



Wszczepialne rejestratory pętlowe EKG

Electrocardiographic implantable loop recorders

Karolina Gawryś¹, Jakub Gawryś¹, Julia Leśniewska²

¹ Dolnośląskie Centrum Onkologii, pl. Hirszfelda 12, 53-413 Wrocław, tel. +48 793 583 116, e-mail: karolina.maria.gawrys@gmail.com

² Wydział Lekarski, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu, Wybrzeże Pasteura 1, 50-367 Wrocław

Wprowadzenie

Badanie elektrokardiograficzne jest podstawowym etapem diagnostyki chorób serca, a w szczególności ostrych zespołów wieńcowych oraz zaburzeń rytmu. Największą zaletą tej techniki jest zarówno

126

Streszczenie

Badanie elektrokardiograficzne jest niezbędne w diagnostyce zaburzeń rytmu i choroby niedokrwiennej serca. Procedura ta mimo swoich zalet, jak łatwość wykonania i powszechna dostępność, ma też wady, z których najważniejszą jest krótkotrwałość zapisu krzywej EKG zmniejszająca czułość tej procedury. W celu eliminowania tych ograniczeń powstały modyfikacje tej techniki polegające przede wszystkim na przedłużeniu zapisu elektrokardiograficznego, jak ma to miejsce w metodzie Holtera, lub na zapisie EKG dokładnie w momencie wystąpienia objawów klinicznych z wykorzystaniem zewnętrznych wszczepialnych rejestratorów zdarzeń. Wszczepialne rejestratory pętlowe EKG pozwalają nie tylko na stały nadzór nad pacjentem, ale także skracają czas postawienia prawidłowej diagnozy oraz wiążące się z tym koszty procedur diagnostycznych oraz leczenia. Źródłem nowych możliwości jest rozwój telekomunikacji w medycynie pozwalający na wymianę specjalistycznych informacji o pacjencie na odległość oraz na wdrożenie odpowiednio szybko prawidłowego postępowania.

Słowa kluczowe: ILR, rejestratory pętlowe EKG, diagnostyka zaburzeń rytmu serca, omdlenia

Abstract

The ECG is essential in the diagnosis of arrhythmias and coronary heart disease. This procedure, despite of its advantages, such as widespread availability and simplicity, also has significant disadvantages. The most important of them is the brevity of the ECG record, which greatly reduce the sensibility of this examination. Because of these limitations modifications of ECG assessment was developed which are prolongation of the ECG recording, as in Holter monitoring, and ECG recording during the occurrence of clinical symptoms using external or implantable event recorders. Implantable loop recorders allow for not only the constant monitoring of the patient but they also shorten the necessary time for correct diagnosis of the disease and decrease costs of diagnostic procedures and treatment. The development of telemedicine creates new possibilities and enables the exchange of essential informations about the patient for long distances and quick implementation of the proper therapy.

Key words: ILR, ECG loop recorders, diagnosis of arrhythmias, syncope

otrzymano / received:

04.09.2017

poprawiono / corrected:

21.09.2017

zaakceptowano / accepted:

02.02.2018



badanie EKG często pozwala na szybkie postawienie odpowiedniej diagnozy, to szczególnie w przypadku napadowych, krótkotrwałych zaburzeń rytmu serca czułość tego badania jest zdecydowanie mniejsza. Brak wiedzy o elektrokardiograficznym charakterze występującej arytmii niewątpliwie wpływa nie tylko na utrudnienie procesu decyzyjno-leczniczego u danego pacjenta, ale też znacznie zwiększa koszty leczenia poprzez częstsze hospitalizacje chorych nieotrzymujących optymalnej farmakoterapii. Konieczność udoskonalenia diagnostyki oraz rozwój techniczny umożliwiły powstanie na przestrzeni lat nowych metod, począwszy od ciągłej elektrokardiografii ambulatoryjnej (metoda Holtera), kończąc na wszczepialnych rejestratorach pętlowych, które te metody zostaną przybliżone w niniejszym artykule.

