

Przydatność monitorowania EKG metodą Holtera do oceny ryzyka pacjentów z chorobami układu krążenia

Małgorzata Kurpesa

II Katedra i Klinika Kardiologii Uniwersytetu Medycznego w Łodzi

Ambulatoryjne monitorowanie EKG metodą Holtera jest nieinwazyjnym badaniem o potwierdzonej przydatności w diagnostyce schorzeń układu krążenia. W ostatnich latach, dzięki wprowadzeniu nowych analiz możliwych do zastosowania w czasie badania holterowskiego, metoda ta stała się przydatna również w ocenie rokowania, zwłaszcza pacjentów z chorobą niedokrwienną serca. W niniejszej pracy, na podstawie danych z piśmiennictwa i własnych obserwacji, opisano przydatność monitorowania EKG metodą Holtera w przewidywaniu ryzyka u pacjentów z chorobami układu sercowo-naczyniowego.

Słowa kluczowe: monitorowanie holterowskie, choroba wieńcowa, rokowanie

WSTĘP

Obecnie monitorowanie EKG metodą Holtera służy nie tylko do nieinwazyjnej diagnostyki pacjentów z chorobami układu krążenia, ale — dzięki wzbogaceniu o nowe techniki badawcze — pomaga w ocenie rokowania, a zwłaszcza w określeniu zagrożenia nagłym zgonem sercowym.

Szczególnie duże jest znaczenie technik holterowskich u pacjentów z chorobą niedokrwienną serca. W tej, bardzo licznej, grupie chorych nieinwazyjne, powtarzalne i powszechnie dostępne badanie, jakim jest 24-godzinne

ambulatoryjne monitorowanie EKG, okazało się przydatne nie tylko dla celów diagnostycznych, ale również w ustalaniu rokowania i wyodrębnianiu grup tak zwanego podwyższonego ryzyka. Współcześnie stosowane aparaty holterowskie umożliwiają nie tylko ocenę niedokrwienia mięśnia sercowego i arytmii, ale również pozwalają na zbadanie wielu ważnych z rokowniczych względów parametrów, do których zalicza się: aktywność autonomicznego układu nerwowego, obecność substratu arytmogennego czy ocenę okresu repolaryzacji.

HOLTEROWSKA ANALIZA NIEDOKRWIENIA MIĘŚNIA SERCOWEGO

Monitorowanie EKG metodą Holtera jest często zleca- ne pacjentom z rozpoznaną chorobą wieńcową lub z podejrzeniem tego schorzenia.

Analiza niedokrwienia mięśnia sercowego w zapisie holterowskim polega na ocenie odcinka ST i wykrywaniu tak zwanych przemijających epizodów jego obniżenia lub uniesienia. Przydatność metody Holtera w rozpoznawaniu choroby niedokrwiennej serca jest obecnie zagadnieniem kontrowersyjnym. Na przebieg odcinka ST w elektrokardiogramie, zarówno standardowym jak i holterowskim, wpływa wiele czynników nie zawsze związanych z ukrwieniem mięśnia sercowego. Amerykańskie towarzystwa kardiologiczne podają aż 12 przykładów sytuacji, które mogą zafalszować interpretację niedokrwienia miokardium w wypadku zastosowania metody Holtera (tab. 1) [1]. Czułość badania holterowskiego w diagnostyce niedokrwienia mięśnia sercowego ocenia się na 58–81%, zaś swoistość — na 61–95%. Cytowane już zalecenia amerykańskich towarzystw kardiologicznych opublikowane w 2001 roku sugerują największą przydatność metody

Adres do korespondencji:

dr med. Małgorzata Kurpesa
II Katedra i Klinika Kardiologii Uniwersytetu Medycznego
Szpital im. W. Biegańskiego
ul. Kniaziewiczza 1/5, 91–347 Łódź
tel./faks: (0 42) 653 99 09
e-mail: kurpesa@ptkardio.pl

Tabela 1. Niektóre przyczyny fałszywie dodatnich bądź fałszywie ujemnych wyników w diagnostyce niedokrwienia w monitorowaniu EKG metodą Holtera według American College of Cardiology/American Heart Association [1]

Zmiany odcinka ST związane ze zmianami położenia ciała (tzw. zmiany pozycyjne)
Hiperwentylacja
Nagle, nadmierne zmiany odcinka ST wywołane wysiłkiem fizycznym
Zmiany odcinka ST wywołane regulacją naczynioruchową lub zjawiskiem Valsalvy
Zaburzenie przewodzenia śródkomorowego
Niediagnozowany lub zlekceważony przerost mięśnia lewej komory serca
Zmiany odcinka ST wynikające z tachyarytmii
Zmiany odcinka ST związane z migotaniem lub trzepotaniem przedsionków
Zmiany odcinka ST wywołane zaburzeniami elektrolitowymi lub działaniem leków
Niewłaściwa kalibracja wzorca zapisu lub jej brak
Niedostateczna jakość techniczna zapisu
Zmiany odcinka ST związane z procesem rejestracji sygnału EKG, jego kompresji lub filtrowania

