

EKG derivacijų integralinės koreliacinės dimensijos vertinimas

Z. Navickas

Taikomosios matematikos katedra, Kauno technologijos universitetas,
Studentų g. 48, LT-51367 Kaunas, Lietuva, el. p. zenonas.navickas@ktu.lt

V. Statkus

Fizikos katedra, Kauno technologijos universitetas,
Studentų g. 48, LT-51367 Kaunas, Lietuva, tel. +370 689 85839, el. p. vaidas.statkus@stud.ktu.lt,

A. Vainoras, L. Gargasas

Kardiologinių tyrimų automatizacijos laboratorija, Kauno medicinos universiteto Kardiologijos institutas,
Sukilėlių pr. 17, LT-50161 Kaunas, Lietuva, tel. +370 37 302881, el. p. alfavain@kmu.lt

Įvadas

Pastaruosiu metu sparčiai daugėja darbų, skirtų netiesinės analizės metodikoms medicinoje kurti. Pateikdami dydžius, kurių medikai iki šiol nenaudojo savo klinikinėje praktikoje, daugelyje situacijų jie leidžia įvertinti klinikinius efektus, nenusakomus įprastiniais euristiniais analizės metodais. Tai įgalina tirti fiziologinius mechanizmus, kurie iki šiol medicinos praktikoje nebuvo vertinami [1,2,3].

Algoritmas, kuriuo remiamasi šiame straipsnyje, žinomas jau ne vieną dešimtmetį [4]. Ilgą laiką šis metodas buvo nagrinėjamas tik teoriškai, nes realiems skaičiavimams atlikti reikalingi dideli kompiuterio išteklių. Pastaraisiais metais sparčiai tobulėjant kompiuterinei technikai įvairių dimensijų skaičiavimo algoritmai atgimsta iš naujo ir pradami taikyti įvairiose gyvenimo srityse ir ypač medicinoje.

Koreliacijos dimensija

Koreliacijos dimensija d – tai parametras, apibūdinantis netiesinę dinaminę sistemą [5]. Koreliacijos dimensija rodo sistemos kompleksiskumo laipsnį, t. y. ji nustato, kiek nepriklausomų diferencialinių lygčių reikės sistemai aprašyti.

Šiam tyrimui panaudotas toks algoritmas.

Tarkime turime skaičių seką x_1, x_2, \dots, x_n , kur $x_n = x(nt)$ vertė tam tikru laiko momentu, o n sveikasis skaičius. Iš šių skaičių sudarome m -mačius vektorius, priklausančius m -matei fazinei erdvei:

$$\vec{x}_i^T = (x_i, \dots, x_{i+m-1}), \quad (1)$$

čia T reiškia transpozicija.

Sistemos būseną sukonstruotoje m -mateje fazinėje erdvėje yra apibrėžta m -mačiais vektoriais kiekvienu laiko momentu $x(t)$.

Koreliacijos dimensija apibrėžiama taip:

$$d = \lim_{r \rightarrow 0} \left(\frac{\log C_m(r)}{\log r} \right); \quad (2)$$

čia $C_m(r)$ yra koreliacijos integralas. Koreliacijos integralas apibrėžiamas taip:

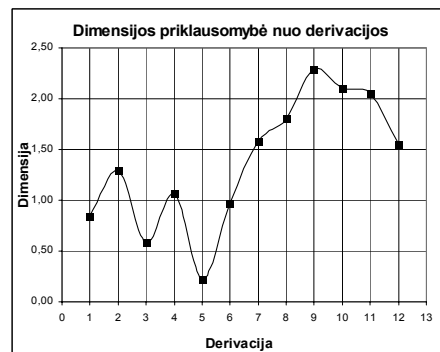
$$C_m(r) = \lim_{N' \rightarrow +\infty} \frac{1}{N'} \sum_{i=1}^{N'-1} \sum_{j=i+1}^{N'} H(r - |\vec{x}_i - \vec{x}_j|), \quad (3)$$

čia $N' = \sum_{k=1}^{N-m} (N-m+1-k)$;

čia $N-m+1$ – vektorių skaičius, H – Hevisaido funkcija.