Rys historyczny

Za początek rozwoju elektrokardiografii uważa się koniec XIX wieku, kiedy August Waller przy użyciu elektrometru kapilarnego zarejestrował aktywność elektryczną serca [1]. Pracę w tym kierunku kontynuował Willem Einthoven, który jako pierwszy użył galwanometru strunowego do wykonania elektrokardiogramu, czyli graficznej prezentacji aktywności elektrycznej serca, która jest rejestrowana z powierzchni ciała człowieka oraz opracował pierwsze układy odprowadzeń kończynowych. Odprowadzeniem nazywamy obwód elektryczny wytworzony przez dwa punkty pola elektrycznego na powierzchni ciała [2, 3]. Elektrody umieszczone na obu kończynach górnych oraz lewej kończynie dolnej tworzą trójkąt równoboczny, zwany trójkątem Einthovena [2]. Obecnie standardowe badanie EKG zostało poszerzone o dodatkowe pomiary, co łącznie obejmuje zapis potencjałów elektrycznych z 12 odprowadzeń, w tym z 3 odprowadzeń kończynowych dwubiegunowych (I, II, III), 3 odprowadzeń kończynowych jednobiegunowych (aVL, aVF, aVR) oraz 6 odprowadzeń przedsercowych jednobiegunowych (V_1 - V_6) [3]. Odprowadzenia kończynowe mają za zadanie wskazać zmiany pola elektrycznego w płaszczyźnie czołowej, a odprowadzenia przedsercowe ukazują zmiany pola elektrycznego w płaszczyznach poziomych [4]. Konwencjonalne badanie elektrokardiograficzne wykonuje się zwykle w pozycji leżącej, chociaż możliwe jest jego wykonanie także w pozycji siedzącej i stojącej. Pacjent nie może się poruszać ani napinać mięśni, a temperatura otoczenia powinna zapewnić komfort cieplny.

Elektrokardiografia spoczynkowa jest rutynowym badaniem, które można wykonać praktycznie każdej osobie i trwa zaledwie kilka sekund. Jest to zdecydowana zaleta szczególnie w stanach nagłych, takich jak ostry zespół wieńcowy z uniesieniem odcinka ST czy nagłe zatrzymanie krążenia. Istotnym ograniczeniem zmniejszającym czułość konwencjonalnego badania EKG jest jego krótkotrwałość i możliwość niezarejestrowania napadowych zaburzeń rytmu serca, co było bodźcem do rozwoju ciągłej elektrokardiografii ambulatoryjnej.

Ciągła elektrokardiografia ambulatoryjna

W 1949 roku Norman Holter skonstruował urządzenie umożliwiające ciągłe monitorowanie zapisu EKG. Obecnie badanie holterowskie pozwala na prowadzenie zapisu przez 24 h, 48 h, a nawet 7 i więcej dni. Elektrody, w liczbie od 2 do 12, umieszczone na powierzchni ciała rejestrują sygnał elektryczny pracy serca, który następnie jest przetwarzany przez program komputerowy, umożliwiający lekarzowi jego interpretację [5, 6]. Dwunastoodprowadzeniowy zapis zwiększa czułość i swoistość tej metody w wykrywaniu niedokrwienia mięśnia sercowego, zmian położenia odcinka ST, ułatwia ocenę arytmii nadkomorowych i komorowych [5]. Badanie metodą holterowską wskazane jest w szczególnych sytuacjach, do których należą między innymi: niewyjaśnione omdlenia i stany przedomdleniowe przy podejrzeniu ich arytmogennej przyczyny, ocena skuteczności leczenia antyarytmicznego oraz zmienności rytmu serca, wykrywanie napadowego migotania/trzepotania przedsionków, ocena niemego niedokrwienia i innych [6]. Jest ono często stosowane w praktyce klinicznej ze względu na niski koszt, możliwość wykonania praktycznie w każdym ośrodku kardiologicznym, umożliwienie ciągłej rejestracji rytmu serca oraz dobrej interpretacji przez wykwalifikowanych lekarzy. Urządzenie ma także tzw. przycisk zdarzenia, dzięki któremu pacjent może zasygnalizować wystąpienie w określonym momencie objawów klinicznych, co ułatwia interpretację zapisu i zestawienie występujących objawów z krzywą EKG. Do najważniejszych wad tego urządzenia należą między innymi niewygodność pacjenta podczas snu, niemożność kąpieli, ograniczenie wykonywania czynności codziennych [4, 6].