Holtera w diagnostyce pacjentów z podejrzeniem anginy Prinzmetala (klasa wskazań — IIa) [1]. Monitorowanie holterowskie może wprawdzie stanowić alternatywę próby wysiłkowej w sytuacjach, gdy niemożliwe jest przeprowadzenie tego badania, jednak w tych grupach chorych można wykonać inne nieinwazyjne (np. echokardiograficzne testy obciążeniowe), których czułość i swoistość w wykrywaniu niedokrwienia jest znacznie wyższa. Pozostaje jednak zastosowanie metody Holtera ze wskazań rokowniczych. Niekorzystne znaczenie prognostyczne przemijających epizodów przemieszczenia odcinka ST potwierdzono w licznych badaniach. W pracy Deedwanii i wsp. [2] obecność przemijających epizodów obniżenia odcinka ST u pacjentów ze stabilną chorobą wieńcową po zawale serca okazała się parametrem najsilniej związanym z wystąpieniem zgonu sercowego w 2-letniej obserwacji. W badaniach własnych autorzy wykazali, że szczególnie niekorzystne rokowniczo są przemijające obniżenia ST rejestrowane poza strefą przebytego zawału [3]. Jednak nie wszyscy badacze uzyskiwali wyniki zgodne z wyżej wymienionymi obserwacjami. Analiza piśmiennictwa wskazuje, że nie każdy epizod obniżenia odcinka ST ma jednakową wartość rokowniczą. Dlatego opracowano kryteria

Tabela 2. Kryteria elektrokardiograficzne złośliwych przemijających epizodów obniżenia odcinka ST rejestrowanych w monitorowaniu EKG metodą Holtera

Obniżenie odcinka ST horyzontalne lub skośne do dołu
Obniżenie odcinka ST ≥ 2 mm
Istotne obniżenie odcinka ST przy częstości pracy serca poniżej 100/min
Istotne obniżenie ST rejestrowane poza strefą przebytego zawału
Łączny czas trwania epizodów obniżenia odcinka ST ≥ 60 min w ciągu doby

tak zwanych złośliwych epizodów obniżenia odcinka ST, szczególnie obciążających prognostycznie (tab. 2).

Monitorowanie holterowskie jest metodą diagnostyczną, która przyczyniła się do wykrycia zjawiska tak zwanego niemego niedokrwienia. Terminem tym określa się niedokrwienie mięśnia sercowego, któremu nie towarzyszą bóle stenokardialne. W wielu badaniach wykazano, że obecność tego typu niedokrwienia — zwłaszcza u pacjentów po przebytych zawałach serca lub z dławicą niestabilną — wiąże się z częstszym występowaniem tak zwanych nowych incydentów sercowych. Natomiast Ruberman i wsp. [4] przeanalizowali ponad 260 zgonów pacjentów objętych badaniem *Beta-Blocker Heart Attack Trial*, wykazując niezależny wpływ na śmiertelność obniżenia odcinka ST, które trwało ponad 1 minutę. Znaczenie prognostyczne niemego niedokrwienia wciąż stanowi przedmiot sporów. Ostatnio wydają się przeważać zwolennicy poglądu, że bezbólowe niedokrwienie mniej obciąża rokowanie pacjenta. Nie można jednak wykluczyć, że podstawą ich opinii jest analiza zmian ST, które wcale nie odzwierciedlają niedokrwienia. Z uwagi na opisaną na wstępie niezadowalającą czułość holterowskiej analizy ST, w wypadku wątpliwości zaleca się uzupełnienie diagnostyki nieinwazyjnej (próba wysiłkowa, echokardiografia obciążeniowa). Postępowanie takie jest szczególnie zasadne u pacjentów z przemijającymi bezbólowymi epizodami obniżenia ST obciążonych innymi czynnikami ryzyka.

Zastosowanie 24-godzinnego monitorowania EKG metodą Holtera pozwoliło na wykrycie dobowego rytmu występowania przemijających epizodów obniżenia ST. Stwierdzono ich pojawianie się ze szczególnie dużą częstością w godzinach porannych (między godz. 6 a 8 rano). Rytm ten okazał się podobny do dobowego roz-

kładu występowania ostrych incydentów wieńcowych. Odkrycie to miało istotne implikacje kliniczne, gdyż zwróciło uwagę na konieczność stosowania takiego leczenia, które zapewniłoby 24-godzinną ochronę mięśnia sercowego przed niedokrwieniem. Kontrola skuteczności leczenia choroby wieńcowej za pomocą 24-godzinnego monitorowania holterowskiego umożliwiła indywidualne dobranie grup leków i sposobu ich dawkowania, najskuteczniej chroniących przed nawrotami niedokrwienia miokardium.

