

Zasady standaryzacji i interpretacji elektrokardiogramu według *American Heart Association, American College of Cardiology* i *Heart Rhythm Society* 2007 i 2009 – omówienie nowych zaleceń

Barbara Dąbrowska

Warszawa

Kardiol Pol 2009; 67: 1128-1136

Stanowisko ekspertów z wymienionych w tytule towarzystw kardiologicznych ukazało się w 6 częściach: dwie w 2007 r. [1, 2], pozostałe 2 lata później [3–6]. Opracowanie to nawiązuje do również 6-częściowego stanowiska poprzedzonego wstępem [7], opracowanego przez grupę ekspertów z *American College of Cardiology* i opublikowanego pod tytułem „Poszukiwanie optymalnej elektrokardiografii” w 1978 r. Ówczesna publikacja była pierwszym wyczerpującym zbiorem standardów i kryteriów EKG od czasu wprowadzenia i rozpowszechnienia tej metody diagnostycznej [1]. Opracowaniu nowej wersji przyświecały trzy cele, wymienione w I części [1]:

- 1) przegląd stosowanych obecnie metod rejestracji i interpretacji EKG, w razie potrzeby z sugestią ich modyfikacji,
- 2) uproszczenie i ujednoczenie różnych stosowanych obecnie terminologii, z zamysłem utworzenia wspólnego i bardziej dostępnego słownika,
- 3) wyodrębnienie wad algorytmów stosowanych obecnie do opisu, interpretacji i porównywania zapisów oraz propozycje ich zmian, uwzględniających warunki skomputeryzowanej rejestracji, magazynowania i analizy.

Poszczególne stanowiska zostały niestety zdominowane przez opcje analizy komputerowej, co bardzo ogranicza ich przydatność dla lekarzy opisujących EKG, których rola nadzorczą jako kontrolerów korygujących opisy komputerowe wciąż jest uznawana za niezbędną [1–6]. Drugą ich wadą, dotyczącą głównie stanowisk III–VI opublikowanych w 2009 r., jest wyjątkowo niestaranne opracowanie redakcyjne, a w tym sporadyczne błędy dotyczące wartości liczbowych, np. zalecanie wartości 390 ms jako górnej granicy krótkiego QT (!) w części IV, niefrasobliwe wymienne stosowanie znaków $>/\geq$ lub $</\leq$ w części III, czy wreszcie podawanie sprzecznych ze sobą informacji i zaleceń w po-

szczególnych częściach. Te wady utrudniają wykorzystanie wielu zaleceń i algorytmów, co może nawet mniej dotyka lekarzy, którzy mają doświadczenie i znają omawiane problemy, a bardziej informatyków, zobowiązanych do zaprogramowania w komputerze sugestii specjalistów. Pomimo to poszczególne stanowiska sygnalizują wiele ważnych innowacji i propozycji w zakresie techniki i diagnostyki elektrokardiograficznej. Aby ułatwić Czytelnikom ich znalezienie, odpowiednie fragmenty poniższego tekstu zaznaczam grubszą czcionką.

Część I – elektrokardiogram i technika zapisu

To opracowanie w przeważającej mierze dotyczy problemów technicznych w obecnie stosowanych systemach rejestracji – właściwych zakresów próbkowania podczas rejestracji cyfrowej, zalecanych zakresów filtrów częstotliwości i techniki pomiarów sygnałów EKG podczas ich komputerowej analizy.

Przedstawiając zasady rozmieszczania elektrod podczas rejestracji standardowego 12-odprowadzeniowego EKG, autorzy zwracają uwagę na konieczność ścisłego przestrzegania ich właściwej lokalizacji. Co do elektrod kończynowych – nie ma znaczenia, czy są one umieszczone na nadgarstkach i kostkach, czy też wyżej, w obrębie przedramion i podudzi; umieszczanie ich w obrębie ramion i ud zmniejsza jednak artefakty związane z ruchami, nie ustalono dotąd, czy taka zmiana nie wpływa na amplitudę załamków; dlatego nie zaleca się obecnie takiej modyfikacji. Co do elektrod przedsercowych – wiadomo, że pomyłkowe przemieszczenie elektrod V_1 i V_2 do 2. lub 3. międzyżebra powoduje zmniejszenie załamków R w tych odprowadzeniach (wg ekspertów, o 1 mm na jedno międzyżebro), co może być źródłem błędnego rozpoznania zawału przed-

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. n. med. Barbara Dąbrowska, e-mail: dabrowska_foksal@poczta.onet.pl

Artykuł ukazał się także w *Medycynie Praktycznej* 2009; 7-9: 61-74.

niej ściany. Z kolei przemieszczenie odprowadzeń V_5 i V_6 w dół (do 6. międzyżebrza lub niżej) zmienia amplitudę załamków R, zafałszowując cechy przerostu lewej komory. Eksperci zwracają przy tym uwagę na konieczność lokalizacji tych elektrod: nie w 5. międzyżebrze, ale w płaszczyźnie poziomej, przecinającej 5. międzyżebrze w linii środkowej obojczykowej (a więc na poziomie odprowadzenia V_4). Proponują też, by elektrodę V_5 umieszczać nie tyle w tradycyjnie zalecanej lewej linii pachowej przedniej, lecz w połowie odległości pomiędzy elektrodami V_4 i V_6 (co ich zdaniem zwiększa powtarzalność rejestracji tego odprowadzenia). Wciąż nie ma zgody, czy u kobiet elektrody V_4 – V_6 należy umieszczać na piersi czy pod nią: autorzy zalecają wybór drugiej lokalizacji (pod piersią) do czasu ogłoszenia przekonujących analiz tego problemu. **Zaleca się okresowe powtarzanie szkoleń personelu odpowiedzialnego za rejestrację EKG, aby zapobiec błędnemu podłączaniu kabli w innych punktach rejestracji oraz przemieszczaniu elektrod. Komputerowa analiza i interpretacja zapisów są tylko pomocą dla lekarza odpowiedzialnego za opis – wszystkie raporty komputerowe wymagają fachowego sprawdzenia.**

Eksperci stanowczo zalecają rezygnację z odróżniania odprowadzeń „dwubiegunowych” i „jednobiegunowych”, ponieważ „wszystkie odprowadzenia są dwubiegunowe” (o czym zresztą wiedzą wszyscy elektrokardiografisci od czasu wprowadzenia przez Wilsona w latach 30. wspólnego gniazdka końcowego, czyli „elektrody obojętnej”, ponieważ w istocie odprowadzenia te służą rejestracji różnicy potencjałów pomiędzy elektrodą badającą i odległą „elektrodą obojętną” [8]). W celu rozróżnienia 2 rodzajów odprowadzeń kończynowych eksperci wracają więc do historycznej nazwy „odprowadzenia powiększone” dla odprowadzeń aVR, aVL i aVF (choć każdy widzi, że amplituda załamków w tych odprowadzeniach jest z reguły mniejsza niż w odprowadzeniach I–III, a opisane przed prawie 70 laty „powiększenie załamków” sygnalizowało jedynie wzrost ich amplitudy w odprowadzeniach „jednobiegunowych” względem rejestrowanej metodą Wilsona, po usunięciu przez Goldbergera napięcia z kończynowej elektrody badającej ze wspólnego końcowego gniazdka). Nie sądzę więc, by udało się wrócić do tej nazwy, tym bardziej że nawet jeden z ekspertów całego cyklu – B. Surawicz – nie uwzględnił tego mianownictwa w nowym wydaniu swego podręcznika [9].