Rejestratory zdarzeń

Kolejnymi przyrządami używanymi w diagnostyce zaburzeń rytmu serca są rejestratory zdarzeń CER (*Cardiac Event Recorders*). Badanie tym urządzeniem, w przeciwieństwie do badania holterowskiego, polega na rejestracji jedynie krótkich fragmentów EKG, które są związane z występowaniem objawów klinicznych, a nie ciągłym 24-godzinnym monitorowaniem. Metoda pozwala w sposób pewny ustalić podłoże odczuwanych przez pacjenta kołatań serca, bólu czy występujących omdleń. Wśród CER wyróżnić możemy „loop monitor” oraz urządzenia typu TAM-2. „Loop monitor” wykorzystywane są do zapisu EKG głównie w trakcie epizodu utraty przytomności, zasłabnięcia, kołatania serca czy duszności. Do przeprowadzenia odpowiedniego zapisu konieczna jest współpraca pacjenta, który podczas wystąpienia niepokojących objawów naciska przycisk uruchamiający zapis. Zachowywany jest wówczas zapis obejmujący około 15 minut poprzedzający wystąpienie objawów, moment epizodu oraz kilka minut po nim [6, 7]. Monitor TAM-2 jest urządzeniem, które umieszcza się na klatce piersiowej dopiero w trakcie wystąpienia objawów. Znacznym ograniczeniem przydatności tego systemu jest to, że często pacjenci nie zdążają odpowiednio szybko udokumentować zdarzenia.

Zewnętrzne rejestratory EKG używane są u pacjentów, u których odstęp między epizodami objawów wynosi poniżej

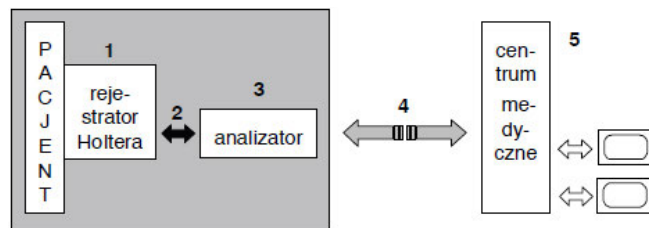


4 tygodni [7]. Badania porównujące diagnostykę zaburzeń rytmu serca za pomocą rejestratorów zdarzeń z 24-godzinnyim badaniem metodą Holtera, przeprowadzone przez Balmelli i wsp., wykazały lepsze wyniki w przypadku CER. Związane jest to z tym, że u ponad 50% pacjentów pierwsze zaburzenia rytmu serca wystąpiły po 24 godzinach od rozpoczęcia monitorowania, a aż u 80% doszło do tego w ciągu pierwszego tygodnia. Dodatkowo stwierdzono mniejsze koszty przeprowadzenia badania za pomocą CER. Znaczącą wadą w tym przypadku jest bezwzględna konieczność współpracy pacjenta [8].

EKG w telemedycynie

Koniec XX wieku to okres ogromnego postępu technologicznego w dziedzinie telemedycyny. Usługi telemedyczne w chwili obecnej obejmują teleradiologię, telekardiologię, telepatomologię, teleonkologię, telechirurgię i inne. Mimo niskiej świadomości Polaków stają się one coraz bardziej rozpowszechnione i są używane nie tylko przez zespoły ratownictwa medycznego, ale także przez samych pacjentów [9, 10]. Tele – EKG coraz częściej stosowane jest przez podstawowe zespoły wyjeżdżające do pacjentów z bólami stenokardialnymi i zaburzeniami rytmu serca. Karetki wyposażone są w urządzenia umożliwiające wykonanie 12 odprowadzeniowego EKG, pomiar ciśnienia, tętna, saturacji i natychmiastowego przesłania tych danych do ośrodków kardiologicznych. Szybka analiza przez doświadczonego kardiologa umożliwia wdrożenie najlepszego możliwego postępowania w jak najkrótszym czasie: wdrożenia leczenia fibrynolitycznego, przygotowania pracowni hemodynamicznej lub poinstruowania zespołu, jak postępować z pacjentem. Teletransmisje wykonywane przez zespoły ratownictwa medycznego obniżają także znacząco koszty leczenia pacjentów z ostrymi zespołami wieńcowymi, co związane jest z szybkim rozpoczęciem odpowiedniego leczenia, obniżeniem kosztów transportu oraz leczenia powikłań [11]. Obecnie w Polsce znajduje się 88 stacji odbiorczych, urządzenia nadawcze znajdują się w około 900 ambulansów i są to głównie defibrylatory typu Lifepac i Zoll. Systemy Lifepac bazują na przesyłaniu danych do Medycznej Stacji Odbiorczej za pośrednictwem Bluetooth, zaś systemy Zoll umożliwiają transmisję przez zwykły telefon komórkowy – transmisja w systemie Dial Up Networking lub przez Palmtop/Smartfon poprzez połączenie z siecią komórkową lub Internetem [10, 12].