HOLTEROWSKA ANALIZA ZABURZEŃ RYTMU

Ocena arytmii stanowi jedno z podstawowych wskaźników do wykonania monitorowania EKG metodą Holtera. Obecność komorowych zaburzeń rytmu u pacjenta po przebytych zawałach serca należy do wskaźników zagrożenia nagłym zgonem lub wystąpieniem złośliwej arytmii. W tej grupie chorych duże znaczenie prognostyczne ma między innymi liczba rejestrowanych w ciągu doby pojedynczych pobudzeń komorowych. Wykazano, że gdy przekracza ona 10 pobudzeń na godzinę, zagrożenie pacjenta może wzrosnąć 2,5–4 razy niezależnie od funkcji lewej komory [5].

Na podstawie wyników niedawno przeprowadzonego badania *Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial (MADIT)* wiadomo, że obecność niepodtrzymującego się częstoskurczu komorowego zwiększa ryzyko nagłego zgonu w mechanizmie arytmii u pacjenta po przebytych zawałach serca [6]. U takich chorych, zwłaszcza gdy dodatkowo współistnieje u nich znaczne pozawałowe uszkodzenie funkcji lewej komory (frakcja wyrzutowa < 35%), powinno się wszczepić kardiowerter-defibrylator — postępowanie takie zwiększyło przeżywalność pacjentów w populacji badania MADIT aż o 54%.

W ocenie wartości rokowniczej wykrywanych w monitorowaniu holterowskim komorowych zaburzeń rytmu

należy brać pod uwagę nie tylko ich ilość oraz rodzaj, ale również stopień uszkodzenia pozawałowego serca oraz wywiad w kierunku wcześniejszych incydentów arytmii. Dlatego wprowadzona przed laty klasyfikacja arytmii według Lowna nie ma już dziś znaczenia prognostycznego, ale jest wykorzystywana jedynie jako forma opisu wyniku badania (tab. 3). Bardziej przydatna w aspekcie rokowniczym wydaje się natomiast klasyfikacja opracowana przez Biggera [7] (tab. 4).

Rozwój technik holterowskich umożliwił przekazywanie wyników monitorowania EKG przez telefon. Ta metoda ma istotną wartość w prewencji u pacjentów z chorobami układu krążenia — pozwala na skrócenie czasu od wystąpienia objawów związanych z arytmią do zastosowania odpowiedniego leczenia, które niejednokrotnie ratuje życie.

Elektrokardiografia holterowska jest przydatna również w ocenie skuteczności leków stosowanych w zaburzeniach rytmu oraz w wykrywaniu ich ewentualnego

Tabela 3. Klasyfikacja według Lowna komorowych zaburzeń rytmu rejestrowanych w czasie 24-godzinnego monitorowania EKG metodą Holtera

Stopień 0	Zapis bez komorowych zaburzeń rytmu
Stopień I	Pojedyncze pobudzenia komorowe w liczbie < 30/h
Stopień II	Pojedyncze pobudzenia komorowe w liczbie > 30/h
Stopień III A	Wieloośrodkowe pojedyncze pobudzenia komorowe
Stopień III B	Bigeminia komorowa
Stopień IV A	Złożone formy arytmii komorowej — pary
Stopień IV B	Złożone formy arytmii komorowej — salwy
Stopień V	Pobudzenia komorowe o krótkim czasie sprzężenia (typu R/T)

Tabela 4. Klasyfikacja według Biggera komorowych zaburzeń rytmu rejestrowanych w czasie 24-godzinnego monitorowania EKG metodą Holtera [7]

	Arytmia łagodna	Arytmia potencjalnie złośliwa	Arytmia złośliwa
Rodzaj arytmii	Najczęściej prosta	Najczęściej złożona	Zawsze złożona
Organiczna choroba serca	Brak	Obecna (różne nasilenie)	Obecna (poważna)
Objawy kliniczne	Brak	Obecne	Obecne (zwykle poważne)
Ryzyko nagłego zgonu	Niewielkie	Umiarkowane	Wysokie

Tabela 5. Kryteria rozpoznania proarytmii komorowej na podstawie 24-godzinnego monitorowania EKG metodą Holtera [8]

Arytmia w wyjściowym monitorowaniu holterowskim	Kryterium proarytmii w kontrolnym monitorowaniu holterowskim
10–50 pobudzeń pojedynczych/h	Wzrost liczby pobudzeń/h > 10 razy
51–100 pobudzeń pojedynczych/h	Wzrost liczby pobudzeń/h > 5 razy
101–300 pobudzeń pojedynczych/h	Wzrost liczby pobudzeń/h > 4 razy
> 300 pobudzeń pojedynczych/h	Wzrost liczby pobudzeń/h > 3 razy
Pary lub wstawki niepodtrzymującego się częstoskurczu komorowego	Wzrost liczby zaburzeń rytmu > 10 razy
Podtrzymujący się częstoskurcz komorowy	Nowa postać morfologiczna arytmii (lub jej wystąpienie, gdy w badaniu wyjściowym była nieobecna)

działania proarytmicznego. W tabeli 5 przedstawiono opracowane przez Morganrotha i wsp. [8] kryteria rozpoznawania proarytmii na podstawie wyniku monitorowania EKG metodą Holtera.

