworodkowym, stopniowo zmniejsza się w czasie pierwszych miesięcy życia, co objawia się zmianami w morfologii zespołu QRS.

**Amplituda załamka R** w odprowadzeniach przedsercowych znad prawej komory obniża się wraz z wiekiem, podczas gdy w odprowadzeniach przedsercowych lewokomorowych rośnie. Dokładnie odwrotne zmiany zachodzą w amplitudzie załamków S (tabela 3).

**Stosunek R/S** w odprowadzeniu V<sub>1</sub> powyżej 1,0 utrzymuje się mniej więcej aż do 3. roku życia, choć w pojedynczych przypadkach może być obserwowany nawet w grupie dzieci 8-12-letnich. W odprowadzeniu V<sub>6</sub> stosunek R/S zwiększa się stopniowo do 3.-5. roku życia i zwykle osiąga nieco większe wartości u dziewcząt (tabela 3).

Rytm	8.-12. r.ż.	12.-16. r.ż.	Dorośli
<60	0,16 (0,18)	0,16 (0,19)	0,17 (0,21)
60-80	0,15 (0,17)	0,15 (0,18)	0,16 (0,21)
80-100	0,15 (0,16)	0,15 (0,18)	0,15 (0,20)
100-120	0,14 (0,15)	0,15 (0,16)	0,15 (0,19)
120-140	0,14 (0,15)	-	0,15 (0,18)
140-160	-	-	(0,17)

Tabela 2. Zależność czasu trwania odstępu PQ od częstotliwości rytmu serca wg Guntherotha (wartości średnie i maksymalne)<sup>(7)</sup>

		5-8 lat	8-12 lat	12-16 lat
		Wartości średnie (98. centyl) (mV)		
Załamek QIII (mV)	Chłopcy	0,15 (0,36)	0,10 (0,28)	0,10 (0,29)
	Dziewczęta	0,16 (0,38)	0,10 (0,27)	0,10 (0,21)
Załamek QV6 (mV)	Chłopcy	0,12 (0,39)	0,12 (0,43)	0,11 (0,43)
	Dziewczęta	0,10 (0,41)	0,11 (0,34)	0,09 (0,23)
Załamek RV1 (mV)	Chłopcy	0,63 (1,48)	0,54 (1,14)	0,48 (1,18)
	Dziewczęta	0,55 (1,24)	0,49 (1,14)	0,35 (1,10)
Załamek SV1 (mV)	Chłopcy	1,15 (2,29)	1,30 (2,46)	1,30 (2,44)
	Dziewczęta	1,23 (2,49)	1,32 (2,58)	1,15 (2,05)
Załamek RV6 (mV)	Chłopcy	1,97 (2,98)	2,18 (3,24)	2,02 (3,05)
	Dziewczęta	2,05 (3,25)	2,00 (3,04)	1,65 (2,52)
Załamek SV6 (mV)	Chłopcy	0,34 (0,89)	0,34 (0,79)	0,37 (0,85)
	Dziewczęta	0,29 (0,77)	0,27 (0,75)	0,30 (0,67)
R/SV1	Chłopcy	0,6 (0,1÷1,7)	0,4 (0,1 ÷ 1,2)	0,4 (0,1÷1,1)
	Dziewczęta	0,5 (0,1÷1,4)	0,4 (0,1 ÷ 1,1)	0,3 (0,1÷1,0)
R/SV6	Chłopcy	5,9 (1,8÷5=0*)	6,2 (1,7÷5=0*)	5,5 (2,0÷5=0*)
	Dziewczęta	6,8 (1,7÷5=0*)	7,2 (2,0÷5=0*)	5,4 (1,3÷5=0*)

\* S=0 oznacza, że załamek S był nieobecny w więcej niż 2% elektrokardiogramów.

Tabela 3. Amplituda załameków zespołu komorowego QRS oraz stosunku R/S w wybranych odprowadzeniach u dzieci i młodzieży wg Rijnbeeka<sup>(3)</sup>

Zmiany wielkości amplitudy załameków zespołu komorowego QRS, jak również wydłużenie czasu jego trwania obserwuje się w zaburzeniach przewodzenia śródkomorowego oraz w przeroście mięśnia sercowego.

Sharma i wsp. wykazali, że u sportowców rejestruje się istotnie statystycznie dłuższy czas trwania zespołu QRS i częstsze (29%), w porównaniu z grupą kontrolną (11%), występowanie niepełnego bloku prawej odnogi pęczka Hisa. W pojedynczych przypadkach i tylko w grupie sportowców elektrokardiogram spełniał kryteria całkowitego bloku prawej odnogi. W żadnej z analizowanych grup nie obserwowano patologicznych załameków Q (czas trwania powyżej 40 ms lub amplituda powyżej 25% załamka R) ani cech bloku lewej odnogi pęczka Hisa<sup>(5)</sup>.