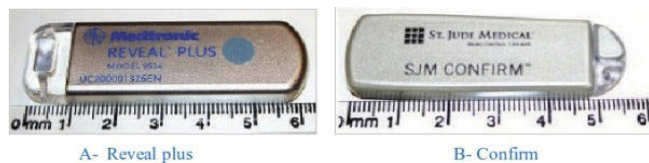
Kolejną możliwością wykorzystania telekomunikacji w medycynie są aparaty Tele – EKG, które pacjent posiada dla własnego użytku. Głównymi wskazaniami do zastosowania takiego urządzenia są niewyjaśnione omdlenia z podejrzeniem ich arytmogenicznej przyczyny, objawy występujące rzadko, np. raz na pół roku oraz przeprowadzanie rehabilitacji kardiologicznej [6]. Zapis prowadzony jest w czasie rzeczywistym. Wysłany jest on do Centrum Nadzoru, gdzie czuwa nad nim kardiolog, który w razie sytuacji krytycznej kontaktuje się telefonicznie z pacjentem w celu przekazania mu odpowiednich wskazówek. Przesyłanie danych odbywa się zazwyczaj poprzez sieć GSM/GPRS, telefonię komórkową, łącze Bluetooth lub Wi-Fi [4, 12]. System zdalnego nadzoru kardiologicznego niesie ze sobą ogromne możliwości diagnostyczne. Sygnał przesyłany jest nieprzerwanie do centrali, bez konieczności ingerencji pacjenta. Urządzenie może być założone na czas nieokreślony i nie jest ono uciążliwe dla pacjenta [6].



Rys. 1 Przykładowy schemat działania systemu zdalnego nadzoru kardiologicznego. W tym przypadku sygnał EKG nie jest przesyłany w sposób ciągły. Do centrum przesyłane są jedynie komunikaty z opisanym fragmentem analizy
Źródło: [12].

Wszczepialne rejestratory pętlowe

Diagnostyka napadowych zaburzeń rytmu serca jest również możliwa za pomocą wszczepialnych rejestratorów pętlowych ILR (ang. *implantable loop recorder*). Jest to małe, liczące kilka centymetrów, urządzenie elektroniczne ważące ok. 17 g, które rejestruje EKG przez kilkadziesiąt minut (Fot. 2) [13, 14].

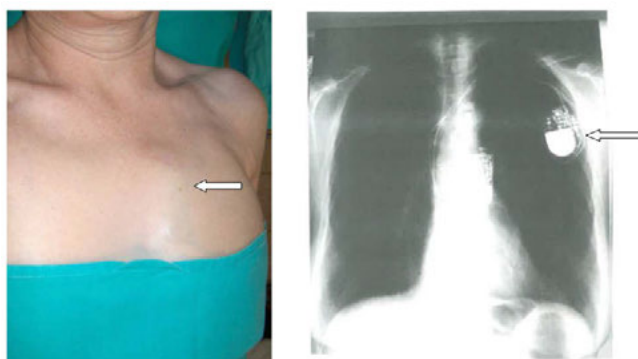


Fot. 2 Modele wszczepialnych rejestratorów arytmii, A- model Reveal plus firmy Medtronic, model SJM Confirm firmy St. Jude Medical
Źródło: [14].

Niewątpliwą zaletą ILR jest łatwość jego aplikacji. W tym celu przeprowadzony zostaje krótki, mało inwazyjny zabieg chirurgiczny, trwający tylko kilkanaście minut i niewiążący się z umieszczeniem elektrod w sercu. Zamiast tego urządzenie zostaje umieszczone podskórnie (najczęściej po lewej stronie mostka, na przedniej ścianie klatki piersiowej), a pacjent w tym czasie poddany zostaje znieczuleniu miejscowemu. Ponadto jest to urządzenie proMRI, co oznacza, że przeprowadzenie badania



Fot. 1 Zestaw do transmisji EKG, używany przez zespoły ratownictwa medycznego
Źródło: [10].