Panoramyczna prezentacja odprowadzeń kończynowych

Eksperci zalecają wprowadzanie nowej opcji do aparatów EKG, umożliwiającej prezentację odprowadzeń kończynowych w formie analogicznej do wstęgi odprowadzeń przedsercowych, a odpowiadającej kolejności odprowadzeń w schemacie Cabrery, z uwzględnieniem odwróconego odprowadzenia aVR (–aVR). Uzyskujemy w ten sposób wstęgę odprowadzeń kończynowych: aVL, I, –aVR, II,

aVF, III. Zdaniem ekspertów, taka wstęga (od strony lewej do prawej) bardziej przypomina tradycyjną sekwencję odprowadzeń kończynowych (I–III i aVR–aVL–aVF) niż układ odwrotny, z prawa na lewo. Panoramiczna wstęga odprowadzeń kończynowych ułatwia ocenę przemieszczania się fali pobudzenia i nachylenia osi serca w płaszczyźnie czołowej. Pozwala też na wykorzystanie odwróconego odprowadzenia aVR w rozpoznawaniu ostrego zawału ściany dolnej i bocznej.

Niestandardowe odprowadzenia EKG

Układ Masona i Likara wykorzystywany jest w rejestracji ambulatoryjnej i podczas prób wysiłkowych, jednak zniekształca on załamki w porównaniu z układem standardowym, nie stanowi więc równoważnika rutynowego EKG. Podobnie – ani 12-odprowadzeniowe zapisy syntetyzowane z mniejszej liczby odprowadzeń, ani zapisy ortogonalne w układzie Franka nie mogą zastępować 12-odprowadzeniowych zapisów standardowych.

W ostrych zawałach dolnej ściany od kilku lat poleca się rejestrację dodatkowych odprowadzeń z prawej strony okolicy przedsercowej: V_3R – V_6R , a w ostrych zespołach wieńcowych bez uniesienia odcinków ST w standardowym EKG pomocna bywa rejestracja dodatkowych odprowadzeń ze ściany tylnej: V_7 – V_9 .

Część II – wykaz terminów stosowanych w opisach EKG

Ten „zwięzły spis” ma w intencji autorów służyć studentom, nauczycielom i osobom opisującym EKG, a sporządzono go w związku z istnieniem wielu zestawów kodujących zapisy, które zawierają terminy nieprecyzyjne i częściowo się pokrywające. Głównym celem autorów było ujednoczenie stosowanych mian i „w efekcie poprawa opieki nad chorymi” (!); przewidują też oni potrzebę okresowych rewizji i odświeżania zalecanego zestawu.

Spis terminów liczy w sumie 117 orzeczeń „podstawowych”, czyli rozpoznań opisujących czynność elektryczną serca, 28 „wtórnych”, czyli sugestii klinicznych, 48 „modyfikujących” – wyodrębniających przymiotniki „ogólne” (graniczny, przerywany, znaczny, sporadyczny, prawdopodobny, nieswoisty itp.); spójniki (i, lub, *versus*); określenia faz zawału serca; określenia opisujące arytmie (np. jednokształtny, pary, wieloogniskowy); opisujące zaburzenia repolaryzacji; a wreszcie 7 typów orzeczeń porównujących oceniany zapis z poprzednim.

Orzeczenia podstawowe dzielą się na 14 pochodnych działów, oznaczanych literami od A do N. Dział A to „interpretacja ogólna”, zawierająca 4 terminy: EKG prawidłowy / raczej prawidłowy / nieprawidłowy / nienadający się do interpretacji; a dział B to spis różnych błędów technicznych (zamienione lub źle przyłożone elektrody, artefakty) oraz dodatkowych punktów rejestracji.

Działy od C do H to opisy rytmu serca i spisy arytmii – zatokowych, nadkomorowych i komorowych, oraz zabu-

Tabela I. Lista częstoskurczów (wg części II)

Nadkomorowe	Komorowe
<ul style="list-style-type: none"> • migotanie przedsionków • trzepotanie przedsionków • ektopowy częstoskurcz przedsionkowy jednoogniskowy • ektopowy częstoskurcz przedsionkowy wieloogniskowy • częstoskurcz z łącza • częstoskurcz nadkomorowy • częstoskurcz z wąskimi zespołami QRS 	<ul style="list-style-type: none"> • częstoskurcz komorowy • częstoskurcz komorowy nietrwały • częstoskurcz komorowy wielokształtny • częstoskurcz komorowy typu <i>torsades de pointes</i> • migotanie komór • częstoskurcz wiązkowy • częstoskurcz z szerokimi zespołami QRS

Tabela II. Zaburzenia przewodzenia śródkomorowego i śródprzedsionkowego (wg części II)

<ul style="list-style-type: none"> • aberracja przewodzenia pobudzeń nadkomorowych • blok przedniej wiązki lewej odnogi • blok tylnej wiązki lewej odnogi • blok lewej odnogi • niezupełny blok prawej odnogi • blok prawej odnogi • wydłużenie przewodzenia śródkomorowego • preekscytacja komór • nieprawidłowe przewodzenie w prawym przedsionku • nieprawidłowe przewodzenie w lewym przedsionku • fala epsilon
--

Tabela III. Lokalizacja zawałów serca (wg części II)

