

TEXNİKA ELMLƏRİ

TECHNICAL SCIENCES

DOI: <https://www.doi.org/10.36719/2663-4619/76/168-173-177>

Rəşidə Rəşadət qızı Bəşirova

Azərbaycan Dövlət Mədəniyyət və İncəsənət Universiteti
müəllim
rbesirova0@gmail.com

İDMANÇILARDA GƏRGİNLİK HALINDA TƏDQİQ EDİLƏN ELEKTROKARDİOLOJİ SİQNALLARIN ANALİZİNƏ YENİ YANAŞMA

Xülasə

Elektrokardiografiya (EKQ) ürək xəstəliklərinin diaqnostikasında tətbiq edilən əsas metodlardan biridir. Elektrokardiografik siqnallarının riyazi kibernetik metodlar əsasında təhlili avtomatlaşdırılmış diaqnostika probleminin mühüm tərkib hissəsidir. Bu sahədə aparılan elmi-tədqiqat işləri və praktiki fəaliyyət sürətli inkişaf mərhələsini yaşayır. Elektrokardioloji siqnalların texniki vasitələri informasiyanın qəbul edilməsi və yığılması sistemləri ilə uzlaşdırılan mürəkkəb hesablama kompleksləridir. Kardiografik informasiyanın riyazi-kibernetik vasitələr əsasında təhlili və avtomatlaşdırılmış diaqnostika probleminin həlli istiqamətində aparılan tədqiqatlar əks etdirilir. Ənənəvi spektral metodologiyasından fərqli olaraq tətbiq edilən veyvlet alqoritmlərinin bir sıra mühüm üstünlükləri göstərilir.

Açar sözlər: *elektrofiziologiya, EKQ signalı, ilkin emal, veyvlet alqoritmləri, emal qurğuları, tibbi-kardioloji informasiya, tətbiqi proqramlar paketi*

Rashida Rashadat Bashirova

A new approach to the analysis of electrocardiological signals studied in athletes under stress

Abstract

ECG is one of the main methods used in the diagnosis of heart disease. Analysis of electrocardiography (ECG) signals based on mathematical cybernetic methods is an important part of the problem of automated diagnostics. Research and practical activities in this area are experiencing a period of rapid development.

The technical means of electrocardiological signals are complex computational complexes combined with information extraction and collection systems. The analysis of cardiographic data on the basis of mathematical and cybernetic tools and the researches carried out to correct the automatic diagnostic problem are reflected. In contrast to traditional spectral methodologies, a number of important advantages of the applied wave algorithms have been demonstrated.

Key words: *electrophysiology, ECG signal, initial processing, wavelet algorithms, processing devices, medical-cardiological information, application software package*

Elektrofizioloji siqnalların emal prosesi çoxpilləli xarakter daşıyır və ardıcıl olaraq xarakterik əlamətlərinin seçilməsilə əlaqədardır. Sonra isə bunlar nəticəsində orqanizmin və ya ayrı-ayrı orqanların vəziyyəti haqqında nəticə çıxarılır. Çox hallarda siqnalların xarakteri haqqında nəticə çıxarılır. Siqnalların emalı bəzi əlamətlərin miqdarca ifadəsinin alınması ilə məhdudlaşır. Məsələn, tibbi göstəricilərin sonradan onlardan simptomokompleksin formalaşdırılmasıdır ki, onlar da həkimə orqanizmin vəziyyəti barədə hər hansı mülahizənin çıxarılmasına imkan verir. Bəzi hallarda belə emal kifayət qədər uzun müddətli ola bilər ki, bu da müəyyən zaman ərzində tibbi-bioloji göstərilənlərin tədqiqinin lazım olması ilə və yaxud da pasientlərin (idmançıların) müəyyən şəkildə seçilməsinə

əlaqədar labüddür. Giriş informasiya həcmnin artımı ilə əlaqədar olaraq ölçmə prosesinin və eksperimental verilənlərin avtomatlaşdırılması tələbatı yaranır. Beləliklə, elektrofizioloji siqnalların emal qurğularını iki sinifə bölmək olar.

Birinci sinifə bioobyekti birbaşa emal aparatı olan rabitə xəttinə qoşmaqla real zaman miqyasında emal edən qurğular aiddir. Bunlar çox zaman geniş təyinatlı xüsusişdirilmiş elektron tibb aparatlarının tərkib hissəsi olur və verilənlərin tədqiqat şəraitində və ya ekstremal hallarda operativ emalında tətbiq olunur.