Fot. 3 Miejsce wszczepienia rejestratora pętlowego EKG (białe strzałki): a) rejestrator widoczny pod skórą klatki piersiowej [15]; b) rejestrator widoczny na zdjęciu RTG klatki piersiowej. Źródło: [13].

rezonansem magnetycznym jest możliwe i nie stanowi zagrożenia u pacjentów ze wszczepionym ILR [15].

Wszczepialne rejestratory pętlowe mają szczególne znaczenie w diagnostyce niewyjaśnionych omdleń, występujących rzadziej niż raz w miesiącu, wtedy, kiedy rutynowe procedury, jak np. standardowe EKG czy EKG metodą Holtera, nie rejestrują niepokojących zmian [16]. Zgodnie z wytycznymi, ILR wszczepia się również u chorych z podejrzeniem padaczki lub neurogennego tła omdlenia, a także u pacjentów: z blokiem odnogi pęczka Hisa, u których podejrzewa się napadowy blok przedsionkowo-komorowy lub mających organiczną chorobę serca w przypadku istnienia prawdopodobieństwa wystąpienia tachyarytmii komorowej [17]. Oprócz omdleń, wskazaniem do wszczepienia rejestratora pętlowego są też kołatania serca (również epizodyczne) oraz podejrzenie występowania niemego migotania przedsionków [15, 18].

Kolejną zaletą ILR jest czas, w którym może być rejestrowana praca serca: bateria urządzenia działa nawet do 3 lat, natomiast pamięć zarejestrowanych zdarzeń EKG wynosi maksymalnie 49 minut [15]. Istnieją dwie możliwości rozpoczęcia rejestru podczas epizodu omdlenia. Pierwsza z nich polega na manualnej aktywacji urządzenia przez pacjenta albo przez świadka zdarzenia, krótko po epizodzie omdlenia. Drugą możliwością jest automatyczna rejestracja zdarzeń sercowych podczas utraty przytomności lub wystąpienia innych klinicznych objawów. Stała pamięć ILR pozwala na przechowywanie w urządzeniu wszystkich zapisanych rejestrów pracy serca aż do momentu ich odczytu przez lekarza. Niektóre ze wszczepialnych rejestratorów arytmii mają możliwość teletransmisji zarejestrowanych fragmentów EKG, przez co konsultacja lekarska może odbyć się na odległość. Jest to znaczne udogodnienie dla pacjenta pozwalające zarówno na oszczędność czasu, jak i pieniędzy [17]. Po odczycie EKG istnieje możliwość jego wydrukowania, a następnie wyczyszczenia pamięci rejestratora.

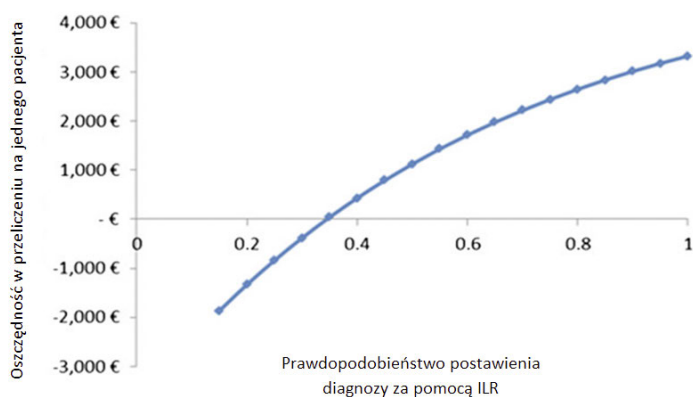
Wszczepialne rejestratory pętlowe nie są jednak urządzeniami idealnymi. Przy analizie

zarejestrowanego automatycznie EKG należy zwrócić szczególną uwagę na to, że ILR często cechują się nadmierną czułością, co prowadzi do zapełnienia wolnej pamięci przez artefakty, które powstają przeważnie w wyniku drżenia mięśni szkieletowych, a interpretowane są jako zaburzenia rytmu serca. Do wad innych ILR zaliczyć także należy: trudność w różnicowaniu nadkomorowych od komorowych zaburzeń rytmu serca czy wysoki koszt samego urządzenia [15, 17].