Arytmia nadkomorowa ma mniejsze znaczenie prognostyczne, jednak jej rozpowszechnienie jest znaczne. Migotanie przedsionków stanowi najczęstszy rodzaj zaburzeń rytmu serca w populacji ogólnej. Monitorowanie holterowskie ułatwia wykrywanie krótkotrwałych napadów tej arytmii trudnych do wychwycenia za pomocą standardowego zapisu EKG. Ma to istotne implikacje kliniczne, gdyż chorzy z napadowym migotaniem przedsionków wymagają z reguły nie tylko leczenia przeciwararytmicznego, ale również prewencji powikłań zatorowych. Krótkotrwałe epizody migotania przedsionków są często odczuwane jako nieprzyjemne kołatanie serca. Należy jednak podkreślić, że to właśnie dzięki metodzie Holtera wiadomo, że subiektywne odczucie zaburzenia rytmu serca ma nierzadko tło psychogenne i nie zawsze wiąże się z obecnością arytmii w zapisie EKG.

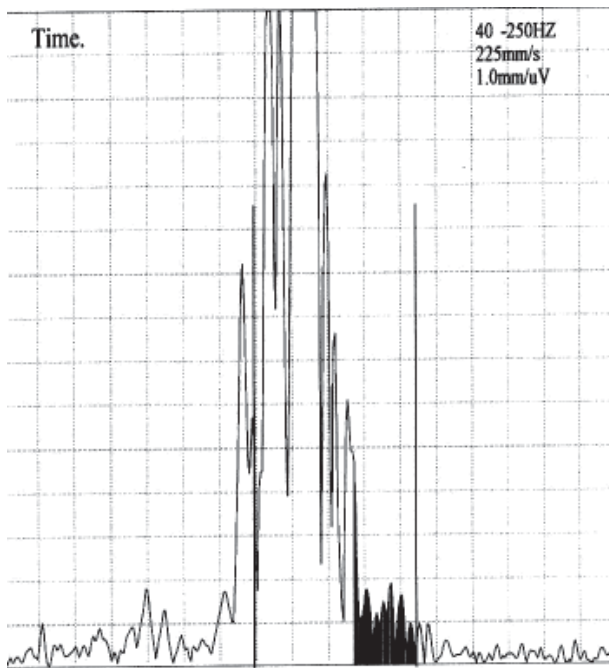
Zaburzenia rytmu serca mogą wywoływać krótkotrwałe napady utraty przytomności. Diagnostyka omdleń stanowi trudne wyzwanie kliniczne. Monitorowanie holterowskie może być pomocne w ustaleniu przyczyny nawracających omdleń, jednak według najnowszych zaleceń nie powinno być ono podstawową metodą diagnostyczną, zwłaszcza u pacjentów bez potwierdzonej choroby serca oraz z małym prawdopodobieństwem obecności groźnych zaburzeń rytmu [9].

HOLTEROWSKA ANALIZA ELEKTROKARDIOGRAMU WYSOKIEGO WZMOCNIENIA

Elektrokardiografia wysokiego wzmocnienia umożliwia detekcję późnych potencjałów komorowych — niskonapię-

ciowych, mikrowoltowych oscylacji występujących w końcowym fragmencie zespołu QRS. Ocena obecności późnych potencjałów wymaga zapisu EKG o idealnej jakości, pozbawionego artefaktów. W wypadku metody Holtera, której istotą jest ciągła rejestracja EKG w czasie normalnej aktywności pacjenta, uzyskanie wymaganej jakości zapisu może przysparzać trudności. Dlatego należy bardzo starannie przygotować skórę pacjenta do badania i wybrać odpowiedni rodzaj elektrod do całodobowego monitorowania EKG. Wprowadzenie cyfrowych rejestratorów holterowskich umożliwiło wiarygodną i powtarzalną analizę późnych potencjałów komorowych. Ich obecność wiąże się z istnieniem tak zwanego substratu arytmogennego, czyli strefy zwolnionego przewodzenia w mięśniu sercowym, w której mogą powstawać arytmie w mechanizmie pobudzenia nawrotnego. Substratem arytmogennym może być na przykład bliźna po przebytym zawale serca. Na rycinie 1 przedstawiono wynik analizy czasowej uśrednionego zapisu EKG wysokiego wzmocnienia u pacjenta z obecnymi późnymi potencjałami komorowymi. By uzyskać, widoczny na rycinie, uśredniony QRS, należy dokonać zapisu EKG z 3 odprowadzeń ortogonalnych: X, Y, Z. Sygnały odebrane z tych odprowadzeń są następnie wzmacniane kilka do kilkudziesięciu tysięcy razy i przepuszczane przez filtr dwukierunkowy w paśmie od 24 lub 40 Hz do 250 Hz. U pacjentów bez zaburzeń przewodzenia śródkomorowego warunkiem stwierdzenia obecności późnych potencjałów komorowych jest spełnienie przynajmniej 2 kryteriów opracowanych przez Simsona [10], do których należą:

- czas trwania uśrednionego zespołu QRS > 114 ms;
- amplituda jego końcowych 40 ms < 20 μ V;
- czas trwania jego końcowej części o amplitudzie mniejszej niż 40 μ V > 38 ms.



Rycina 1. Późne potencjały komorowe widoczne w obrębie końcowych 40 ms uśrednionego zespołu QRS

Uważa się, że w ocenie zagrożenia nagłym zgonem sercowym po przebytych zawale EKG wysokiego wzmocnienia wykazuje przede wszystkim wysoką negatywną wartość predykcyjną, sięgającą 98%.

Rozwój technik holterowskich umożliwił analizę elektrokardiogramu wysokiego wzmocnienia również metodą widmową, jednak jej przydatność w szacowaniu ryzyka pacjentów z chorobami układu krążenia nie jest jeszcze udokumentowana.

HOLTEROWSKA OCENA AKTYWNOŚCI AUTONOMICZNEGO UKŁADU NERWOWEGO

Fizjologiczny rozrusznik serca — węzeł zatokowy — podlega modulacji nerwowej ze strony autonomicznego układu nerwowego. Składa się on z części współczulnej i parasympatycznej, które działają w stosunku do siebie antagonistycznie. Odzwierciedlenie wpływu autonomicznego układu nerwowego na serce stanowi zmienność rytmu zatokowego (HRV, *heart rate variability*), którą można rejestrować za pomocą większości nowoczesnych systemów holterowskich. Analizy HRV dokonuje się metodą czasową lub częstotliwościową (widmową). Analiza czasowa wymaga długiego okresu rejestracji EKG i można ją wykonywać nawet z pełnych zapisów 24-godzinnych (tab. 6). Natomiast analiz częstotliwościowych zaleca się dokonywać z krótkich, kilkuminutowych fragmentów EKG (tab. 7).

Tabela 6. Parametry określane w analizie zmienności rytmu zatokowego metodą czasową

SDNN	Odchylenie standardowe wszystkich odstępów RR rytmu zatokowego
SANN	Odchylenie standardowe od średniej w kolejnych 5-minutowych seriach odstępów RR 24-godzinnego zapisu EKG
rMSSD	Pierwiastek kwadratowy ze średniej sumy kwadratów różnic między kolejnymi odstępami RR
pNN50	Odsetek różnic między kolejnymi odstępami RR przekraczających 50 ms
Indeks trójkąta	Całkowita liczba odstępów RR podzielona przez liczbę odstępów RR o najczęściej spotykanym czasie trwania

Tabela 7. Podział widma na przedziały stosowany w analizie zmienności rytmu zatokowego metodą częstotliwościową

Nazwa parametru	Zakres częstotliwości
ULF	0–0,0033 Hz
VLF	0,0033–0,04 Hz
LF	0,04–0,15 Hz
HF	0,15–0,4 Hz

ULF (*ultra low frequency*) — ultraniskie częstotliwości; VLF (*very low frequency*) — bardzo niskie częstotliwości; LF (*low frequency*) — niskie częstotliwości; HF (*high frequency*) — wysokie częstotliwości

Opublikowano liczne prace dostarczające eksperymentalnych i klinicznych dowodów na ścisły związek między HRV, niedokrwieniem mięśnia sercowego i występowaniem letalnych arytmii. Wykazano, że obniżona zmienność rytmu zatokowego jest niezależnym czynnikiem ryzyka chorych z ostrym zawałem serca. W tej grupie pacjentów, z uwagi na dużą niestabilność we wczesnym okresie choroby, aby uzyskać miarodajne wyniki, zaleca się wykonywanie analiz HRV nie wcześniej niż w 7. dobie zawału.