Elektrokardiograficzne kryteria przerostu lewej komory wg Sokolowa-Lyona ( $S_{V1} + R_{V5 \text{ lub } V6}$  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 ( $R_{V1} + S_{V6}$  powyżej 1,05 mV) obserwowano z podobną częstością w obu grupach (12% vs 10%)<sup>(5)</sup>.

Występowanie elektrokardiograficznych cech przerostu jam serca u osób młodych, zdrowych, bez objawów choroby serca może wskazywać na ich ograniczoną

wartość diagnostyczną, zwłaszcza jeśli mają charakter zmian izolowanych. Mogą to potwierdzać badania Rivenesa i wsp., którzy dokonali analizy elektrokardiogramów spoczynkowych u dzieci w korelacji do parametrów echokardiograficznych. Stwierdzili, że elektrokardiograficzne kryteria przerostu lewej komory były obecne u 15% dzieci z prawidłową masą lewej komory w badaniu echokardiograficznym, podczas gdy jedynie u 19,4% dzieci z nieprawidłową masą lewej komory badanie EKG dało wynik dodatni<sup>(9)</sup>.

Zespół ST-T, na który składa się odcinek ST (rozpoczynający się od fali J) oraz załamek T, odpowiada drugiej i trzeciej fazie repolaryzacji komórek. W warunkach prawidłowych odcinek ST przebiega w linii izoelektrycznej, z wyjątkiem odprowadzeń przedsercowych prawokomorowych, w których skośne do góry uniesienie odcinka ST jest traktowane jako wariant normy.

Uniesienie odcinka ST (45% vs 24%) wraz z wysokimi, asymetrycznymi załamekami T (22% vs 6), obserwowane częściej u sportowców (w porównaniu z populacją ogólną), jest objawem wskazującym na hiperwagotonię<sup>(5)</sup>. Nierzadko uniesienie odcinka ST, rejestrowane głównie w odprowadzeniach znad dolnej (II, III, aVF) i bocznej (I, aVL, V<sub>5,6</sub>) ściany lewej komory, spełnia kryteria zespołu wczesnej repolaryzacji komórek (uniesienie

Czas trwania odstępu QTc	5-8 lat	8-12 lat	12-16 lat
	Wartości średnie (2.÷98. centyla)		
Chłopcy	411 (371-443)	411 (373-440)	407 (362-449)
Dziewczęta	409 (375-449)	410 (365-447)	414 (370-457)

Tabela 4. Skorygowany odstęp QT (QTc) u dzieci i młodzieży wg Rijnbeeka<sup>(3)</sup>

punktu J wraz z wklęsłym do dołu uniesieniem odcinka ST). Zazwyczaj zmiany te interpretowane są jako objaw czynnościowej przewagi układu przywspółczulnego, choć pojawiają się także doniesienia wiążące ten typ morfologiczny zespołu ST-T z potencjalnym zagrożeniem niebezpiecznymi arytmiami komorowymi<sup>(10)</sup>.

W badaniach Sharmy i wsp. u żadnego z badanych sportowców, a także pacjentów z grupy kontrolnej nie obserwowano znamiennego obniżenia odcinka ST<sup>(5)</sup>.

**Załamek T** w okresie rozwojowym, szczególnie w odprowadzeniach przedsercowych, wykazuje dużą zmienność osobniczą, także zależną od wieku dziecka. W pierwszych 2-3 dobach życia w prawokomorowych odprowadzeniach V<sub>1</sub> i V<sub>3R</sub> załamki T są fizjologicznie dodatnie, stopniowo odwracając się pod koniec pierwszego tygodnia życia i pozostając ujemne w tych odprowadzeniach u większości dzieci w grupie wiekowej 12-16 lat. W odprowadzeniach V<sub>2</sub> i V<sub>3</sub> załamek T jest często odwrócony u najmłodszych pacjentów, stając się stopniowo dodatni w kolejności od odprowadzenia V<sub>3</sub> do V<sub>1</sub>. Ujemne załamki T w odprowadzeniu V<sub>2</sub> występują u około 50% dzieci w wieku 3-5 lat, ale w grupie dzieci 8-12 lat już tylko w 5-10% przypadków. W odprowadzeniach V<sub>5</sub>-V<sub>6</sub> załamek T powinien być dodatni we wszystkich grupach wiekowych, choć w pojedynczych przypadkach u noworodków może być przejściowo płaski lub ujemny przez pierwsze 3 dni życia.