Mimo że procedura wszczepienia rejestratora pętlowego jest rzeczywiście kosztowna, to jest to bardziej opłacalna ścieżka diagnostyczna niewyjaśnionych omdleń w porównaniu z wieloma standardowymi badaniami, jakie musi przejść pacjent, na drodze do poznania przyczyny utrat przytomności [19]. Niestety w Polsce nadal są one rzadko stosowane. Od 2004 do 2008 roku wszczepiono zaledwie 90 rejestratorów pętlowych, kiedy realne zapotrzebowanie to około 1200 takich urządzeń rocznie. Taka sytuacja wynika z faktu, że implantacja ILR nie widnieje na liście procedur lecznictwa szpitalnego, które finansowane są przez Narodowy Fundusz Zdrowia. Dlatego, aby uzyskać fundusze na przeprowadzenie zabiegu, trzeba za każdym razem starać się o zgodę wojewódzkiego oddziału NFZ dla szpitala przeprowadzającego procedurę implantacji. Z powodu tych trudności wszczepianie rejestratorów pętlowych to nadal mało powszechne narzędzie diagnostyczne w Polsce, w konsekwencji tego trudno uzyskać aktualne dane dotyczące procedury implantacji ILR [20, 21].

Takie badania zostały natomiast przeprowadzone w Portugalii. Wynika z nich, że wykorzystanie ILR w diagnostyce niewyjaśnionych omdleń prowadzi do: szybszego postawienia ostatecznego rozpoznania, zdecydowanie rzadszej konieczności hospitalizacji, a w wyniku tego znacznego obniżenia kosztów związanych z diagnostyką pacjentów.

Na podstawie tych badań oceniono, że koszty związane z pobytami w szpitalu oraz zleconych procedur diagnostycznych były niższe o 23% u pacjentów z wszczepionym rejestratorem pętlowym, dla których średni koszt leczenia wyniósł 1,204,621 €, w porównaniu z tymi, których rozpoznanie postawione było bez użycia ILR, gdzie przeznaczono około 1,571,332 € na pacjenta.




Rys. 2 Relacja pomiędzy prawdopodobieństwem postawienia diagnozy przyczyny niewyjaśnionych omdleń za pomocą ILR a oszczędnością pieniędzy obliczonej na jednego pacjenta. Źródło: [19].



Przedstawione wyniki zilustrowano na rysunku 2 pokazującym relację między prawdopodobieństwem postawienia rozpoznania u osób z wszczepionym ILR, a oszczędnością kosztów leczenia. Wynika z niego, że przy prawdopodobieństwie powyżej 35 % określenia przyczyny omdleń przy pomocy ILR, można osiągnąć znaczne oszczędności w porównaniu z prowadzeniem diagnostyki opartej na standardowych procedurach określanych przez autorów jako CDP (*Conventional Diagnostic Pathway*). Autorzy przytoczonego artykułu wyraźnie podkreślają, że zastosowanie wszczepialnego rejestratora arytmii jest bardziej opłacalne, jeżeli chodzi o redukcję kosztów związanych z diagnostyką, ale też zdecydowanie korzystniejsze pod względem czasu, jaki zajmie ustalenie przyczyny niewyjaśnionych omdleń [19].

Podsumowanie

Rola badania elektrokardiograficznego w diagnostyce chorób serca jest niepodważalna, ma jednak swoje ograniczenia wynikające głównie z krótkotrwałości trwania zapisu. Wszczepialne rejestratory pętlowe EKG, stale monitorujące aktywność elektryczną serca pacjenta i zachowujące w pamięci urządzenia zapis EKG towarzyszący niepokojącym objawom (np. omdleniu), niewątpliwie stanowią przyszłość diagnostyki zaburzeń rytmu serca. W miarę ułatwienia dostępu do tych urządzeń, większej ilości ośrodków oraz przeszkolonego personelu wykonującego procedurę ich wszczepienia ILR powinny pozwolić nie tylko na szybkie i trafne postawienie diagnozy, ale także zauważalnie ograniczyć koszty leczenia tych pacjentów poprzez prawidłowe leczenie i, co się z tym wiąże, mniejszą ilość hospitalizacji. 

