

## Vektorkardiografijos reikšmė nustatant širdies vainikinių arterijų susiaurėjimus

### A. Matiukas

Fizikos katedra, Kauno technologijos universitetas

Studentų g. 50, LT-3031 Kaunas, Lietuva, tel. +370 37 351128, el.paštas armati@ktu.lt

### S. Kaminskienė, S. Rūtienė, G. Jaruševičius, L. Gargasas

Kardiologijos institutas, Kauno medicinos universitetas

Sukilėlių pr. 17, LT-3007 Kaunas, Lietuva, tel. +370 37 327118, el.paštas svetlanakam@hotmail.com

### Įvadas

Jau daugiau kaip šimtas metų elektrokardiograma (EKG) sėkmingai naudojama širdies ligų diagnostikai bei gydymo efektyvumui įvertinti. Didelė pažanga, padaryta signalų analizės bei širdies veiklos modeliavimo srityse pastaruoju metu, leidžia tikėtis, kad EKG galėtų būti panaudota neinvaziam širdies kraujotakos sutrikimų nustatymui. Gana tikslūs kiekybiniai širdies elektrinės veiklos modeliai rodo galimybę iš EKG diagnozuoti net sutrikimų lokalizaciją, t.y. nustatyti, kuri iš trijų pagrindinių širdies vainikinių arterijų (VA) gali būti pažeista. Širdį maitina dvi VA: dešinioji vainikinė arterija (DVA) ir kairioji vainikinė arterija (KVA). KVA sudaro dvi šakos: priekinė tarpškilvelinė šaka (PTŠ) ir apsinė šaka (AŠ).

Pirmuosiuose tyrimuose nelabai sėkmingai buvo bandyta nustatyti VA stenozę (susiaurėjimą) iš ramybės EKG. Vėliau buvo pastebėta, kad daug ryškesni EKG pokyčiai gaunami ją registruojant fizinio krūvio metu. Nors šis metodas paplito klinikinėje praktikoje, ramybės EKG panaudojimo neinvazinei stenozės diagnostikai uždavinys vis dar išlieka aktualus. Fizinio krūvio testas nėra visai saugus sunkesnės būklės ligoniams, nekalbant apie tokius invazinius tyrimus kaip vainikinių arterijų angiografija. Kita vertus, nemenką vaidmenį vaidina minėtų diagnostinių metodų salyginis brangumas bei ribotas prieinamumas plačiam pacientų ratui. Akivaizdu, kad, norint sėkmingai išplėsti ramybės EKG diagnostines galimybes, būtina atrasti naujus požymius (nematomus tradiciniais signalų analizės metodais) arba panaudoti papildomą informaciją, gaunamą kitais tyrimo metodais.

Ramybės EKG diagnostinės galimybės buvo pradėtos tyrinėti panaudojant širdies elektrinės veiklos dipolinį modelį, kuriame širdies elektrinė veikla buvo aprašoma fiksuotų elektrinių dipolių rinkiniu [1]. Sprendžiant atvirkštinių elektrokardiografijos uždavinį, EKG pokyčiai buvo susiejami su dipolių pokyčiais. Pastarieji buvo naudojami širdies vainikinių arterijų pažeidimams nustatyti. Nors pasiektas metodo tikslumas ir patikimumas

(palyginti su angiografinių tyrimų rezultatais) [2] dar neleido jo panaudoti klinikinėje praktikoje, bet davė impulsą toliau tyrinėti ramybės EKG diagnostines galimybes. Buvo bandomi įvairūs EKG analizės būdai, paremti bendriausiomis širdies veiklos ir EKG generavimo savybėmis: 5 min EKG įrašo variabilumo spektrinis nuolydis [3], suvidurkintos EKG kepstriniai koeficientai [4], širdies elektrinės ašies orientacija [4], spalvinė EKG [5] bei suvidurkintos EKG singuliariųjų verčių skleidinys [6].