Celem badań Papadakisa i wsp., które objęły 1710 młodocianych sportowców oraz 400-osobową grupę kontrolną, była identyfikacja osób z odwróconymi załawkami T oraz próba określenia ich przyczyny w oparciu o poszerzoną diagnostykę kardiologiczną. Badania te nie ujawniły istotnych różnic w częstości występowania odwróconych załawków T między grupami sportowców i grupą kontrolną (4 vs 3%). Odwrócenie załawków T w odprowadzeniach V<sub>1</sub>-V<sub>3</sub> były zasadniczo obserwowane (w obu badanych grupach) u osób poniżej 16 lat. Tylko 0,1% sportowców w wieku powyżej 16 lat miała odwrócone załamki T poza odprowadzenie V<sub>2</sub>. Odwrócone załamki T w odprowadzeniach z dolnej i/lub bocznej ściany, a także ujemne i głębokie załamki T

$$\text{Odstęp QTc wg Bazetta} = \frac{\text{QT /s/}}{\sqrt{\text{RR /s/}}}$$

$$\text{Odstęp QTc wg Hodgesa} = \text{QT /s/} + 1,75 \times (\text{HR} - 60)$$

Rys. 3. Wzory stosowane do obliczania skorygowanego odstępu QT

(w jakichkolwiek odprowadzeniach) pojawiały się częściej u sportowców (odpowiednio 1,5 vs 0,8%) i częściej też wiązały się z występowaniem przerostu lewej komory lub były objawem wcześniej nierozpoznanej wrodzonej wady serca (u żadnego ze sportowców nie rozpoznano z kolei kardiomiopatii)<sup>(11)</sup>.

**Odstęp QT** jest miarą czasu trwania depolaryzacji i repolaryzacji mięśnia komór serca, a dokładniej włókien podścierniowych, które najwcześniej są depolaryzowane i w których proces repolaryzacji trwa najdłużej. Odstęp QT wykazuje ścisłą zależność od częstotliwości rytmu serca (utrudnia to interpretację elektrokardiogramów nawet u tego samego pacjenta, zarejestrowanych przy różnych częstościach pracy serca).

Aby „uniezależnić” czas trwania od częstotliwości rytmu serca, stosuje się wzory korygujące, dzięki czemu uzyskuje się parametr łatwy do porównania. Najczęściej skorygowany odstęp QT oblicza się w oparciu o wzór Bazetta, przy zastrzeżeniu, że poprawne jego zastosowanie ogranicza się do częstości rytmu w zakresie od 50 do 120/min. Przy rytmach wolniejszych i szybszych wskazane jest stosowanie wzoru Hodgesa, który uwzględnia liniową zależność między czasem trwania odstępu QT a odstępem RR (rys. 3).

W badaniach Rijnbeeka i wsp. średnia wartość **odstępu QTc** wyniosła około 410 ms, z górną granicą wartości prawidłowych 450 ms dla chłopców i 460 ms dla dziewcząt (tabela 4)<sup>(3)</sup>. Występowanie dłuższego czasu trwania skorygowanego odstępu QT u dziewcząt po-

- Cechy powiększenia lewego przedsionka: ujemna faza załamka P w odprowadzeniu V<sub>1</sub> o głębokości  $\geq 0,1$  mV i czasie trwania  $\geq 0,04$  s
- Cechy powiększenia prawego przedsionka: wysokie załamki P w odprowadzeniu II i III lub V<sub>1</sub>  $\geq 0,25$  mV
- Odchylenie osi elektrycznej serca w prawo  $\geq +120^\circ$  lub w lewo od  $-30^\circ$  do  $-90^\circ$
- Zwiększona amplituda załamka R lub S w odprowadzeniach kończynowych  $\geq 2$  mV, załamek S w odprowadzeniu V<sub>1</sub>/V<sub>2</sub>  $\geq 3$  mV lub załamek R w odprowadzeniu V<sub>5</sub>/V<sub>6</sub>  $\geq 3$  mV
- Nieprawidłowy załamek Q  $\geq 0,04$  s lub  $\geq 25\%$  następującego po nim załamka R, lub zespół QS w co najmniej dwóch odprowadzeniach
- Blok prawej lub lewej odnogi pęczka Hisa  $\geq 0,12$  s
- Załamek R lub R' w odprowadzeniu V<sub>1</sub>  $\geq 0,5$  mV i stosunek R/S  $\geq 1,0$
- Obniżenie odcinka ST bądź spłaszczenie lub odwrócenie załamka T w co najmniej 2 odprowadzeniach
- Wydłużenie skorygowanego odstępu QT  $> 0,44$  s u mężczyzn i  $> 0,46$  s u kobiet
- Przedwczesne pobudzenia komorowe lub inne komorowe zaburzenia rytmu
- Częstoskurcz nadkomorowy, trzepotanie lub migotanie przedsionka
- Cechy preekscytacji komór: krótki odstępek PR ( $< 0,12$  s) z lub bez obecności fali delta
- Blok przedsionkowo-komorowy I° (odstępek PR  $\geq 0,21$  s, nieskracający się w czasie hiperwentylacji), blok przedsionkowo-komorowy II lub III°