<ul style="list-style-type: none"> • przedni • dolny • tylny • boczny • przednioprzegrodowy • rozległy przedni • w obecności bloku lewej odnogi • w obrębie prawej komory

zeń przewodzenia przedsionkowo-komorowego. Listy tachyarytmii nadkomorowych i komorowych (zestawione w Tabeli I) można traktować jako zalecaną klasyfikację elektrokardiograficzną, jednak ze sporymi lukami, które tylko częściowo dają się obronić. Usprawiedliwiony jest niewątpliwie brak trwałego częstoskurczu komorowego, w którego rozpoznawaniu istotną rolę odgrywa obraz kliniczny i czas trwania arytmii – cechy nie do oceny w rutynowym zapisie. Brak częstoskurczu dwukierunkowego wśród częstoskurczów komorowych może tłumaczyć fakt, że nie zawsze jest to częstoskurcz komorowy, miewa bowiem także pochodzenie nadkomorowe lub mieszane; szkoda jednak, że wśród „określeń modyfikujących” nie

zamieszczono tego ważnego miana. Brak też najczęstszego częstoskurczu nadkomorowego – nawrotnego z węzła przedsionkowo-komorowego – być może dlatego, że nie zawsze, zwłaszcza w formie atypowej, łatwo go odróżnić od innych częstoskurczów z łącza [10]. Zapewne z tego samego powodu nie ma na tej liście częstoskurczu przedsionkowo-komorowego... Pozostaje przyjąć, że w diagnostyce elektrokardiograficznej, zwłaszcza dokonywanej przez komputer, pojęcie: „częstoskurcz z łącza” może w sobie mieścić bardzo różne tachyarytmie. Jeśli zaś chodzi o nieobecność jednokształtnego częstoskurczu komorowego, wymaga on po prostu do opisu 2 numerów kodujących: jednego dla „częstoskurczu komorowego” i drugiego dla określenia „jednokształtny” z listy orzeczeń modyfikujących.

Dział oznaczony literą I to lista zaburzeń przewodzenia śródkomorowego i śródprzedsionkowego (zestawionych w Tabeli II), której zawartość różni się nieco z zaleceniami części III, nie ma w niej bowiem niezupełnego bloku lewej odnogi (nie bez przyczyny, niektórzy specjaliści odżegnują się bowiem ostatnio od jego rozpoznawania), natomiast zaskakują enigmatyczne nieprawidłowości przewodzenia w obrębie jednego przedsionka (raz prawego, a raz lewego), przed rozpoznawaniem których przestrzegają zresztą autorzy części III.

Dział J opisuje kierunek osi serca wg obowiązującego już od paru lat podziału (oś odchylona w prawo lub w lewo, oś odchylona w prawo i do góry, oś nieoznaczalna) – nieuwzględniającego „odchyleń patologicznych”. W tym dziale wymieniono też naprzemienność elektryczną, nieprawidłową oś załamka P oraz „nieprawidłowe napięcie” – małe (bez wyszczególnienia, o co chodzi) lub w formie nieprawidłowej progresji załamków R w odprowadzeniach przedsercowych.

Dział K to przerost i powiększenie jam serca, przy czym przerost odnosi się do komór, a powiększenie do przedsionków – znów niezgodnie z odpowiednim stanowiskiem (część V), w którym eksperci opowiadają się przeciw rozpoznawaniu w EKG powiększenia przedsionków. Dział L zawiera opisy nieprawidłowości zespołu ST-T i załamka U, a w tym: przemieszczenie odcinka ST (ograniczone do ST lub wraz ze zmianami załamka T), nieprawidłowy załamek

T, wydłużony lub krótki odstęp QT, załamki U duże lub odwrócone, połączenie załamek T i U, zmiany ST-T zależne od przerostu komory, falę Osborna i wczesną repolaryzację.

Na uwagę zasługuje dział M, opisujący lokalizację zawałów serca (Tabela III) – otóż autorzy tego stanowiska, pomimo różnych głosów sugerujących potrzebę zmiany terminologii lokalizacji zawałów (także w opisach EKG [11, 12]), uznali te propozycje za niewystarczająco udokumentowane i pozostali przy tradycyjnym nazewnictwie, do czasu ukazania się bardziej przekonujących danych.

Ostatni dział – N, opisuje typy i zaburzenia sztucznej stymulacji serca, w zakresie najbardziej podstawowym (stymulacja przedsionka, komory lub zsynchronizowana przedsionkowo-komorowa; defekty wyczuwania, hamowania lub stymulacji) – bez takich detali, jak stymulacja programowana, w tym o częstotliwości adaptowanej do aktualnego zapotrzebowania organizmu, bądź dwukomorowa stymulacja resynchronizacyjna.

Wśród orzeczeń klinicznych „do rozważenia” autorzy wymieniają różne jednostki chorobowe, które sugeruje zapis: zaburzenia elektrolitowe, zator płuczny, ostre niedokrwienie serca, choroby tętnic mózgowych, przewlekłą chorobę płuc, ubytek międzyprzedsionkowy typu *ostium primum*, płyn w osierdziu, niedoczynność tarczycy i inne.

Na uwagę zasługują wreszcie kryteria niektórych stwierdzeń porównujących dwa elektrokardiogramy. Określenie „bez istotnych zmian” odnosi się do zapisu kontrolnego, w którym odstępy PQ i QTc oraz czas trwania zespołów QRS są bądź prawidłowe, jak w zapisie wyjściowym, bądź mieszczą się w 10-procentowej wartości poprzednio nieprawidłowej. Określenie „istotna zmiana częstotliwości rytmu” oznacza, że rytm o częstotliwości < 50/min lub > 100/min uległ zmianie o > 20 ewolucji/min. „Istotna zmiana odstępu QT” oznacza natomiast zmianę QTc > 60 ms względem poprzedniego zapisu.

Część III – zaburzenia przewodzenia śródkomorowego

Autorzy tego stanowiska za górną granicę prawidłowego czasu trwania zespołów QRS u osób > 16. roku życia przyjęli wartość 110 ms. Prawidłowe nachylenie osi elektrycznej serca w płaszczyźnie czołowej w tej populacji mieści się w granicach od -30° do 90° (choć zarazem wartość -30° jest już odchyleniem w lewo, a 90° odchyleniem w prawo!). **Odchylenie osi w lewo (-30° do -90°) podzielono na umiarkowane (do -45°) i znaczne (od -45°); podobnie odchylenie osi w prawo podzielono na umiarkowane (do 120°) i znaczne (od 120° do 180°).**

W odniesieniu do zaburzeń przewodzenia śródkomorowego eksperci zalecają rezygnację z historycznego terminu „wychylenie wewnętrzne” (ang. *intrinsic deflection*), inaczej „pobudzenie istotne”, oznaczającego czas trwania fragmentu zespołu QRS od jego początku (R lub Q) do szczytu załamka R. W zamian zalecają, by opisany fragment QRS określać jako „czas do szczytu R” (ang.