Literatura

1. A.D. Waller: *A demonstration on man of electromotive changes accompanying the heart's beat*, J. Physiol., 8, 1887, 229-234.
2. W. Einthoven: *The different forms of the human electrocardiogram and their signification*, Lancet, 1, 1912, 853-861.
3. A. Dąbrowski: *Elektrokardiografia*, [w:] P. Gajewski (red.): *Interna Szczeklika. Podręcznik chorób wewnętrznych*, Medycyna Praktyczna, Kraków 2014, 80-104.
4. T. Pięciak: *Elektrokardiografia*, [w:] R. Tadeusiewicz i in.: *Inżynieria Biomedyczna. Księga współczesnej wiedzy tajemnej w wersji przystępnej i przyjemnej*, UWND, Kraków 2008, 125-127.
5. Z. Szafraniec, J.K. Wranczyński, M. Chudziński, I. Cygankiewicz, J.H. Goch: *24-godzinne badanie elektrokardiograficzne metodą Holtera – wskazania, zastosowanie*, Folia Cardiol, 12(3), 2005, 153-160.
6. A. Krawczyńska, B. Średniawa, S. Cebula, A. Musiałik-Łydka, O. Kowalski, R. Lenarczyk, A. Woźniak, K. Tabor, Z. Kalarus: *Długoterminowe monitorowanie holterowskie – rodzaje i znaczenie kliniczne*, Folia Cardiologica Excerpta, 5(6), 2010, 353-360.
7. S.C. Vlay, W.E. Lawson: *Demonstration of myocardial ischemia by an internal loop recorder*, Pacing Clin. Electrophysiol., 23, 2000, 1576-1578.
8. N. Balmelli, B. Naegeli, O. Bertel: *Diagnostic yield of automatic and patient-triggered ambulatory cardiac event recording in the evaluation of patients with palpitations, dizziness or syncope*, Clin. Cardiol., 26, 2003, 173-176.
9. A. Pławiak-Mowna: *Zdalny monitoring i edukacja pacjentów ze stymulatorami serca w telemedycynie*, Pomiary Automatyka Kontrola, 55(7), 2009, 528-530.
10. K. Kasiak, W. Surtel, R. Maciejewski: *Telemedycyna w sytuacjach kryzysowych*, Ostry Dyżur, 7(2), 2014, 63-68.
11. G.L. Adams, P.T. Campbell, J.M. Adams, D.G. Strauss, K. Wall, J. Patterson, K.B. Shuping, C. Maynard, D. Young, C. Corey, A. Thompson, B.A. Lee, G.S. Wagner: *Effectiveness of prehospital wireless transmission of electrocardiograms to a cardiologist via hand-held device for patients with acute myocardial infarction (from the Timely Intervention in Myocardial Emergency, NorthEast Experience [TIME-NE])*, Am. J. Cardiol., 98(9), 2006, 1160-1164.
12. Z. Mikrut, P. Augustyniak: *Mobilny system zdalnego nadzoru kardiologicznego: aspekty implementacyjno-techniczne*, Automatyka, 10(3), 2006, 79-90.
13. S. Stec, E. Makowska, P. Kułakowski: *Znaczenie wszczepialnego rejestratora arytmii w diagnostyce niewyjaśnionych omdleń. Opis przypadku*, Kardiologia Polska, 62, 2005, 376-380.
14. A. Puri, R.K. Srivastava: *Use of Implantable Loop Recorders to Unravel the Cause of Unexplained Syncope*, Indian Pacing Electrophysiol. J., 13(2), 2013, 66-75.
15. T. Kryński, P. Kułakowski: *Miejsce ILR w wytycznych ESC*, W Dobrym Rytmie, 31(2), 2014, 14-21.
16. Kardiologia Polska 2013 Suplement IX: *Wytyczne dotyczące wykonywania długotrwałych rejestracji EKG*, Kardiologia Polska, 71(11), 2013, 225-242.
17. Kardiologia Polska 2009 Suplement VIII: *Wytyczne Europejskiego Towarzystwa Kardiologicznego (ESC) dotyczące diagnostyki i postępowania w omdleniach*, Kardiologia Polska, 67(12), 2009, 545-593.
18. K. Szydło: *Nieme migotanie przedsionków*, Kardiologia po Dyplomie, 13, 2014, 20-25.
19. R. Providencia, R. Candeias, C. Morais: *Financial impact of adopting implantable loop recorder diagnostic for unexplained syncope compared with conventional diagnostic pathway in Portugal*, BMC Cardiovasc. Disord., 14, 2014, 63.
20. P. Kułakowski: *Wszczepialny rejestrator arytmii – luksus czy rutynowe narzędzie diagnostyczne?*, Kardiologia Polska, 6, 2008, 45-46.
21. S. Stec, P. Kułakowski (koord.): *Rejestr zgodności diagnostyki i leczenia ze standardami u polskich chorych z uporczywymi, niewyjaśnionymi omdleniami*, Polskie Towarzystwo Kardiologiczne.