Elektrofizioloji siqnalların texniki vasitələri informasiyanın çıxarılması və yığılması sistemləri ilə uzlaşdırılan mürəkkəb hesablama kompleksləridir. Verilənlərin analizini yerinə yetirən belə sistemlər real zaman miqyasında işlənmir və siqnalların belə emal sistemlərinin işləmə alqoritmi olduqca mürəkkəbdir və hesablamaq üçün böyük zaman tələb edir. Belə qurğular üçün eksperiment verilənlərinin kifayət qədər yüksək tezliklə emalını təmin edən tətbiqi proqramlar paketini hazırlamaq lazımdır.

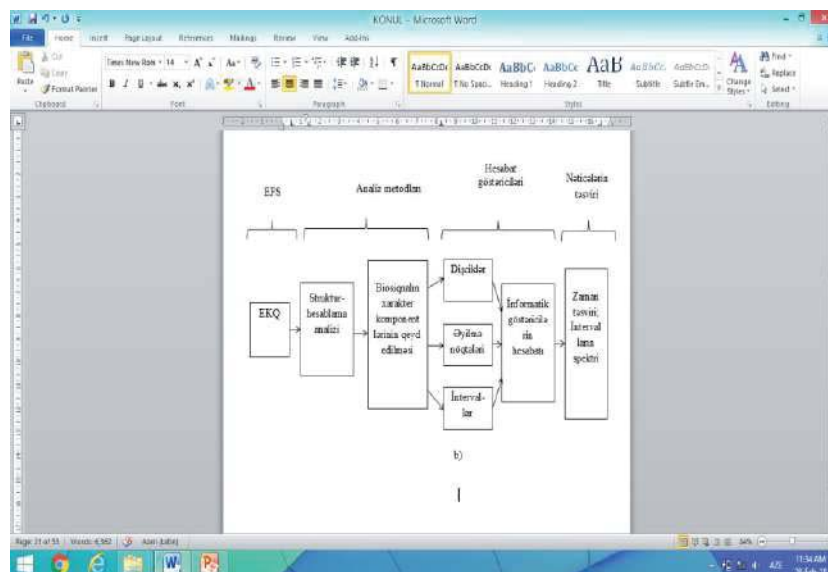
Elektrofizioloji siqnalların texniki vasitələri dedikdə, həmçinin ilkin emal qurğuları nəzərdə tutulur. Öz növbəsində birinci qurğuların siqnallarını (şəkil 1.-də) iki növ ilkin emalı qurğularına ayırmaq olar, ilkin emal qurğuları aşağıdakı əsas məsələləri həll edə bilər [4]:

- gücləndirmə, süzülmə, differensiaslama və s. ilə əlaqəli olan siqnalların ilkin emalı;
- xarakterik nöqtələrin (minimum, maksimum izoxətlərin kəsişməsi tipini və s.);
- siqnalın ayrı-ayrı parametrlərinin ölçülməsi (amplitudunun, müddətin, tezliyin və s.);
- bir neçə siqnalların sadə funksiyalarının və ya mürəkkəb parametrlərinin hesablanması.

İlkin emal qurğuları digər funksiyaları da yerinə yetirə bilər. Məsələn, kanallar üzrə siqnalların ötürülməsi hazırlığı, sonrakı rəqəm emalı üçün analoq-rəqəm çevrilməsi, siqnalların kodlandırılması, ölçmə traktının kalibrlənməsinin aparılması və s. İlkin emal məsələləri kimi amplitud və tezlik spektrinin hesablanması, siqnalların spektral çevirmələri, nəticələrin statistik analizi, obrazların tanınması məsələsinin həlli, verilənlər bazasının formalaşdırılması, diaqnostika üzrə tövsiyələrin hazırlanması və s. məsələlər ola bilər. Bundan başqa emal qurğularının layihələndirilməsi zaman elektrik təhlükəsizliyinə xüsusi diqqət ayrılmalıdır, çünki belə texniki vasitələrdə pasient elektrik cərəyanının radiasiya və digər şüalanmaların təsiri altında olur. Bu məqsədlə məhdudlaşdırma və mühafizə sxemləri nəzərdə tutulur ki, bunlar da cihazlara xidmətin təhlükəsizliyini təmin edir. [5]:

Elektrofizioloji siqnalların ilkin emal qurğularının müxtəlifliyinə baxmayaraq onların tərkibinə daxil olan çoxlu sayda qovşaq və blokların texniki həlli ümumiləşdirilə bilər, başqa sözlə unifikasiyalasdırıla bilər, bu da layihələndirmədə vahid element və sxemotexniki bazanın istifadə edilməsinə imkan yaradır.