Tabela IV. Kryteria bloku prawej odnogi u dorosłych (wg części III)

- czas trwania zespołu QRS ≥ 120 ms
- w odprowadzeniu V_1 lub V_2 zespoły typu *rsr'*, *rsR'* lub *rSR'*, z wychyleniem R' lub r' zazwyczaj szerszym niż wstępny załamek r; rzadziej szeroki, często pozazębiany załamek R w V_1 i/lub V_2
- w odprowadzeniach I i V_6 załamek S trwający dłużej niż R lub > 40 ms
- czas do szczytu R w V_5 i V_6 prawidłowy, ale w V_1 > 50 ms

Do rozpoznania powinny być spełnione co najmniej pierwsze 3 kryteria. Jeśli dominuje jeden załamek R, ząbiony lub nie, konieczna jest obecność czwartego kryterium.

Tabela V. Kryteria niepełnego bloku prawej odnogi u dorosłych (wg części III)

- czas trwania zespołu QRS 110–120 ms*
- pozostałe kryteria jak nr 2–4 w bloku prawej odnogi

* *zapewne błąd, powinno być < 120 ms, jak w Tabeli VII*

Tabela VI. Kryteria bloku lewej odnogi u dorosłych (wg części III)

- czas trwania zespołu QRS ≥ 120 ms
- szeroki, zawężony lub powoli narastający załamek R w I, aVL, V_5 i V_6 ; czasem zespół RS w V_5 i V_6 (wskutek przemieszczenia osi QRS)
- nieobecny załamek q w I, V_5 i V_6 ; czasem pozostaje wąski załamek Q w aVL, niezwiązany z chorobą mięśnia sercowego
- czas do szczytu R > 60 ms w V_5 i V_6 , a prawidłowy w V_1 – V_3 (jeśli występuje tam mały załamek r)
- kierunek zespołów ST-T zazwyczaj przeciwny do zespołu QRS; czasem załamek T jest dodatni w odprowadzeniach z dodatnimi zespołami QRS, co nie jest przejawem choroby serca; natomiast obniżenie odcinka ST i/lub ujemny załamek T w odprowadzeniach z ujemnymi zespołami QRS – to objawy nieprawidłowe
- oś QRS w płaszczyźnie czołowej bywa odchylona w lewo, w prawo lub do góry – czasem w zależności od częstotliwości rytmu serca

Tabela VII. Kryteria niepełnego bloku lewej odnogi u dorosłych (wg części III)

- czas trwania zespołu QRS 110 – < 120 ms
- zespół ST-T typu przerostu lewej komory
- czas do szczytu R > 60 ms w V_4 – V_6
- nieobecny załamek q w I, V_5 i V_6

R peak time). Zwracam uwagę Czytelników, że nie jest to czysto formalna zmiana terminologiczna, ale merytoryczna. Otóż wzorem starych mistrzów w dziedzinie elektrokardiografii [8] odstęp ten mierzono dotąd tylko w odprowadzeniach „jednobiegunowych” – i to głównie przedsercowych,

Tabela VIII. Blok przedniej lub tylnej wiązki lewej odnogi u dorosłych (wg części III)

	Blok przedniej wiązki*	Blok tylnej wiązki
Oś serca	-45° do -90°	90° do 180°
QRS typu qR	w aVL	w III i aVF
QRS typu rS		w I i aVL
Czas do szczytu R	≥ 45 ms w aVL	
Czas trwania QRS	< 120 ms	< 120 ms

* Uwaga: kryteria te nie dotyczą chorych z wrodzonymi wadami serca i z utrzymującym się od dzieciństwa odchyleniem osi serca w lewo.

z założeniem, że szczyt R oznacza moment dojścia fali pobudzenia do danej elektrody, a więc że jest to parametr wyłącznie lokalny. Obecnie natomiast, bez rozgłosu, rozpoczęto oznaczanie czasu trwania załamka R „do szczytu” we wszystkich odprowadzeniach, także kończynowych; trudno więc nazywać taki parametr „pobudzeniem istotnym”, określającym lokalne pobudzenie obszaru pod daną elektrodą.

Zasady rozpoznawania bloków prawej i lewej odnogi, także niezupełnych, oraz bloków wiązek lewej odnogi oparto na starych kryteriach WHO i ISFC [13], obecnie trochę zmodyfikowanych (zalecenia te zebrano w Tabelach IV–VIII).

Autorzy części III nie zalecają stosowania terminów: preekscytacja typu Mahaima (ponieważ rozpoznanie na podstawie powierzchniowego EKG jest niepewne); atypowy blok lewej odnogi, blok obu odnóg, blok dwuwiązkowy i blok trójwiązkowy (ze względu na dużą różnorodność anatomicznych i patologicznych sytuacji wywołujących te obrazy) oraz blok wiązki przegrodowej (ze względu na brak ogólnie zaakceptowanych kryteriów). Na niski stopień gotowości kardiologów do akceptacji tych zaleceń wskazuje m.in. fakt, że wszystkie wymienione w tym akapicie miana są omówione (i umieszczone w tytułach odpowiednich podrzdziałów) w ubiegłorocznym wydaniu podręcznika B. Surawicza [9].

Co do EKG typu zespół Brugadów, autorzy zalecają, by tego miana nie wprowadzać do algorytmów automatycznej interpretacji zapisów (jako obraz symulujący niezupełny blok prawej odnogi ze zmianami ST-T w odprowadzeniu V₁), ponieważ istnieją 3 różne typy zmian ST-T w tym zespole, nie zawsze swoiste; opis taki może wprowadzić jedynie specjalista kontrolujący automatyczne wydruki.

Autorzy rekomendują natomiast dwa rzadko dziś używane terminy:

- 1) blok okołozawałowy (lub prawdopodobny blok okołozawałowy), gdy w obecności pozawałowego nieprawidłowego załamka Q w odprowadzeniach dolnych lub bocznych końcowa część zespołu QRS jest poszerzona i skierowana przeciwstawnie do załamka Q, tworząc zespół QR,
- 2) blok okołoniedokrwienny, gdy w trakcie ostrego niedokrwienia serca pojawia się przejściowe wydłużenie czasu trwania zespołów QRS z przemieszczeniem odcinków ST.

Część IV – odcinek ST, załamki T i U, odstępy QT

Autorzy tego stanowiska mocno akcentują potrzebę odróżniania pierwotnych i wtórnych nieprawidłowości repolaryzacji.

Pierwotne zmiany ST-T są następstwem nieprawidłowego kształtu lub czasu trwania poszczególnych faz potencjału czynnościowego w okresie repolaryzacji włókien komorowych – bez związku z zaburzeniami procesu depolaryzacji. Nieprawidłowy przebieg repolaryzacji może być procesem uogólnionym lub ograniczonym do jakiegoś obszaru mięśnia sercowego (np. któreś warstwy lub ogniska chorobowego). Wśród przyczyn wywołujących takie pierwotne zaburzenia repolaryzacji można wymienić niedokrwienie lub zapalenie mięśnia sercowego, zaburzenia elektrolitowe, wpływ leków albo toksyn, nagłe zmiany rytmu serca, hiperwentylację, czy też zmiany napięcia układu współczulnego.