Dimensijos priklausomybė nuo derivacijos

Šiuolaikine kardiograma sudaryta iš dvylikos derivacijų – šešių galūninių ir šešių krūtininių. Paprastai sveiko žmogaus galūninių derivacijų amplitudės gerokai mažesnės nei krūtininių, t. y. fiksuojamas širdies elektrinio potencialų skirtumo signalas yra silpnesnis.

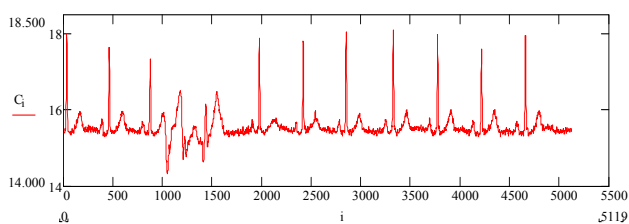


1 pav. Dimensijos priklausomybė nuo derivacijos: 1- 6 – galūninės derivacijos; 7 – 12 – krūtininės derivacijos

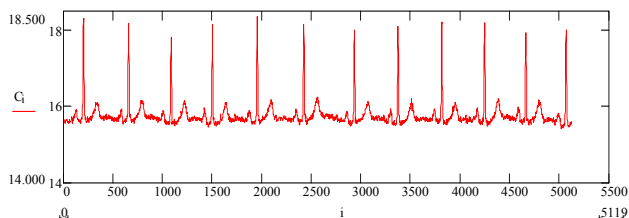
Kaip matome (1 pav.), šie faktai aiškiai atsispindi koreliacijos dimensijos dydžiuose skirtingose derivacijose. Galūninių derivacijų dimensija gerokai mažesnė (svyruoja nuo 1,29 (2 derivacija) iki 0,22 (5 derivacija)) nei krūtininių (svyruoja nuo 1,55 (12 derivacija) iki 2,29 (9 derivacija)) Reikia pasakyti, jog didžiausia dimensijos vertė būdinga derivacijoms, kurias gydytojai ir pasirenka nustatydami įvairias širdies patologijas.

Jautrumas signalo pokyčiams

Paimkime du skirtingus to paties paciento signalus jam esant ramybės būsenos (2-3 pav.). Pirmajame signalo aiškiai matoma anomalija - ekstrasistolė, kuri vėliau išnyksta ir nebeįtakoja skaičiavimo rezultatų. Abiem signalams pritaikytas anksčiau minėtas koreliacijos dimensijos skaičiavimo algoritmas.

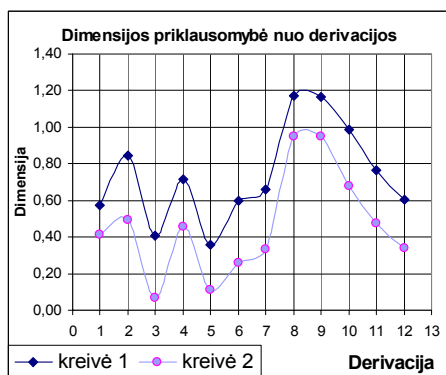


2 pav. Signalas su ekstrasistolė



3 pav. Signalas be ekstrasistolės

Apskaičiavus šių signalų koreliacijos dimensiją, gaunami tokie rezultatai (4 pav.): pirmo signalo (kreivė 1) dimensija didesnė, t. y. signalo kompleksškumas dėl ekstrasistolijos visose derivacijose padidėjo maždaug 0,25..