Şəkil 1-də misal kimi bir sıra elektrofizioloji siqnalların ilkin emalı üçün əsas qovşaq və bloklar göstərilmişdir.



Şəkil 1. Elektrofizioloji siqnalların təhlil metodlarından birinin strukturu.
Burada EFS-elektrofizioloji siqnal, EKQ-elektrokardiogram

Müasir cihazlarda siqnalların ilkin emalı məsələlərini həll etmək üçün müxtəlif tipli və təyinatlı mikroprosessor və emal alqoritmlərin reallaşdırılması proqram üsulu ilə yerinə yetirilir. Emal nəticələri istifadəçiyə qrafik şəkilində, cədvəllər formatında təqdim oluna bilər, lakin saxlama qurğularına da daxil edilə bilər. Məsələn, statistik emal qurğularına, tibbi verilənlər bazasına (fərdi kompüterin istifadəsinə əsaslanan) və s. Bu halda fərdi kompüterlər elektrofizioloji siqnalların alınması və emalı qurğuları ilə əlaqə üçün xüsusi interfeyslərlə təmin olunur.

Elektrokardioqrafik siqnalların veyvlet çevirmə əsasında diaqnostik təhlili

Ürəyin fəaliyyəti elektrik hadisələri ilə müşayiət olunur. Oyanma qabiliyyətinə malik olan bütün toxumalar müsbət elektrik yükü ilə yüklənir. Oyanma əmələ gəldikdə oyanmış sahənin elektrik yükü mənfi yükə çevrilir. Bu qanunauyğunluğa ürək də təbə olur. Oyanma əmələ gəldiyi zaman, yəni mənfi elektrik yükü ilə yükləndiyi zaman oyanmış sahə ilə oyanmamış sahə arasında potensial fərqi yaranır. Oyanma yoxdursa, yəni mənfi elektrik dalğaları yayıldıqca, daha yeni sahələr mənfi elektrik yükü ilə yüklənir, deməli yeni sahələrdə də potensiallar fərqi yaranır. Xüsusi həssas cihazları işləyən orqanlara birləşdirsək təsir cərəyanı (orqan fəaliyyətə olduqda qeyd edilən cərəyana deyilir) müşahidə etmək hətta qeydə də almaq olar[6].

EKQ ürək xəstəliklərinin diaqnostikasında tətbiq edilən əsas metodlardan biridir. Yığılan ürək əzələlərində elektrik hadisələrinin olmasını 1856-cı ildə alman alimləri R.Kelliker və İ.Müller müşahidə etmişlər. Onlar müxtəlif heyvanlarda açıq ürək üzərində tədqiqat aparırdılar. Lakin 1873-cü ilə qədər ürəyin elektrik impulslarının öyrənilməsinə imkan verən cihazlar yaradıldıqdan sonra bu cihazların köməyi və təkmilləşdirilməsindən sonra bədən üzərindən bu biopotensialların qeyd olunması mümkün oldu. İngilis fizioloqu A.Uoller tərəfindən ürəyin miokard infarktı zamanı ürəyin elektrik aktivliyini qeyd etdi. Lakin bu tədqiqatların nəticələrinin praktikaya tətbiqi hələ mümkün deyildi. EKQ-nı ilk dəfə tibbi praktikaya Holland fizioloqu Villiam Eyntxoven tərəfindən gətirilmişdir. İlk kardioqraf 270 kq ağırlığında idi və ona 5 nəfər xidmət edirdi. Bu dövrdə bu həkimlərin əlində insanın ürəyinin fəaliyyəti haqqında məlumat verən cihaz var idi. Eyntxovenin təklifi ilə elektrodlar əllərə ayaqlara birləşdirilirdi ki, bu təklifdən indiyə qədər də istifadə olunur. O, sağ və sol əllər arasında (I aparma), sağ əl ilə sol arasında (II aparma) və sol əl ilə sol ayaq arasında (III aparma) potensialların fərqi ölçülməsini təklif edirdi. Eyntxovenin əməyi yüksək qiymətləndirilərək ona 1924-cü ildə Nobel mükafatı verildi. Sonralar elektrodların Vilson tərəfindən döş qəfəsinin üzərinə birləşdirilməsi metodu da təklif edildi.