Wtórne zaburzenia repolaryzacji to zmiany ST-T wywołane wydłużeniem czasu trwania lub inną kolejnością rozprzestrzeniania się depolaryzacji komórek, czyli procesami przejawiającymi się zmianą czasu trwania i kształtu zespołu QRS. Takie wtórne do zaburzeń depolaryzacji zmiany występują w blokach odnóg, w zespołach preekscytacji komórek oraz w trakcie pobudzeń ektopowych (także wystymulowanych).

Nierzadkie jest wreszcie współistnienie pierwotnych i wtórnych zaburzeń repolaryzacji, np. w stanach przerostu komórek.

Nieprawidłowości odcinka ST

Ekspertki zwracają uwagę na niektóre aspekty oceny odcinka ST, rzadziej podkreślane przez autorów wielu publikacji.

Oceniając uniesienie odcinków ST w odprowadzeniach V₁–V₃, należy pamiętać, że spotyka się je powszechnie w warunkach prawidłowych, zwłaszcza u mężczyzn w młodym i średnim wieku (największe w V₃). **Zarówno uniesienie punktu J, jak i odcinka ST w odstępie 60 ms od punktu J sięga u mężczyzn w tych odprowadzeniach nawet do 3 mm w wieku < 40 lat i do 2,5 mm w wieku ≥ 40 lat (a jeszcze większe jest u osób rasy czarnej).** Z tego względu w celu różnicowania takich zmian z ostrym niedokrwieniem należy nie tylko uwzględnić różne normy uniesienia odcinka ST w zależności od płci i wieku, ale i zwracać uwagę na kryterium jakościowe – kształt uniesienia odcinka ST.

Oceniając obniżenie odcinków ST, trzeba natomiast ustalić, czy stanowi ono pierwotne, czy wtórne zaburzenie repolaryzacji. Jeśli pierwotne – należy rozważyć, czy jest to wariant fizjologiczny, czy też wskazuje na chorobę serca (np. niedokrwienie lub przerost), zaburzenie elektrolitowe lub wpływ leków, bądź też stanowi zwierciadlane obniżenie odcinków ST w odprowadzeniach przeciwstawnych do odprowadzeń z uniesieniem ST.

Nieprawidłowości załamka T

U zdrowych osób dorosłych załamki T są dodatnie w odprowadzeniach I, II i V_3-V_6 (najwyższe w V_2 i V_3), ujemne w odprowadzeniu aVR i dodatnie lub ujemne w odprowadzeniach aVL, III i V_1 (brak w tym spisie odprowadzenia V_2 , najpewniej dlatego, że zwykle załamek T jest tam dodatni, a nawet duży, ale u zdrowych kobiet z ujemnym T w V_1 czasem też bywa ujemny, choć płytszy niż w V_1). Autorzy przedstawili ilościową charakterystykę dodatnich i ujemnych załamków T (Tabela IX). Wymieniają też różne opisowe cechy załamków T: spiczaste, symetryczne, dwufazowe, płaskie, odwrócone.

Izolowane zmiany załamka T są trudne do interpretacji, co sprzyja formułowaniu opinii dwuznacznych lub nie trafnych. Do najczęstszych błędów należy rozpoznawanie niedokrwienia lub zawału serca. Aby tego uniknąć, zawsze należy dążyć do określenia, czy nieprawidłowość załamków T jest pierwotna czy wtórna. Małe nieprawidłowości załamków T można określać mianem: zmiany niewielkie lub nieswoiste.

Rozdwojenie załamka T bywa trudne do różnicowania z załamkiem U nakładającym się na załamek T. Pomocny bywa pomiar przerwy między szczytami, zazwyczaj krótszej w przypadku rozdwojenia, a dłuższej (> 150 ms przy częstotliwości rytmu 50–100/min) w przypadku jednofazowego załamka T z nakładającym się załamkiem U.

Naprężenie załamków T obserwuje się zwykle w jej odmianie mikrowoltowej (a więc wykrywanej z użyciem odpowiedniego programu analitycznego, w warunkach obciążenia wysiłkiem lub stymulacją serca), objaw ten wskazuje na utajoną niestabilność repolaryzacji, zapowiadającą złośliwe arytmie komorowe.

Załamek U

Załamki U tradycyjnie włączono w skład elementów obrazujących repolaryzację komórek, choć ostatnie badania [14] wydają się potwierdzać prawie 100-letnią (!) i z dawną popieraną przez Surawicza [9] hipotezę, że stanowią one zjawisko elektromechaniczne, zachodzące już po zakończeniu repolaryzacji. Załamek U cechuje się małą amplitudą – wg danych sprzed 40 lat ok. 0,33 mm (uwaga: w oryginale błąd – 0,33 mV, czyli 3,3 mm!), lub 11% amplitudy załamka T w tym samym odprowadzeniu. Co więcej, amplituda ta zależy od częstotliwości rytmu, dlatego załamek U zwykle nie jest widoczny w trakcie tachykardii > 95/min, a z reguły jest obecny przy czynności serca < 65/min. Za nieprawidłowe należy uznać dodatnie załamki U przewyższające załamki T i/lub nakładające się na T oraz ujemne załamki U.

Odstęp QT

Autorzy omówili wciąż trudne do rozwiązania problemy związane z pomiarem odstępu QT, a zwłaszcza z ustalaniem końca załamka T. Sugerują, by w opisie uwzględ-

Tabela IX. Amplituda dodatnich i ujemnych załamków T (wg części IV)

Załamki T	Amplituda
Prawidłowe	
• u mężczyzn ≥ 30 . roku życia w wieku 18–29 lat	10–14 mm 10–16 mm
• u kobiet	7–10 mm
Małe	< 10% amplitudy R w tym odprowadzeniu
Płaskie (w odprowadzeniach I, II, aVL*, V_4-V_6)	1 mm do –1 mm
Odwrócone	–1 mm do –5 mm
Głębokie ujemne	–5 mm do –10 mm
Olbrzymie ujemne	głębsze od –10 mm

* jeśli załamek R > 3 mm

nić wartość najdłuższą – zazwyczaj spotykaną w odprowadzeniu V_2 lub V_3 , gdzie nie tylko załamek T kończy się najpóźniej, ale i zespół QRS pojawia się do 20 ms wcześniej niż w innych odprowadzeniach. Różnica pomiędzy najdłuższym i najkrótszym odstępem QT w 12-odprowadzeniowym zapisie u zdrowych ludzi sięga wg niektórych autorów 50 ms, a wg innych 65 ms. Jeśli załamek U nakłada się na T, zaleca się albo pomiar QT w odprowadzeniach, w których nie widać załamka U (zwykle w aVR lub aVL), albo przeprowadzenie stycznej do najostrzejszego nachylenia zstępującego ramienia załamka T i pomiar odstępu QT do miejsca przecięcia stycznej z poziomem odcinka TP.