Daugumos šių metodų ir juose naudojamų modelių tikslumo tiesiogiai neįmanoma buvo įvertinti, kadangi jų rezultatai buvo lyginami su širdies būseną, nustatytą angiografiniais ar biocheminiais tyrimais. Tačiau to pakakdavo nustatyti metodų jautrumui ir specifiškumui prognozuojant širdies kraujotakos sutrikimus. Reikėtų pažymėti, kad daugeliu atvejų buvo pasiektas pakankamai didelis jautrumas, bet specifiškumas būdavo mažas. Matyt reikia giliau suprasti širdies kraujotakos sutrikimus ir jų sąlygojamus elektrinių procesų pokyčius.

Žinoma, kad širdies elektrinis laukas iš esmės yra vektorinio pobūdžio ir kad daugiau jo ypatybių tiesiogiai atspindi ne EKG bet vektorkardiograma (VKG) [7]. Vainikinių arterijų (VA) susiaurėjimai sukelia kraujotakos sutrikimus, kurie savo ruožtu pakeičia „blogai maitinamos“ širdies raumens srities biochemines bei elektrines savybes. Pripažintas dipolinis širdies elektrinės veiklos modelis parodo, kad tokių pažeistų sričių lokalizacija tiesiogiai veikia širdies momentinio elektrinio vektoriaus kryptį – pasuka jį į priešingą pusę [8].

Šio darbo tikslas - eksperimentiškai įvertinti vektorkardiografinių parametrų reikšmę nustatant širdies vainikinių arterijų susiaurėjimus ankstyvoje stadijoje bei iširti ryšį tarp pažeistų vainikinių arterijų pažeidimo laipsnio ir širdies elektrinio vektoriaus krypties.

### Kontingentas ir metodas

Buvo iširti 57 sveiki asmenys (37 proc. vyrų ir 63 proc. moterų; amžius 31,5m.±8,4m.), kurie sudarė kontrolinę

grupę (I grupę) ir 203 ligoniai (II grupę), sergantys krūtinės angina (72% vyrų ir 28% moterų, amžius 59,3m.±9,9m.), kurie buvo gydyti KMUK Kardiologijos klinikos I ir II kardiologijos skyriuose 1999–2003 metais.

Visiems ligoniams buvo atlikta koronarografija (KG). Koronarografija atliekama angiografijos aparatu Advantx DLX+. Per kateterio vidinį spindį į vainikinę arteriją suleidžiamas kontrastinis tirpalas, kuris užpildo vainikinę arteriją ir jos šakas. Vaizdas dokumentuojamas kompiuteryje. KG metu vertinamas: vainikinių arterijų aterosklerozės išplitimo laipsnis, kolateralų buvimas, kraujotakos tipas.

VA spindžio susiaurėjimas 50% ir daugiau buvo laikomas hemodinamiškai reikšmingu. Ligoniai, turintys ritmo ir laidumo sutrikimų, nebuvo tiriami.

Remiantis KG duomenimis, ligoniai buvo suskirstyti:

- pagal VA stenozės laipsnį,
- pagal pažeistų VA skaičių.

Pagal stenozės laipsnį buvo sudarytos dvi grupės:

- 81 ligoniui buvo nustatyti hemodinamiškai nereikšmingi ( $\leq 30\%$ ) VA spindžio susiaurėjimai (III grupė);

- 122 ligoniams buvo nustatyti reikšmingi VA spindžio susiaurėjimai - 50% ir daugiau (IV grupė).

Pagal pažeistų VA skaičių buvo sudarytos šios grupės:

- 52 ligoniams buvo nustatyti vienos VA pažeidimai (IVa grupė);

- 35 ligoniams buvo nustatyti dviejų VA pažeidimai (IVb grupė);

- 33 ligoniams buvo nustatyti trijų VA pažeidimai (IVc grupė).