Elektrokardioqramada Q, R, S, T ilə işarə olunmuş 5 dişciyi vardır. P-dişciyi qulaqcıqların sistolasına, Q,R,S,T dişcikləri isə mədəciklərin sistolasına uyğun gəlir. Ürəyin fəaliyyətinin ən kiçik pozğunluqları əyridəki şəkildə tez əks olunur. EKQ müxtəlif sürətlərlə qeyd olunur. Adətən kağızın hərəkət sürəti 25 mm/san. təşkil edir. Bu zaman 1 mm əyri 0,04 saniyəyə bərabərdir. Bəzən daha ətraflı analiz üçün 50 mm/san və hətta 100 mm/san sürətindən də istifadə olunur[7].

Kardioqrafik informasiyanın riyazi-kibernetik vasitələr əsasında təhlili və avtomatlaşdırılmış diaqnostika probleminin həlli istiqamətində aparılan tədqiqatlar əks etdirilir. Ənənəvi spektral metodologiyasından fərqli olaraq tətbiq edilən veyvlet alqoritmlərinin bir sıra mühüm üstünlükləri göstərilir. Ürək fəaliyyətində depolyarizasiya kompleksinin (QRS kompleksi) kardioqrafik parametri olan baş dişlər arası intervalların (R-R intervalları) daşıdıqları tibbi-kardioloji informasiya bir neçə veyvlet konstruksiyaları vasitəsi ilə aşkarlanmaq üçün sınaqdan keçirilir və onların daha effektiv variantı ilə bağlı qrafik görüntülər müzakirə olunur.

Elektrokardioqrafiya (EKQ) siqnallarının riyazi kibernetik metodlar əsasında təhlili avtomatlaşdırılmış diaqnostika probleminin mühüm tərkib hissəsidir. Bu sahədə aparılan elmi-tədqiqat işləri və praktiki fəaliyyət sürətli inkişaf mərhələsini yaşayır. EKQ siqnalının tədqiqatı çoxcəhətlidir. Siqnalların riyazi kibernetik təhlili tibbi diaqnostika amilləri ilə paralel aparılmalı olduğundan, tədqiqat metodologiyası fənnlərarası mahiyyət daşıyır. Məhz bu səbəbdən ənənəvi spektral təhlil metodologiyası ilə yanaşı müasir riyazi -kibernetik təhlil metodlarının cəlb olunmasına maraq yüksəlmişdir. [8]

Tibbi diaqnostik baxımdan geniş informasiya mənbəyi olaraq ürək döyüntüləri arasındakı R-R intervallarının müqayisəli təhlili diqqəti xüsusi olaraq cəlb edir [1, 2]. Müvafiq elektrokardioqrafik impuls ardıcılığında spesifik əlamətlər axtarışı, təəssüf ki, spektral analizə istinadən müvəffəqiyyət

əldə edə bilməmişdir. EKQ siqnalları ürəyin elektrik aktivliyi qeydiyyatından başqa, küyləri də daxil edir. Buraya dəyişən elektrik cərəyanı fonu, əzələlərin gərilməsinin yaratdığı yüksək tezlikli rəqslər və siqnalverici bədənə kontakt yerlərindəki müqavimətdən yaranan küylər daxildir. Yüksək tezlikli rəqsləri filtrlərin köməyi ilə asanlıqla təmizləmək olur, lakin bu zaman depolyarizasiya kompleksində (QRS kompleksi) siqnalı qismən silinir. Digər problem ənənəvi spektral analizin müəyyən müayinə müddəti ərzində ortalasdırılmış statistika təşkil etdiyi, zaman ardıcılığı üzrə lokallaşdırma imkanının olmamasıdır. Veyvlet təhlilinin zaman ardıcılığı üzrə lokallaşdırma vasitəsi kimi mühüm cəhəti ürək ritminin daşdığı patologiya əlamətlərinin aşkarlanmasında mühüm rol oynaya bilməsidir. Apardığımız tədqiqat təkcə R-R intervallarının qiymətləndirilməsində lazımı dəqiqliyin əldə edilməsi ilə məhdudlaşmamışdır. R-impulsların xarakterik formalarının qeydiyyatı, impulsun ön və arxa cəbhələrində təfərrüatı diqqət mərkəzində olmuşdur [9].