Odstępy QT mierzone automatycznie przez cyfrowy analizator są zwykle dłuższe niż odstępy QT w poszczególnych odprowadzeniach. Ze względu na klinicznie istotną rolę wydłużenia odstępu QT zawsze konieczna jest wizualna weryfikacja tego pomiaru.

Korekcja QT względem częstotliwości rytmu serca wg wzoru Bazetta jest obarczona sporym błędem, zwłaszcza gdy rytm jest szybki. Ekspert zalecają zatem stosowanie wzorów opartych na liniowej regresji. Co więcej, nie należy podejmować prób korekcji odstępu QT, jeśli jest duża zmienność odstępów RR, np. w migotaniu przedsionków, oraz gdy weryfikacja końca załamka T nie jest wiarygodna. Za rozpoznaniem długiego odstępu QT przemawiają wartości $QTc \geq 460$ ms u kobiet i ≥ 450 ms u mężczyzn. W odniesieniu do polekowego wydłużenia odstępu QT wytyczne FDA dla przemysłu farmaceutycznego wyodrębniają dwa szczeble zagrożenia: $QTc > 480$ ms i > 500 ms. Zdaniem autorów tego stanowiska, za rozpoznaniem krótkiego odstępu QT przemawia $QTc \dots \leq 390$ ms (zapewne błąd, i to dwukrotnie powtórzony w tekście; nie udało mi się ustalić jego pochodzenia).

Ekspert uważają, że odstęp QT należy także korygować względem czasu trwania zespołu QRS bądź ograniczać pomiar do odstępu JT, ale wprowadzenie tych korekcji wymaga uprzedniego potwierdzenia poprawności

niedawno zaproponowanych algorytmów do oprogramowania aparatów EKG [15].

Ważnym elementem oceny odstępu QT jest jego porównanie z poprzednią wartością, jeśli chory otrzymuje leki potencjalnie go wydłużające. Wytyczne FDA dla przemysłu farmaceutycznego z 2005 r. zalecają uwzględnienie dwóch szczebli wydłużenia skorygowanego względem częstotliwości rytmu odstępu QT w stosunku do badania sprzed podania leku: wzrost odstępu QT o > 30 ms i o > 60 ms.

Dyspersja QT

Zdaniem autorów, zalew publikacji na temat roli dyspersji QT w ocenie zagrożenia tachyarytmiami komorowymi (171 tys. komunikatów w wyszukiwarce Google) nie przyniósł rozstrzygających wniosków, zatem nie zalecają oni włączania pomiarów dyspersji QT do rutynowych opisów EKG, ale zachęcają... do kontynuacji badań! Ciekawe, ile tysięcy publikacji pozwoli ekspertom wyciągnąć jakieś wiążące wnioski w tej kwestii.

Część V – zmiany EKG towarzyszące przerostowi jam serca

W niekończącej się dyskusji, jaki czynnik wywołuje wzrost amplitudy załamek R u chorych z nadciśnieniem tętniczym, nadciśnieniem płucnym lub wadami serca, tym razem przewagę zdobyli zwolennicy roli „przerostu”, a nie „powiększenia” lub „rozszerzenia” komór. Niestety, niewiele więcej informacji z tego opracowania wnosi coś nowego do codziennej praktyki osób opisujących elektrokardiogramy.

W odniesieniu do przerostu lewej komory eksperci prezentują w tabeli 27 kryteriów diagnostycznych (ograniczonych tylko do oceny zespołów QRS!) oraz 9 kryteriów stosowanych w przypadkach bloku przedniej wiązki lewej odnogi lub bloku prawej odnogi. Ich zdaniem, nie można zalecać wyższości żadnego z nich, zatem program komputerowy powinien wykorzystywać komplet 36 kryteriów, a w opisie należy podać, które z nich wskazują na przerost lewej komory, a które nie (korygując przy tym wyniki względem płci, rasy i budowy ciała). Prawda, jakie to proste?

Co do zmian ST-T towarzyszących przerostowi, eksperci przestrzegają, by nie określać ich mianem „przeciążenie lewej komory” (nie wyróżniając zatem także przeciążenia skurczowego i rozkurczowego), ale stosować miano „wtórne nieprawidłowości ST-T”. To zalecenie pozostaje w sprzeczności z zaleceniami części IV, gdzie przekonująco wyjaśniono, że w stanach przerostu zmiany ST-T są wyrazem zarówno pierwotnych, jak i wtórnych zaburzeń repolaryzacji komór.

Podobnie kłopotliwe są propozycje rozpoznawania przerostu prawej komory, choć lista zalecanych kryteriów liczy tylko 15 pozycji, znów o równorzędnej – zdaniem autorów – wartości diagnostycznej, wzbogacono je ponadto zestawem 6 „kryteriów potwierdzających rozpoznanie”.

Warto natomiast zwrócić uwagę na wyodrębnienie trzech typów przerostu prawej komory, znanych od lat, ale rzadko uwzględnianych w innych opracowaniach:

- 1) przerost wywołany obciążeniem objętościowym (z niezupełnym blokiem prawej odnogi),
- 2) przerost wywołany obciążeniem ciśnieniowym (z wysokimi załamekami R nad prawą komorą),
- 3) przerost w przewlekłej zaporowej chorobie płuc (z obrazem EKG zdeformowanym z powodu niskiego ułożenia przepony w związku ze zwiększoną objętością płuc, z zespołami QRS w odprowadzeniach kończynowych o małej amplitudzie, dominującymi załamekami S we wszystkich odprowadzeniach przedsercowych i małym załamekiem R w odprowadzeniu V_6).

We wszystkich 3 typach oś serca jest odchylona na prawo (w typie 3. czasem w prawo i do góry bądź nieoznaczalna), a opisanym zmianom zespołów QRS towarzyszą charakterystyczne dla przerostu zmiany ST-T w odprowadzeniach prawokomorowych (znów kontrowersyjnie nazywane „wtórnymi nieprawidłowościami ST-T”).

Za kryteria przerostu obu komór eksperci uznają tradycyjnie współistnienie cech przerostu prawej i lewej komory lub też od dawna akceptowane współistnienie odchyleń osi w prawo i wysokich dwufazowych zespołów RS w kilku odprowadzeniach przedsercowych.