Ir EKG, ir VKG atspindi širdyje vykstančius elektrinius reiškinius. Jos skiriasi tik elektrinių procesų vaizdavimo būdu. EKG vaizduoja procesus kaip skalariinio potencialo kitimą, o VKG – kaip širdies elektrinio vektoriaus brėžiamas kilpas. Tris širdies veiklos fazes atitinka P, QRS ir T kilpos. P kilpa parodo prieširdžių aktyvacijos (depolarizacijos) procesą, QRS kilpa - skilvelių aktyvacijos (depolarizacijos) procesą ir T kilpa – skilvelių atsistatymo (repolarizacijos) procesą. Jei repolarizacijos procesas vyktų tiksliai priešingai depolarizacijai ir tuo pačiu greičiu, tai T kilpa būtų priešinga QRS kilpai. Kadangi iš tikrųjų įvairiose širdies srityse depolarizacijos trukmė skiriasi, o repolarizacija yra pasyvus procesas, tai tos kilpos nukreiptos panašia kryptimi, nors tarp jų maksimalių vektorių yra kampas  $\alpha$ QRS-T. Žinoma, kad sveikiems žmonėms šis kampas frontalinėje plokštumoje (horizontalios ašies atžvilgiu) neviršija  $45^\circ$  [9]. Miokardo infarkto metu galimi dideli kampo  $\alpha$ QRS-T pokyčiai.

Visiems pacientams buvo registruojama skaitmeninė EKG (diskretizacijos parametrai 12 bit, 2 kHz, 10 s įrašo trukmė, 12 standartinių derivacijų). Vėliau šios EKG buvo apdorojamos automatizuota EKG analizės sistema [10], sukurta KMU Kardiologijos instituto Kardiologinių tyrimų automatizacijos laboratorijoje. EKG kompiuterinės analizės sistemoje registruojamos 8 derivacijos – I, II, V1-V6, o kitos keturios – III, aVR, aVL ir aVF atkuriamos iš I ir II derivacijų. EKG filtruojamos aukštojo bei žemojo dažnio filtrais, pašalinant EKG izolinijos dreifą. Kitame

analizės etape atpažįstamos EKG P, Q, R, S, T bangos, išmatuojamos jų amplitudės ir trukmės, atliekamas parametų vidurkinimas 10 s trukmės įrašė. Vektorių projekcijas frontalinėje plokštumoje apibrėžiantys kampai  $\alpha$ QRS,  $\alpha$ P,  $\alpha$ T ir  $\alpha$ QRS-T nustatomi iš I ir III derivacijų ir apskaičiuojami pagal formulę

$$\alpha y_i = \arctg \left( 1,15 \frac{\Delta y_i^{III}}{\Delta y_i^I} + 0,575 \right),$$

kur  $\Delta y_i^{III}$  yra QRS, P ar T bangų amplitudžių algebrinė suma III derivacijoje, o  $\Delta y_i^I$  – I derivacijoje. Į lygtį koeficientai 1,15 ir 0,575 įrašyti todėl, kad I ir III derivacijos nėra tarpusavyje statmenos. Kadangi kardiologijoje vartojama nestandartinė kampų skaičiavimo sistema, t. y. kampai skaičiuojami ne 0...360 laipsnių intervale, o 0...+180 ir 0...-180 laipsnių intervaluose, be to, tg  $\alpha$  reikšmė laikoma neigiama I ir II kvadrantuose ir teigiama – III, IV kvadrantuose, tai reikėjo taikyti atitinkamas kampų redukcijos formules.

VA susiaurėjimams nustatyti labiausiai galėtų tikti  $\alpha$ QRS-T kampas, nes vektorius P atspindi prieširdžių elektrinę veiklą, o likusieji du vektoriai QRS ir T – skilvelių, t.y. pagrindinės širdies raumens masės elektrinę veiklą, kuri pakinta sutrikus kraujotakai. Pats QRS vektoriaus kampas iš tikrųjų didelės reikšmės neturi, nes nustatomas horizontaliosios (X) ašies atžvilgiu, neįvertinant realios širdies geometrinės ašies padėties, kuri gali gana smarkiai keistis. Todėl QRS vektoriaus kampą naudojome širdies ašies padėčiai nusakyti, o  $\alpha$ QRS-T kampą (kampą tarp vektorių QRS ir T) – VA susiaurėjimams įvertinti.

Statistiškai duomenys buvo apdorojami su taikomuoju paketu SPSS 8.0.

## Rezultatai

Visoms tirtoms grupėms nustatytos kampų  $\alpha$ QRS-T vidutinės reikšmės ir jų standartinės paklaidos (1 lentelė).