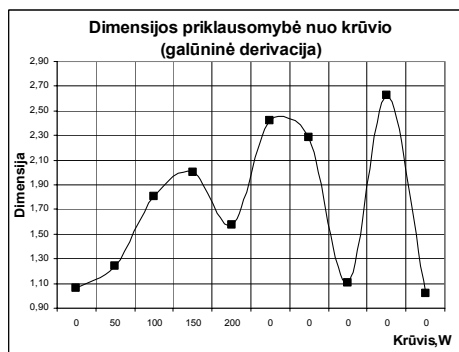


4 pav. Dimensijos priklausomybė nuo EKG matomos ekstrasistolės

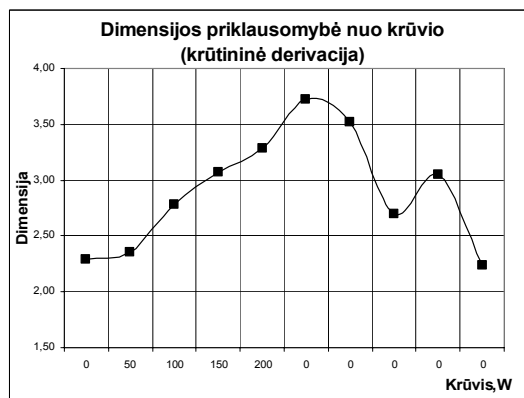
Dimensijos priklausomybė nuo fizinio krūvio

Šiame darbe pasinaudota fizinio pajėgumo tyrimo duomenimis, t. y. pacientas sodinamas ant specialaus dviračio ir mina pedalus. Pedaluose pasipriešinimas didinamas kas 1 – 3 min ir pakinta nuo 0 iki 200 W 50 W žingsniu. Pasiekus 200 W, krūvis panaikinamas ir vyksta atsigavimo fazė, kurios metu širdies veikla grįžta į pradinį (normalų) režimą.

Gauti koreliacinės dimensijos rezultatai pavaizduoti grafiškai 5 ir 6 paveiksluose. 5 grafike pavaizduota viena iš galūninių derivacijų (4 derivacija), o 6 pav. – viena iš krūtininių (9 derivacija). Pažymėtina, kad galūninių ir krūtininių derivacijų priklausomybė nuo krūvio pastebimai skiriasi, nors bendra tendencija išlieka – didėjant krūviui, didėja ir signalo kompleksškumas. Panaikinus krūvį ir prasidedant atsigavimo fazei, dimensija kurį laiką vis dar didėja. Tai galėtų būti paaiškinta taip: prasidėjus atsigavimo fazei, staiga suintensyvėja parasimpatinė organizmo atsigavimą reguliuojanti sistema, tačiau ir simpatinė sistema dar pakankamai aktyvi, nors ir jos įtaka palaipsniui mažėja. Ši dviejų reguliavimo sistemų sąveika, matyt ir didina signalo kompleksškumą atsigavimo laikotarpiu.



5 pav. 4 - osios derivacijos priklausomybė nuo krūvio



6 pav. 9 - osios derivacijos priklausomybė nuo krūvio

Visų derivacijų priklausomybę nuo krūvio galima pavaizduoti kaip paviršių. 7 ir 8 paveiksluose pavaizduoti vyro ir moters dvylikos derivacijų koreliacinių dimensijų žemėlapiai.

Išvados

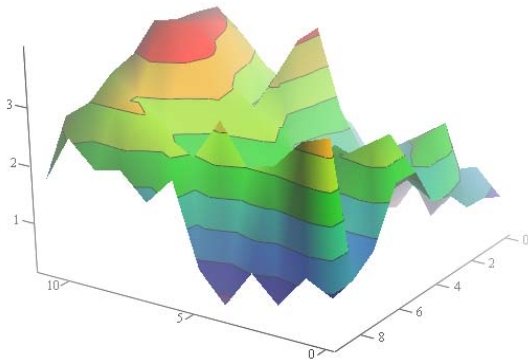
1. Vaizduodami, kaip kinta kardiosignalo dimensija priklausomai nuo organizmui suteikto krūvio, įsitikinome, kad koreliacijos dimensija galėtų būti tas parametras, kuris nusako širdies darbo kompleksškumą.

2. Skirtingos derivacijos pasižymi skirtinga koreliacine dimensija, atspindi skirtingą kompleksškumą.

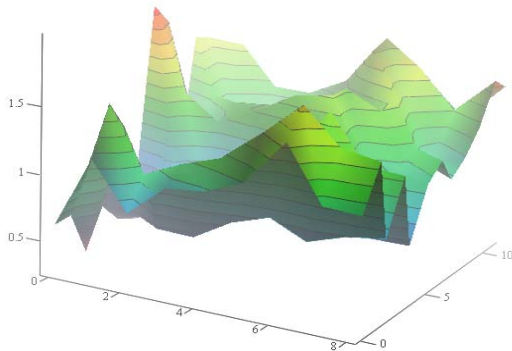
3. Koreliacinės dimensijos atspindi širdies reguliacinės sistemos įtakos pokyčius krūvio ir atsigavimo po jo metu.