Przechodząc do przewagi elektrycznej przedsionków – zastrzeżenia budzi zalecane przez ekspertów zbyt ogólne miano „nieprawidłowości lewego lub prawego przedsionka”, zamiast tradycyjnie dotąd stosowanych terminów: *P mitrale*, *P pulmonale* lub *P congenitale*, bądź zamiast też nie zawsze trafnych, ale czytelnych umownych określeń: przerost, powiększenie czy przeciążenie lewego lub prawego przedsionka. Dla odróżnienia „nieprawidłowości lewego lub prawego przedsionka” od nieprawidłowości polegającej na poszerzeniu załamek P bez cech przewagi elektrycznej jednego z nich eksperci proponują określenie „wydłużenie przewodzenia śródprzedsionkowego”, zaznaczając przy tym, że czasem bywa to zaburzenie przewodzenia nie „śródprzedsionkowego”, lecz „międzyprzedsionkowego”. Problemy z zaakceptowaniem tego nazewnictwa przez innych ekspertów ukazuje już cytowana lista „przerostu lub powiększenia jam serca” (z części II), gdzie zalecaną nazwą jest „powiększenie lewego lub prawego przedsionka”, oraz lista zaburzeń przewodzenia śródkomorowego i śródprzedsionkowego z tej samej części II (Tabela II), z równie kłopotliwym, bo trudnym do rozpoznania mianem „nieprawidłowe przewodzenie w prawym bądź lewym przedsionku”.

Kryteria rozpoznawania tych „nieprawidłowości sugerujących powiększenie przedsionka” nie odbiegają od ogólnie przyjętych. W odniesieniu do lewego przedsionka eksperci wymieniają iloczyn amplitudy i czasu trwania końcowej ujemnej fazy załamek P w V_1 (nie wdając się w normy ilościowe), szerokie rozdwojenie załamek P (≥ 40 ms) i wydłużenie czasu jego trwania ≥ 120 ms. Za ce-

chy „nieprawidłowości prawego przedsionka” uznano natomiast wysoki, często spiczasty załamek P_{II} (> 2,5 mm) i rzadziej spotykany objaw – wysoką wstępną fazę dodatnią załamka P w V₁ lub V₂ (≥ 1,5 mm).

Część VI – ostre niedokrwienie i zawał

Ta część kontrastuje z poprzednią w podejściu do kryteriów ilościowych: tam zaskakuje czytelnika 36 kryteriów przerostu lewej komory „o równorzędnej roli diagnostycznej”, tu zdumiewa brak jakiegokolwiek kryterium dotyczącego kontrowersyjnego progu rozpoznawania nieprawidłowych załamek Q (tradycyjnie ≥ 0,4 s? ≥ 0,3 s [12]? > 0,4 s [16]?). Eksperti enigmatycznie stwierdzają, że „wielkość i zakres występowania zmian zespołu QRS zależy od rozmiaru i lokalizacji obszaru objętego niedokrwieniem lub zawałem i od przestrzennego związku między obszarem a orientacją poszczególnych elektrod”, a z kolei „rozmiar i lokalizacja zawału zależy od odpowiedzialnej za ten stan tętnicy wieńcowej, miejsca jej zamknięcia i stanu krążenia obocznego”. W ten sposób problem prawidłowego czasu trwania załamka Q pozostawiono bez ostatecznego rozstrzygnięcia. Szczęśliwie, w odniesieniu do pozostałych parametrów EKG związanych z niedokrwieniem serca znajdujemy całkiem konkretne i praktyczne zalecenia.

Przemieszczenia odcinka ST mają znaczenie tylko wtedy, gdy są obecne w co najmniej dwóch sąsiadujących anatomicznie odprowadzeniach (we wstępach odprowadzeń przedsercowych i kończynowych; do tego celu właśnie przydadzą się przelączniki w aparatach EKG, umożliwiające zalecaną kolejność prezentacji odprowadzeń kończynowych). Eksperti radzą też, by nie określać grup odprowadzeń jako „przednie”, „dolne” lub „boczne” (co może być mylące w odniesieniu do zmian „z odbicia” z przeciwległej ściany serca), a stosować te miana tylko dla określania lokalizacji zmian anatomicznych. Jak to wygląda w praktyce? Wystarczy zajrzeć do poprzednich części, których autorzy nie stronią od rozpoznawania przednich, bocznych lub dolnych odprowadzeń.

Wreszcie, inaczej niż w przypadku czasu trwania załamka Q, eksperci nie zbagatelizowali potrzeby ilościowej oceny przemieszczeń punktu J i odcinka ST i drobiazgowo wyznaczyli granice norm dla tych parametrów (Tabela X) – niestety, znów nieco różniące się od danych przedstawionych w części IV. W Tabeli XI natomiast znajdują Czytelnicy wybrane przez ekspertów korelacje pomiędzy przemieszczeniami odcinka ST w trakcie ostrego niedokrwienia a lokalizacją obszaru niedokrwionego lub objętego martwicą oraz zamkniętą tętnicą.

Rozlane obniżenie odcinków ST w odprowadzeniach reprezentujących więcej niż jeden obszar w obrębie serca bez towarzyszącego uniesienia ST w odprowadzeniach I, II, III, aVL i V₂–V₆ może wskazywać na jedną z dwóch sytuacji:

1) jeśli obraz taki występuje w spoczynku u chorego z niestabilną dławicą piersiową, sugeruje prąd uszkodzenia wywołany ostrym niedokrwieniem w przebiegu choroby

Tabela X. Nieprawidłowe przemieszczenia punktu J i odcinka ST (wg części VI)

	Odprowadzenia	Nieprawidłowe przemieszczenie
Uniesienie punktu J		
Mężczyźni ≥ 40. roku życia	V ₂ i V ₃ pozostałe	≥ 2 mm ≥ 1,0 mm
Mężczyźni < 40. roku życia	V ₂ i V ₃	≥ 2,5 mm
Kobiety	V ₂ i V ₃ pozostałe	≥ 1,5 mm > 1,0 mm*
Mężczyźni ≥ 40. roku życia i kobiety	V _{3R} i V _{4R}	≥ 0,5 mm
Mężczyźni < 30. roku życia	V _{3R} i V _{4R}	≥ 1,0 mm
Mężczyźni i kobiety	V ₇ – V ₉	≥ 0,5 mm
Obniżenie odcinka ST		
Mężczyźni i kobiety	V ₂ i V ₃ pozostałe	≥ 0,5 mm ≥ 1,0 mm

* w oryginalne > 1,0 mm, nie ≥ 1,0 mm (być może pomyłkowo)

Tabela XI. Lokalizacja niedokrwienia lub zawału (wg części VI)