1 lentelė. Kampų  $\alpha$ QRS-T reikšmės

Grupės	$\alpha$ QRS-T
I	21,0±2,1
II	35,4±2,3
III	31,5±3,3
IV	37,9±3,1
IVa	39,7±4,5
IVb	42,8±7,7
IVc	30,2±3,6

Matome, kad visų pacientų pastebėtas kampas  $\alpha$ QRS-T yra padidėjęs, palyginti su sveikais asmenimis.

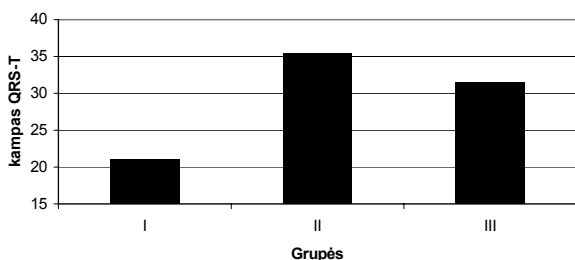
Statistiškai patikimas kampų skirtumas nustatytas tarp I ir visų kitų grupių (2 lentelė).

Reikėtų pabrėžti, kad ligoniams su nereikšmingais VA susiaurėjimais (III grupė) kampas  $\alpha$ QRS-T statistikai patikimai skiriasi nuo sveikųjų ( $p=0,008$ ), tačiau nesiskiria nuo kitų ligonių grupių (1 pav.). Tai rodo, kad jau pradinėje stenozės stadijoje, kai jos laipsnis nedidelis, širdies raumens elektrinės savybės keičias ir dėl to

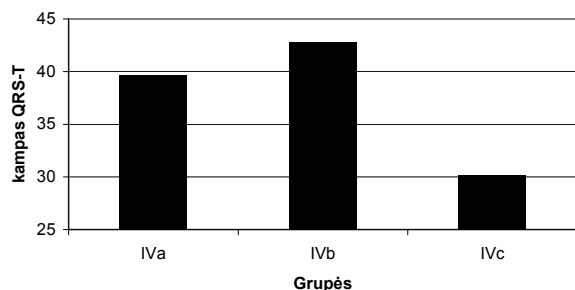
padidėja kampas  $\alpha$ QRS-T. Todėl šio kampo padidėjimas galėtų būti taikomas kaip papildomas rodmuo įtariant stenozės sąlygojamą ankstyvą IŠL stadiją, kai koronarografijos metu VA pakitimų neaptinkama ar nustatoma nereikšminga VA stenozė.

2 lentelė. Kampų  $\alpha$ QRS-T palyginimas

Lyginamos grupės	p
I ir II	0,001
I ir III	0,008
I ir IV	0,001
I ir IVa	0,001
I ir IVb	0,009
I ir IVc	0,032



1 pav. Kampų  $\alpha$ QRS-T palyginimas sveikiems ir ligoniams



2 pav. Ligonų su įvairiu pažeistų vainikinių arterijų skaičiumi kampų  $\alpha$ QRS-T palyginimas

Lyginant ligonius su viena, dviem ir trimis pažeistomis VA (IVa-IVb-IVc grupės), nerasta statistiškai patikimų kampo  $\alpha$ QRS-T skirtumų. Tačiau esant trijų VA stenozei, kampas turi tendenciją mažėti (2 pav.). Manoma, kad plačiai išplitę širdies raumens elektrinių savybių pokyčiai iš dalies kompensuoja kampo  $\alpha$ QRS-T padidėjimą.

Kampo  $\alpha$ QRS-T padidėjimas ligoniams (palyginti su sveikaisiais) greičiausiai yra sąlygojamas elektrinių savybių pokyčių kairiajame skilvelyje, kuris paprastai yra didesnis.

## Išvados

1. Vektorkardiografiniai parametrai gali būti panaudoti ankstyvam VA susiaurėjimų nustatymui. Kampo  $\alpha$ QRS-T reikšmės ligoniams su nedideliais VA spindžio susiaurėjimais ( $31,5 \pm 3,3$ ) ir sveikiems ( $21,0 \pm 2,1$ ) patikimai skiriasi ( $p < 0,008$ ).