Beləliklə, R-R intervallarının kompleks təhlili veyvlet analizi ön plana çəkmiş olur. EKQ siqnallarının QRS kompleksinin R dişləri və onların zaman koordinatı üzrə qeydiyyatı aparılır. R-impulsların amplitudlarının müxtəlifliyi şəraitində R-R intervalının koordinatlarının müəyyənəşdirilir. Adi hamarlayıcı süzgecləmədən istifadə etdikdə R dişlərinin labüd sürətdə zaman üzrə sürüşməsi qaçılmazdır. Sürüşməni aradan götürmək üçün adaptiv filtrasiyadan istifadə, göründüyü kimi, müsbət nəticə verir. Veyvlet analizinə əsaslanan alqoritmlərin daha perspektivli və tətbiqi baxımdan daha asan realizə oluna bildikləri təkcə adaptiv filtrasiya ilə bitmir. Baxılan tədqiqatla yanaşı QRS kompleksinin təhlili də veyvlet metoduna istinadən qənaətbəxş nəticə verə bilər. Bu problemlərlə əlaqədar olaraq müxtəlif bazis veyvlet sintezi məsələsi meydana çıxır. Məlum veyvletlərin empirik yolla məsələyə uyğunlaşması yoxlanılır. Matlab proqramının imkanlarından istifadə edilməklə müxtəlif imitasiya variantları nəzərdən keçirilmişdir.

Əldə etdiyimiz belə bir qənaət xüsusən diqqətə layiqdir ki, bir sıra praktiki tətbiqi məsələlərdə müvəffəqiyyətlə istifadə olunan Dobeşi (db3) veyvleti kardioqrafik informasiyanın da aşkarlanmasında müsbət nəticələr verir. Həmin veyvlet analiz 3-səviyyəli dekompozisiya mərhələlərini keçir. Siqnal $s=a_3+d_3+d_2+d_1$ şəklinə gətirilir.

Spektrin vertikal oxda loqarifmik miqyasda a miqyasına keçməyin müsbət cəhəti obrazların özəlliyini nəzərə çarpdırmaq baxımından əhəmiyyəti şübhəsizdir [3, 4]. Adaptiv filtrasiya üçün spektr müxtəlif miqyaslarda hissələrə ayrılır. Qeyd edək ki, mərkəzi hissə R dişini, orta hissə (280–500) bütün QRS kompleksini və nəhayət daha böyük hissə tam siqnalı göstərir. Filtrin buraxma zolağının bu şəkildə məqsədyönlü dəyişdirilməsinə (idarə olunması), yəni adaptiv alqoritmlərin işlənməsinə zərurət yaradı [10].

Ənənəvi Furiye çevirməsi texnikanın bir sıra sahələrində tətbiq edilsə, qeyri stasionar siqnalların analizində bir çevirmə özünü doğrultmur. Furiye çevirməsində çatışmayan cəhət pəncərəsinin optimal ölçüsünün seçilməsi siqnalın spektral xassəsini xarakterik vaxt aralığında öyrənməyi tələb edir. Veyvlet nəzəriyyəsində tədqiq olunan siqnalın tezliyindən asılı olaraq adaptiv pəncərə öz ölçülərini dəyişir [11].

Tibbdə elektrokardioqrafiyada, elektroensefaloqrafiyada, elektromioqrafiyada elektrofizioloji siqnalların xarakteri qeyri stasionar olduğu üçün bu siqnalların spektrlərinin inteqralları hesabladıqda spektral filtrləmədən istifadə olunur. Bu siqnallar zamana görə dəyişən olduğundan müxtəlif tezlik diapozonlarını əhatə edirlər. Qeyri stasionar siqnalların spektral xassəsini müəyyən etmək lazımdır ki, bu zaman qaus pikləri sisteminin modelindən istifadə olunur və onun maksimumu təyin edilir. Təkrari veyvlet çevirməsi metodu qeyri stasionar modulyasiyanın xarakteristikasını təyin edir ki, o da tezliyin altdiapozonunu spektri üçün xidmət edir [12].