Zamknięcie tętnicy wieńcowej	Niedokrwiony obszar	Przemieszczenia ST
Lewa przednia zstępująca	ściana przednia	↑ST w 2–6 odprowadzeniach spośród V ₁ –V ₆
proksymalne, powyżej 1. gałęzi przegrodowej i 1. gałęzi diagonalnej	podstawna część lewej komory, ściana przednia i boczna, przegroda międzykomorowa	↑ST w V ₁ –V ₄ , I, aVL, czasem i w aVR; ↑ST w aVL > aVR; możliwe ↓ST „z odbicia” w II, III, aVF, często i w V ₅ ; ↓ST w III > II
między 1. gałęzią przegrodową a 1. diagonalną	niedokrwienie nie obejmuje podstawnej części przegrody	bez ↑ST w V ₁
dystalne, za 1. gałęzią przegrodową i 1. diagonalną	niedokrwienie nie obejmuje podstawnej części lewej komory	bez ↑ST w V ₁ , aVR i aVL; bez ↓ST w II, III, aVF; możliwe ↑ST w II, III, aVF; ↑ST w V ₃ –V ₆ > V ₂
Prawa	dolna ściana	↑ST w III > II, często ↓ST w I, aVL
proksymalne	dolna ściana i prawa komora	jw. + ↑ST w V _{3R} i V _{4R} *

↑ST – uniesienie odcinka ST, ↓ST – obniżenie odcinka ST

* Uniesienie ST w tych odprowadzeniach trwa znacznie krócej niż w odprowadzeniach kończynowych II, III, aVF; zapisy z odprowadzeń prawostronnych trzeba więc rejestrować jak najszybciej po wystąpieniu bólu.

3 tętnic lub zwężenia pnia lewej tętnicy wieńcowej; jeśli obniżeniu ST w co najmniej 8 odprowadzeniach towarzyszy uniesienie ST w odprowadzeniach aVR i V₁, rozpoznanie to można przewidzieć z 75-procentową trafnością;
2) jeśli pojawia się podczas próby obciążeniowej u pacjenta ze stabilną chorobą wieńcową, sugeruje niepełnościennie niedokrwienie wywołane krytycznym zwężeniem co najmniej jednej tętnicy wieńcowej.
Uwaga: lokalizacja obniżenia ST nie pozwala na identyfikację tętnicy wieńcowej!

Poniedokrwiennie zmiany załamka T

Czasem po epizodzie bólu w klatce piersiowej, ale bez ewolucji zawału lub cech utrzymującego się ostrego niedokrwienia, pojawiają się głębokie odwrócone załamki T (> 5 mm, w odprowadzeniach V₂, V₃, V₄ i niekiedy w V₅), nierzadko z wydłużonym odstępem QT; koronarografia ukazuje wówczas duże zwężenie w proksymalnej części lewej tętnicy zstępującej przedniej, z zachowanym krążeniem obocznym. Podobny obraz spotyka się również w ostrych incydentach naczyniowo-mózgowych i w niektórych postaciach kardiomiopatii.

Cóż można na koniec powiedzieć o tym ambitnym przedsięwzięciu sygnowanym przez 3 znakomite towarzystwa kardiologiczne? Niestety mocno rozczarowuje, ale i przynosi pewne uzasadnione modyfikacje diagnostyki EKG, warte stosowania w praktyce klinicznej oraz umysławia nam, ile jeszcze problemów czeka na rozwiązanie. Może też ktoś podejmie się przedstawienia nowoczesnych zasad diagnostyki EKG dla lekarzy, a nie dla komputerów?

Piśmiennictwo

- Kligfield P, Gettes LS, Bailey JJ, et al. Recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram. Part I: The electrocardiogram and its technology. A scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49: 1109-27.
- Mason JW, Hancock EW, Gettes LS, et al. Recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram. Part II: Electrocardiography diagnostic statement list. A scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49: 1128-35.
- Surawicz B, Childers R, Deal BJ, et al. Recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram. Part III: Intraventricular conduction disturbances. A scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 976-81.
- Rautaharju PM, Surawicz B, Gettes LS, et al. Recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram. Part IV: The ST segment, T and U waves, and the QT interval. A scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 982-91.
- Hancock EW, Deal BJ, Mirvis DM, et al. Recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram. Part V: Electrocardiogram changes associated with cardiac chamber hypertrophy. A scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 992-1002.
- Wagner GS, Macfarlane P, Wellens H, et al. Recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram. Part VI: Acute ischemia/infarction. A scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 1003-11.
- Horan LG. The quest for optimal electrocardiography. *Am J Cardiol* 1978; 41: 126-9.
- Lipman BS, Massie E. Clinical Unipolar Electrocardiography. *The Year Book Publ.*, Chicago 1953.
- Surawicz B, Knilans TK. Chou's Electrocardiography in Clinical Practice. *WB Saunders*, Philadelphia, 2008.
- Blomström-Lundquist C, Scheinman MM, Aliot EM, et al. ACC/AHA/ESC guidelines for the management of patients with supraventricular arrhythmias – executive summary. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42: 1493-531.
- Bayés de Luna A, Wagner G, Birnbaum Y, et al. A new terminology for left ventricular walls and location of myocardial infarcts that present Q wave based on the standard of cardiac magnetic resonance imaging. A statement for healthcare professionals from a Committee appointed by the International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiography. *Circulation* 2006; 114: 1755-60.
- Thygesen K, Alpert JS, White HD, on behalf of the Joint ESC/ACCF/AHA/WHF Task Force for the Redefinition of Myocardial Infarction. Universal definition of myocardial infarction. *Circulation* 2007; 116: 2634-53.
- Willems JL, Robles de Medina EO, Bernard R, et al. Criteria for intraventricular conduction disturbances and pre-excitation. World Health Organization/International Society and Federation for Cardiology Task Force Ad Hoc. *J Am Coll Cardiol* 1985; 5: 1261-75.
- Schimpf R, Antzelevitch C, Hagi D, et al. Electromechanical coupling in patients with the short QT syndrome: further insights into the mechanoelectrical hypothesis of the U wave. *Heart Rhythm* 2008; 5: 241-5.
- Rautaharju PM, Zhang ZM, Prineas R, Heiss G. Assessment of prolonged QT and JT intervals in ventricular conduction defects. *Am J Cardiol* 2004; 93: 1017-21.
- Buxton AE, Calkins H, Callans DJ, et al. ACC/AHA/HRS 2006 key data elements and definitions for electrophysiological studies and procedures. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Data Standards (ACC/AHA/HRS Writing Committee to Develop Data Standards on Electrocardiology). *Circulation* 2006; 114: 2534-70.