2. Kampo  $\alpha$ QRS-T reikšmės tirtiems ligoniams ( $35,4 \pm 2,3$ ) ir sveikiems ( $21,0 \pm 2,1$ ) patikimai skiriasi ( $p < 0,001$ ).

## Literatūra

1. **Gelmanas G., Jurkonis V.** Daugiadipolis širdies elektrinės veiklos modelis // Elektronika ir elektrotechnika. - 1996. - Nr. 5(9). - P. 85-86.
2. **Gargasas L. et al.** Evaluation of the stenosis of the coronary arteries based on biophysical analysis of electrocardiogram // Abstracts of XXVII International Congress on Electrocardiology. - Italy, Milan, 2000. - P.121.
3. **Meškauskas T. et al.** Spectral slope analysis for sudden death prediction // Lithuanian J. Cardiol. - 2000. - V. 7, N1. - P. 42-50.
4. **Bastys A. et al.** Sudden death prediction based on heart rate variability and electrical cardiac axis position // Lithuanian J. Cardiol. - 2000. - V. 7, N2. - P. 10-17.
5. **Bastys A. et al.** Kardiogramų spalvinė ir dinaminė vizualizacija // Lithuanian J. Cardiol. - 2000. - V. 7, N4. - P. 94-100.
6. **Bastys A. et al.** Computerized Approach, for revealing Coronary Artery Stenosis // Heart Disease: New Trends in Research, Diagnosis and Treatment: 2nd Int. Congress on Heart Disease. - Washington, D.C., USA, July 21-24, 2001. - P. 375-379.
7. **Herpen van G., Kors J.A.** The future of vectorcardiography // In : Einthoven 2002, 100 years of Electrocardiology. Eds. Schalij M. J., Janse M. J. et al. Einthoven Foundation. - Leiden, The Netherlands, 2002. - P. 123-130.
8. **Malmivuo J., Plonsey R.** Ch. 11. Theoretical methods for analyzing volume sources and volume conductors // In : Bioelectronics – principles and applications of bioelectric and biomagnetic fields. Eds. Malmivuo J., Plonsey R. - Oxford University Press. New York, 1989. - P. 2-10
9. **Friedman H.H.** Diagnostic electrocardiography and vectorcardiography. - McGraw-Hill, New York, 1971.
10. **Korsakas S., Vainoras A., Gargasas L., Ruseckas R., Miškinis V., Jurkonienė R.** The Computerized Analysis of Cardiac Signals // Biomedical Engineering. – 1997. - V.42, Suppl. 1. - P. 114-117.

Pateikta spaudai 2003 06 02

**A. Matiukas, S. Kaminskienė, S. Rūtienė, G. Jaruševičius, L. Gargasas.** Vektorkardiografijos reikšmė nustatant širdies vainikinių arterijų susiaurėjimus // Elektronika ir elektrotechnika. - Kaunas: Technologija, 2003. - Nr. 6(48). - P. 75-78.

Straipsnyje pateikiami vektorkardiografinių parametrų pokyčių ankstyvoje vainikinių arterijų susiaurėjimų stadijoje ir pacientų, nesirgusių miokardo infarktu, tyrimų rezultatai. Buvo siekiama nustatyti ryšį tarp vainikinių arterijų pažeidimo sunkumo ir širdies elektrinio vektoriaus krypties. Šio vektoriaus kryptis širdies geometrinės ašies atžvilgiu buvo įvertinama kampu  $\alpha$ QRS-T. Buvo ištirti 57 sveiki asmenys (37% vyrų ir 63% moterų, amžius  $31,5m \pm 8,4m$ ), kurie sudarė kontrolinę grupę, ir 203 ligoniai, sergantys krūtinės angina (72% vyrų ir 28% moterų, amžius  $59,3m \pm 9,9m$ ). Visiems ligoniams buvo atlikta koronarografija bei registruojama skaitmeninė EKG, kurią apdorojus su automatizuotos EKG analizės sistema, sukurta KMU Kardiologijos instituto Kardiologinių tyrimų