Najlepiej sprawdzonym parametrem analizy zmienności rytmu zatokowego jest SDNN, którego obniżenie poniżej 50 ms sugeruje niekorzystne rokowanie [11]. Obserwacje te potwierdzono w erze leczenia trombolitycznego. Zuanetti i wsp. [12] wykazali w populacji badania GISSI II, że u pacjentów z SDNN poniżej 70 ms śmiertelność pozawałowa jest znacznie wyższa. Potwierdzenie znaczenia HRV jako niezależnego parametru związanego ze zwiększoną śmiertelnością po zawale serca uzyskano w dużym badaniu prospektywnym *Autonomic Tone and Reflexes After Myocardial Infarction* (ATRAMI) [13]. Parame-

try analizy widmowej HRV również okazały się przydatne w ocenie rokowania pacjentów chorobą wieńcową. Singh i wsp. [14] potwierdzili obecność związku między wskaźnikiem LF/HF a śmiertelnością w 30 dni po zawale serca. Z kolei Bonaduce i wsp. [15], w grupie pacjentów po skutecznym zabiegu angioplastyki wieńcowej (PTCA, *percutaneous transluminal coronary angiography*), wykazali związek między obecnością odwracalnych zaburzeń kurczliwości mięśnia lewej komory a zmianami parametrów analizy spektralnej HRV. Jednak z uwagi na brak standaryzacji metod badawczych i trudności w spełnieniu warunku stacjonarności zapisu analiza częstotliwościowa HRV wydaje się mniej przydatna w określaniu rokowania pacjentów z chorobą niedokrwienną serca niż analiza czasowa.

Wprowadzenie badania HRV do diagnostyki schorzeń układu sercowo-naczyniowego ma również pewne implikacje terapeutyczne.

Wykazanie większej śmiertelności po zawale serca i wyższego odsetka nagłych zgonów sercowych u pacjentów z obniżoną aktywnością parasympatyczną i podwyższoną aktywnością współczulną skłoniło do poszukiwania metod farmakoterapii pozwalającej na korzystną modyfikację wpływu autonomicznego układu nerwowego na serce. Dotychczas najbardziej skuteczne po zawale serca oka-

zało się hamowanie aktywności współczulnej za pomocą leków β -adrenolitycznych. Natomiast próby stosowania antagonistów receptorów muskarynowych w celu wzmocnienia modulacji parasympatycznej nie przyniosły dotychczas pożądanych efektów.

Nową metodą stosowaną do oceny ryzyka po przebytym zawale serca, prawdopodobnie związaną z aktywnością przywspółczulną, jest turbulencja rytmu zatokowego (HRT, *heart rate turbulence*). Tym mianem określono fluktuacje długości odstępu RR pobudzeń zatokowych następujących tuż po przedwczesnym skurczu pochodzenia komorowego. Prawidłowa turbulencja rytmu serca polega na wczesnym zwolnieniu, a następnie przyspieszeniu częstotliwości wyładowań węzła zatokowego po dodatkowym skurczu komorowym. W zapisie EKG obserwuje się początkowe skrócenie, a następnie wydłużenie odstępów RR (ryc. 2). Turbulencję rytmu zatokowego określają dwa proste parametry: początek turbulencji (wartości uznawane za patologiczne to $\geq 0\%$) oraz jej nachylenie (wartości uznawane za patologiczne to $< 2,5$ ms/odstęp RR). Duże zainteresowanie turbulencją rytmu zatokowego wzbudziło badanie Schmidta i wsp. [16], którzy wykazali jej przydatność w szacowaniu ryzyka zgonu po zawale serca. Obserwacja ta została następnie potwierdzona przez innych autorów.



Rycina 2. Prawidłowa turbulencja rytmu zatokowego w monitorowaniu holterowskim

Pojawiły się również doniesienia na temat przydatności HRT w ocenie prognostycznej pacjentów z innymi chorobami układu krążenia [17–19].

W badaniach własnych ustaliliśmy celowość oceny dynamiki zmian HRT w obserwacji odległej. Zmiany te przybierają niekorzystny kierunek w grupach chorych na cukrzycę, palących tytoń oraz cechujących się nieprawidłowymi parametrami analizy czasowej HRV [20, 21].

Należy jeszcze wspomnieć, że rokownicza wartość HRT jest niezależna od wpływu stosowanych leków, w czym upatruje się przewagi tej metody nad analizą HRV w szacowaniu ryzyka pacjentów z chorobami układu krążenia.