Bununla əlaqədar olaraq, EKQ siqnalların spektral analizi üçün bizim tərəfdən paylanmanın veyvlet- paket sxemindən istifadə edilmişdir. Bu yanaşma veyvlet paylanmanın klassik sxeminin təkmilləşdirilmiş forması olub, məğzi ondan ibarətdir ki, analiz edilən siqnal piramidasının hər səviyyəsində YT toplananların əlavə emalı aparılır. Nəticədə “ tam ” (balanslaşdırılmış) ağac alınır. Alınan ağacın budaqlarına bazalı alt fəza siqnalları müvafiqdir. Belə qurma kiçik miqyaslı analiz nəzəriyyəsinə əsasən həm də birtərəfli ağaclar üçün qurulmuş sayılır.

Nəticə

EKG-nin tezlik baxımından təhlili adaptiv filtrasiyadan keçdikdən sonra həyata keçirilməlidir. Adaptasiya alqoritmlərinin işlənməsi bu sahədə müstəqil araşdırmaların aparılmasını şərtləndirir. Bu məqsədi daşıyan və veyvlet analizinə əsaslanan alqoritmlər daha perspektivlidirlər və tətbiqi baxımdan daha asan realizə oluna bilərlər. Elmi-tədqiqat işi AMEA 2015-ci il üzrə “Freym nəzəriyyəsi-veyvlet analizinin seysmologiyada və digər sahələrdə siqnalların tətbiqi” elmi-tədqiqat pro **Tredmille-də yükləmə sınaqlarının (testinin) keçirilməsi**- “Klassik” EKG müayinəsi çoxdəfəli sinə və döş elektrodlarından istifadə etməklə keçirilir. Lakin yükləmə (gərginlik) sınaqlarında birdəfəlik elektrodların istifadəsi məqsədəuyğundur. Çünki idmançı qaçış bandında hərəkət edən zaman onun hərəkətinə maneə törəyə bilər.

Yükləmə vaxtı küyün alınmasının 3 səbəbi var: böyük əzələlərin hərəkəti zamanı yaranan elektrik siqnalları (mioqrafik küylər), dərinin səthində elektrodların yerdəyişməsi, üçüncü ən əsas səbəb kabelin titrəyişidir (vibrasiyasıdır). Bunu aradan qaldırmaq çox sadədir. Birinci kabelin uzunluğunu azaltmaq, ikincisi isə kardiografi idmançının bədənində yerləşdirmək lazımdır. Bundan başqa güclü küyləri aradan qaldırmaq üçün rəqəmli süzgəclərdən istifadə olunur.

Ədəbiyyat

1. Practical electrocardiography. Flaxkamp F.A. MEDpress-inform. 2013, 872 p. 4.
2. Functional stress tests in the diagnosis of coronary heart disease. Lupanov V.P. IntelTech. 2012, 224 p.
3. Guide to functional diagnostics in cardiology. Modern methods and clinical interpretation. Vasyuk Yu.A. Practical medicine. 2012, 164 p.
4. Zudbinov Yu.I. ABC ECG. - Edition 3. - Rostov-on-Don: "Phoenix", 2003. - 160 p. - 5000 copies. — ISBN 5-222-02964-6.
5. Myasnikov A. L. Experimental myocardial necrosis. - M. Medicine, 1963.
6. Sinelnikov R. D. Atlas of human anatomy. - M. Medicine, 1979. - T. 2.
7. Brawnwald L. D. Heart disease. - 1992. - S. 122.
8. Spassky KV The role of filtration potential in the origin of repolarization waves and massage waves. — Minsk: Medico-social expertise and rehabilitation. Issue #3. part #2, 2001.
9. Spassky K.V. The role of the potential of the line in the molding of the tail of the terminal part of the shunochkovy complex EKG. - Minsk: Bulletin of the University "Ukraine", 2007.
10. Ch. 5. Analysis of the electrocardiogram / S.Pogvizd // Cardiology in tables and diagrams / Ed.: M. Fried, S.Grines. -M.: Practice, 1996. -728 p. — ISBN 5-88001-023-6.
11. Doshchitsin V.L. Electrocardiographic differential diagnosis / V.L.Doshchitsin. -M.: MEDpress-inform, 2016, 232 p
12. Doshchitsin V.L. Handbook of practical electrocardiography / V.L.Doshchitsin. -M.: MEDpress-inform, 2019, 416 c.

Rəyçi: dos. R.Rəhimov

Göndərilib: 16.02.2022

Qəbul edilib: 15.03.2022