twierdzącą też wyniki badań Pearla, który jednocześnie wykazał, że odstęp QTc zmienia się odwrotnie proporcjonalnie do wieku i wprost proporcjonalnie do częstości pracy serca<sup>(12)</sup>.

Odstęp QTc u sportowców w badaniach Sharmy i wsp., choć był znamienne statystycznie dłuższy niż w populacji ogólnej, mieścił się jednocześnie w granicach wartości prawidłowych<sup>(5)</sup>.

Ważnym aspektem wykonywania badań kardiologicznych, w tym rejestracji EKG, u młodych sportowców jest prewencja nagłych zgonów z przyczyn sercowych. Corrado i wsp. zestawili cechy „dodatniego” elektrokardiogramu, których nie powinno się wiązać z fizjologicznymi zmianami zachodzącymi w układzie krążenia pod wpływem treningu sportowego. Ujawnienie ich w elektrokardiogramie sportowca stanowi podstawę do poszerzenia diagnostyki kardiologicznej w celu wykluczenia organicznej choroby serca (tabela 5)<sup>(13)</sup>.

#### PIŚMIENICTWO:

#### BIBLIOGRAPHY:

1. Davignon A., Rautaharju P., Boisselle E. i wsp.: Normal ECG standards for infants and children. *Pediatr. Kardiol.* 1979/80; 1: 123-131.
2. Macfarlane P.W., Coleman E.N., Pomphrey E.O. i wsp.: Normal limits of the high-fidelity pediatric ECG. Preliminary observations. *J. Electrocardiol.* 1989; 22 suppl.: 162-168.
3. Rijnbeek P.R., Witsenburg M., Schrama E. i wsp.: New normal limits for the paediatric electrocardiogram. *Eur. Heart J.* 2001; 22: 702-711.
4. Bailey J.J., Berson A.S., Garson A. Jr i wsp.: Recommendations for standardization and specifications in automated electrocardiography: bandwidth and digital signal processing. A report for health professionals by an ad hoc writing group of the Committee on Electrocardiography and Cardiac Electrophysiology of the Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. *Circulation* 1990; 81: 730-739.
5. 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.
6. Hrushesky W.J., Fader D., Schmitt O., Gilbertsen V.: The respiratory sinus arrhythmia: a measure of cardiac age. *Science* 1984; 224: 1001-1004.
7. Guntheroth W.G.: *Elektrokardiografia dziecięca*. PZWL, Warszawa 1969: 34.
8. Durrer D., van Dam R.T., Freud G.E. i wsp.: Total excitation of the isolated human heart. *Circulation* 1970; 41: 899-912.
9. Rivenes S.M., Colan S.D., Easley K.A. i wsp.: Pediatric Pulmonary and Cardiovascular Complications of Vertically Transmitted HIV Infection Study Group: Usefulness of the pediatric electrocardiogram in detecting left ventricular hypertrophy: results from the Prospective Pediatric Pulmonary and Cardiovascular Complications of Vertically Transmitted HIV Infection (P2C2 HIV) multicenter study. *Am. Heart J.* 2003; 145: 716-723.
10. Cappato R., Furlanello F., Giovino V. i wsp.: J wave, QRS slurring, and ST elevation in athletes with cardiac arrest in the absence of heart disease: marker of risk or innocent bystander? *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2010; 3: 305-311.
11. Papadakis M., Basavarajaiah S., Rawlins J. i wsp.: Prevalence and significance of T-wave inversions in predominantly Caucasian adolescent athletes. *Eur. Heart J.* 2009; 30: 1728-1735.
12. Pearl W.: Effects of gender, age, and heart rate on QT intervals in children. *Pediatr. Cardiol.* 1996; 17: 135-136.
13. Corrado D., Pelliccia A., Bjørnstad H.H. i wsp.: Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology: Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. Consensus Statement of the Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. *Eur. Heart J.* 2005; 26: 516-524.