HOLTEROWSKA OCENA OKRESU REPOLARYZACJI

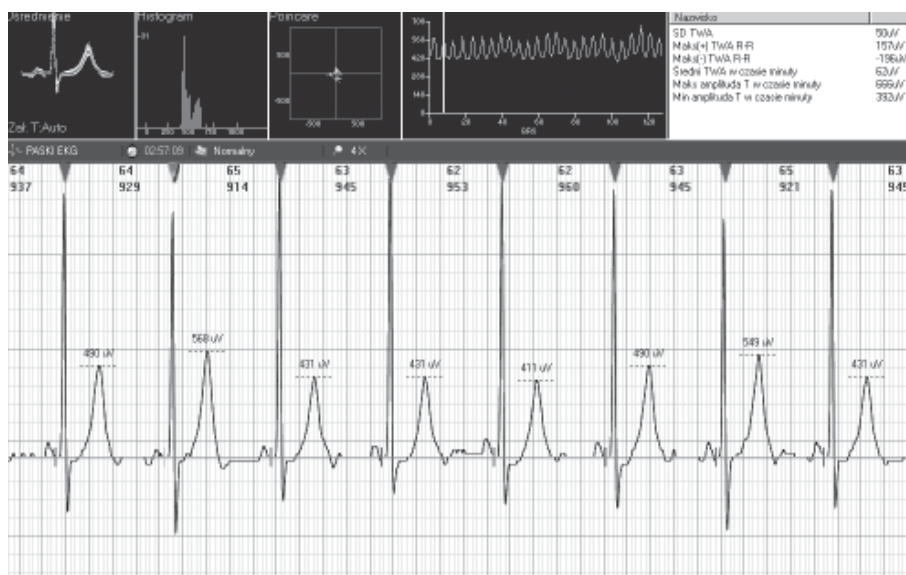
Okresowi repolaryzacji mięśnia komór w zapisie EKG odpowiada odstęp QT. Jego wydłużenie wskazuje na zwiększone ryzyko wystąpienia groźnych arytmii komorowych (w tym częstoskurczu typu „torsade de pointes”). Interesującym parametrem prognostycznym okazała się dyspersja QT, czyli różnica między długością odstępu QT rejestrowanym w poszczególnych odprowadzeniach. W monitorowaniu holterowskim dyspersję QT można obliczać z trzech odprowadzeń ortogonalnych. Wprowadzenie 12-kanalowych rejestratorów holterowskich znacznie zwiększyło możliwości holterowskiej analizy dyspersji QT.

Prawidłowe wartości dyspersji QT wynoszą 20–50 ms dla standardowego zapisu 12-odprowadzeniowego EKG

i 10–30 ms dla układu trzech odprowadzeń ortogonalnych. Wydłużenie tej wartości wykazuje zależność ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia zgonów o podłożu arytmicznym. Ze szczególnie złym rokowaniem wiąże się wydłużenie dyspersji QT powyżej 100 ms.

Monitorowanie holterowskie stwarza też możliwość tak zwanej dynamicznej analizy QT, czyli odnoszenia jej do częstości rytmu zatokowego. Wykazano, że przebieg linii regresji QT/RR jest odmienny u osób zdrowych oraz u pacjentów po przebytych zawale serca powikłanym częstoskurczem komorowym lub nagłą śmiercią sercową. Jednak brak standaryzacji stosowanego obecnie sprzętu i problemy metodyczne komputerowej analizy QT nie pozwoliły dotychczas na ustalenie jednoznacznie obowiązujących zakresów norm holterowskiej oceny okresu repolaryzacji. Dlatego do tej pory nie potwierdzono przewagi analizy holterowskiej nad manualnymi pomiarami QT i jego rozproszenia w standardowym 12-odprowadzeniowym zapisie EKG.

Nowe systemy holterowskie stwarzają możliwość analizy zmienności załamka T (tzw. alternansu załamka T–TWA) (ryc. 3). Wykazano, że niemożliwe do wychwycenia gołym okiem mikrowoltowe zmiany amplitudy załamków T kolejnych ewolucji w zapisie EKG silnie korelują z występowaniem nagłego zgonu sercowego na podłożu groźnych dla życia arytmii [22]. Ocena TWA przeprowadzano dotychczas w czasie próby wysiłkowej, badania elektrofizjologicznego lub prób farmakologicz-



Rycina 3. Holterowska analiza alternansu załamka T

nych służących do przyspieszenia pracy serca. Przydatności monitorowania holterowskiego do oceny mikro-woltowej zmienności załamka T jeszcze nie potwierdzono, ale pojawiają się już doniesienia o skuteczności tej metody w przewidywaniu wystąpienia groźnych arytmii komorowych u pacjentów z implantowanym kardiowerterem-defibrylatorem.

PODSUMOWANIE

Fizyk Norman Holter opracował metodę ambulatoryjnej całodobowej rejestracji EKG w 1961 roku. Przez ponad 40 lat znacząco się ona zmieniała. Choć zasada badania

pozostała ta sama, na skutek olbrzymiego postępu technicznego, który dokonał się w tym czasie, aparatura do monitorowania holterowskiego uległa miniaturyzacji i nie stwarza dziś pacjentom praktycznie żadnych ograniczeń. Rozwój komputeryzacji oraz wprowadzenie technik cyfrowych umożliwiły wzbogacenie metody o wiele nowych analiz. Dzięki temu monitorowanie EKG metodą Holtera zmieniło swoje oblicze i z techniki umożliwiającej ocenę stanu pacjenta w przeszłości, gdy nosił on rejestrator, przekształciło się w badanie monitorujące zagrożenie wystąpieniem nowych incydentów kardiologicznych, a zwłaszcza nagłego zgonu sercowego.