Literatūra

1. Classification of cardiac abnormalities using heart rate signals / **Aharya R., Kumar A., Bhat P.S.**, at all // Medical & Biological Engineering & Computing.- 2004.-42.-P.288-293.
2. **Schulte-Frohlinde V., Ashkenazy Y., Goldberger A.L., et al.** Complex patterns of abnormal heartbeats // Physical Review. – 2002.- E66.- 031901.
3. Žmogaus fiziologija / **Abraitis R., Cibas P., Gronow G. ir kt.** – Kaunas: Kauno medicinos univ. I-kla, 2003. – 478 p.
4. **Sidorenko A.V.** Change in Dynamics of Electrocardiograms Influenced by Microwaves // NONLINEAR PHENOMENA IN COMPLEX SYSTEMS, 2004. –7(2). – P.199–205.
5. **Weisstein E. W.** Correlation Dimension. MathWorld. A Wolfram Web Resource, 1995.
<http://mathworld.wolfram.com/topics/MeasureTheory.html>



7 pav. Vyro EKG koreliacinė dimensija krūvio ir atsigavimo po jo laikotarpiu



8 pav. Moters EKG koreliacinė dimensija krūvio ir atsigavimo po jo laikotarpiu

Pateikta spaudai: 2005 03 15

Z. Navickas, V. Statkus, A. Vainoras, L. Gargasas. EKG derivacijų integralinės koreliacinės dimensijos vertinimas // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2005. – Nr. 5(61). – P. 67–69.

Elektrokardiografinių duomenų kompleksškumui skaičiuoti pritaikyta Kolmogorovo integralinė koreliacinė dimensija. Duomenų masyvą sudarė 12 sinchroniškai registruotų EKG derivacijų, įrašo trukmė 10 s, kvantavimo dažnis 500 Hz. Skaičiuota koreliacijos dimensija skirtingoms derivacijoms, skirtingose situacijose esant krūviui, skirtingos lyties asmenims bei esant ekstrasistolėms.

Gauti rezultatai parodė, jog skirtingos derivacijos pasižymi skirtingu kompleksškumu, kuris gerokai skiriasi priklausomai nuo asmens lyties bei kinta esant skirtingos galios apkrovoms. Ekstrasistolija visų derivacijų integralinę koreliaciją didino vienodu dydžiu. Il. 8, bibl. 5 (lietuvių kalba, santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

Z. Navickas, V. Statkus, A. Vainoras, L. Gargasas. Evaluation of Dimension of Integral Correlation for ECG // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2005. – No. 5(61). – P. 67–69.

To investigate complexity of ECG data, was used dimension of integral correlation by Kolmogorov. Data array was formatted from twelve synchronically registered ECG leads. Length of registration – 10sec, discretization rate 500Hz. Correlation dimension was computed for different leads, with different loads, for both sex and with given extrasystoles.

As results showed, there are some essential differences between complexity of leads for both sex, when some physical loads were being performed. The correlation dimension for studied leads with extrasystole was higher for all leads. Ill. 8, bibl. 5 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

З. Навицкас, В. Статкус, А. Вайнорас, Л. Гаргасас. Изучение корреляционной интегральной дименсии ЭКГ отведений // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2005. – № 5(61). – С. 67–69.

Для изучения электрокардиографических данных применена корреляционная интегральная дименсия. ЭКГ данные составляли 12 синхронных отведений. Продолжительность регистрации - 10сек, частота дискретизации сигнала - 500Гц. Рассчитана корреляционная интегральная дименсия для различных отведений, при разных нагрузках для мужчин и женщин и с экстрасистолами. Полученные результаты показали, что разные отведения имеют комплексность, очевидно различную для мужчин и женщин и меняющуюся при разных нагрузках. Экстрасистолия влияет на корреляционную интегральную дименсию повышая её во всех отведениях. Ил. 8, библи. 5 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).