automatizacijos laboratorijoje, buvo išmatuojami kampai  $\alpha$ QRS,  $\alpha$ P,  $\alpha$ T ir  $\alpha$ QRS-T. Nustatyta, kad net pradinėje stenozės stadijoje (kol ji hemodinamiškai nereikšminga) ligoniams stebimas patikimas ( $p < 0,008$ ) kampo  $\alpha$ QRS-T padidėjimas ( $31,5 \pm 3,3$ ), palyginti su sveikais žmonėmis ( $21,0 \pm 2,1$ ). Taip pat nustatyta, kad kampo  $\alpha$ QRS-T reikšmės tirtiems ligoniams ( $35,4 \pm 2,3$ ) ir sveikiems ( $21,0 \pm 2,1$ ) patikimai skiriasi ( $p < 0,001$ ). Il. 2, bibl. 10 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

**A. Matiukas, S. Kaminskienė, S. Rūtienė, G. Jaruševičius, L. Gargasas. Prognosis of the Narrowing of Coronary Arteries Based on Vectorcardiographic Parameters // Electronics and Electrical Engineering. - Kaunas: Technologija, 2003. - No. 6(48). - P. 75-78.**

In this paper we present the results of the investigation of the variation of vectorcardiographic parameters during the early stage of the narrowing of coronary arteries and for the patients without myocardial infarction. The goal was to find the relation between the level of the lesions in coronary arteries and the direction of electric heart vector. The direction of this vector relative to the heart geometrical axis was estimated as the angle  $\alpha$ QRS-T. We studied a reference group of 57 healthy persons (37% men, 63% women, age  $31,5 \pm 8,4$ ), and 203 patients with angina pectoris (72% men, 28% women, age  $59,3 \pm 9,9$ ). All patients were investigated by coronary angiography and also there was recorded digital ECG. Further processing of the ECG by automated analysis system, created in the Institute of Cardiology of Kaunas Medical University provided the vectorcardiographic parameters  $\alpha$ QRS,  $\alpha$ P,  $\alpha$ T ir  $\alpha$ QRS-T. It was found that even the patients at the early stages of stenosis have the higher values of angle  $\alpha$ QRS-T ( $31,5 \pm 3,30$ ) relative to the healthy persons ( $21,0 \pm 2,1$ ). The values of angle  $\alpha$ QRS – T were found to be different for the investigated patients ( $35,4 \pm 2,3$ ) and healthy persons ( $21,0 \pm 2,1$ ) too ( $p < 0,001$ ). Il. 2, bibl. 10 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English, Russian).

**А. Матиюкас, С. Каминскене, С. Рутене, Г. Ярушявичюс, Л. Гаргасас. Значение параметров векторкардиографии для определения сужений коронарных артерий // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2003. - № 6(48). - С. 75-78.**

В статье представлены результаты исследования изменений векторкардиографических параметров на ранней стадии сужения коронарных артерий и больным, которые не переболели инфарктом миокарда. В этой работе мы попытались определить связь между степенью повреждений коронарных артерий (КА) и направлением электрического вектора сердца. Направление этого вектора относительно геометрической оси сердца было определено углом  $\alpha$ QRS-T. В исследование были включены 57 здоровых лиц (37 проц. мужчин и 63 проц. женщин, возраст  $31,5 \pm 8,4$  лет), которые образовали контрольную группу и 203 больных (72 проц. мужчин и 28 проц. женщин, возраст  $59,3 \pm 9,9$  лет), которым был поставлен диагноз стенокардии. Всем больным была выполнена коронарография и цифровая ЭКГ. После автоматического анализа ЭКГ системой, которая была создана сотрудниками Кардиологического института КМУ, были определены углы  $\alpha$ QRS,  $\alpha$ P,  $\alpha$ T и  $\alpha$ QRS-T. Мы определили что даже на ранней стадии сужения коронарных артерий угол  $\alpha$ QRS-T был больше ( $31,5 \pm 3,30$ ) чем у здоровых ( $21,0 \pm 2,1$ ). Значения угла также различались у больных ( $35,4 \pm 2,3$ ) и у здоровых ( $21,0 \pm 2,1$ ) ( $p < 0,001$ ). Ил. 2, библи. 10 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).

DOI: 10.5755/j02.eie.11123