PIŚMIENNICTWO

- Kadish A.H., Buxton A.E., Kennedy H.L. i wsp. ACC/AHA clinical competence statement on electrocardiography and ambulatory electrocardiography: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association/American College of Physicians/American Society of Internal Medicine Task Force on Clinical Competence (ACC/AHA Committee to Develop a Clinical Competence Statement on Electrocardiography and Ambulatory Electrocardiography). *JACC* 2001; 38: 2091–2100.
- Deedwania P.C., Carbajal E.V. Silent ischemia during daily life is an independent predictor of mortality in stable angina. *Circulation* 1990; 81: 748–756.
- Kurpesa M., Krzemińska-Pakuła M., Bednarkiewicz Z., Trzos E., Kośmider M. Ischaemic episodes detected by early exercise test and Holter monitoring after myocardial infarction: which are of most prognostic value? *Coronary Artery Disease* 1996; 7: 789–796.
- Ruberman W., Crow R., Rosenberg C. R. i wsp. Intermittent ST depression and mortality after myocardial infarction. *Circulation* 1992; 85: 1440–1446.
- Statters D.J., Malik M., Redwood S. i wsp. Use of ventricular premature complexes for risk stratification after acute myocardial infarction in the thrombolytic era. *Am. J. Cardiol.* 1996; 77: 133–138.
- Moss A.J. Update on MADIT: the Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial. *Am. J. Cardiol.* 1997; 79 (supl. 6A): 16–19.
- Bigger J.T. Jr. Definition of benign versus malignant ventricular arrhythmias: targets for treatment. *Am. J. Cardiol.* 1983; 52 (supl. C): 47C–54C.
- Morganroth J., Borland M., Chao G. Application of a frequency definition of ventricular proarrhythmia. *Am. J. Cardiol.* 1987; 59: 97–101.
- Guidelines on Management (Diagnosis and Treatment) of Syncope — Update 2004. Executive Summary. The Task Force on Syncope, European Society of Cardiology. *Eur. Heart J.* 2004; 25: 2054–2072.
- Simson M.B. Signal-averaged electrocardiography. W: Zipes D.P., Jalife J. (red.). *Cardiac Electrophysiology: From Cell to Bedside*. Wyd. 2. WB Saunders Company, Philadelphia 1994: 1038.
- Heart Rate Variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Eur. Heart J.* 1996; 17: 354–381.
- Zuanetti G., Neilson J.M., Latini R. i wsp. Prognostic significance of heart rate variability in post-myocardial infarction patients in the fibrinolytic era. The GISSI-2 results. *Circulation* 1996; 94: 432–436.
- La Rovere M.T., Bigger J.T., Marcus F.I. i wsp. Baroreflex sensitivity and heart rate variability in prediction of total cardiac mortality after myocardial infarction. *Lancet* 1998; 351: 478–484.
- Singh N., Mironov D., Armstrong P.W. i wsp. Heart rate variability assessment early after acute myocardial infarction. *Circulation* 1996; 93: 1388–1395.
- Bonaduce D., Petretta M., Piscione F. i wsp. Influence of reversible segment left ventricular dysfunction on heart period variability in patients with one-vessel coronary artery disease. *JACC* 1994; 24: 399–405.
- Schmidt G., Malik M., Barthel P. i wsp. Heart-rate turbulence after ventricular premature beats as a predictor of mortality after acute myocardial infarction. *Lancet* 1999; 353: 1390–1396.
- Koyama J., Watanabe J., Hamada A. i wsp. Evaluation of heart rate turbulence as a new prognostic marker in patients with chronic heart failure. *Circ.J.* 2002; 66: 902–907.
- Kawasaki T., Azuma A., Asada S. i wsp. Heart rate turbulence and clinical prognosis in hypertrophic cardiomyopathy and myocardial infarction. *Circ. J.* 2003; 67: 601–604.
- Poręba R., Derkacz A., Silber M., Andrzejak R. Assessment of cardiac arrhythmias in patients suffering from essential hypertension. *Pol. Arch. Med. Wew.* 2004; 111: 183–189.
- Kurpesa M., Trzos E., Rechciński T., Krzemińska-Pakuła M. Dynamika turbulencji rytmu zatokowego w ciągu 12 miesięcy po zawale serca leczonym metodą pierwotnej angioplastyki wieńcowej — związek z czynnikami ryzyka obecnymi we wczesnym okresie pozabiegowym. *Pol. Przegl. Kardiol.* 2005; 7: 137–145.
- Kurpesa M., Trzos E., Szymczak W., Rechciński T., Krzemińska-Pakuła M. Dynamika turbulencji rytmu zatokowego po zawale serca leczonym metodą pierwotnej angioplastyki wieńcowej a wyniki wczesnego pozawalowego monitorowania EKG metodą Holtera. *Folia Cardiologica* 2005; 12: 428–436.
- Constantin O., Drabek C., Rosenbaum D.S. Can sudden cardiac death be predicted from the T wave of the ECG? A critical examination of T wave alternans and QT interval dispersion. *PACE* 2000; 23: 1407–1416.