

REFERAT

L.GYERGYEK, M.VEZJAK, F.SOLINA, V.RUTAR*, A.JANEŽIČ*, F.MIHELIČ, F.JAGER
Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška 25, Ljubljana

* Inštitut za klinično kardiorespiratorno fiziologijo, KC, Ljubljana

DIAGNOSTICIRANJE HIPERTROFIJE LEVEGA PREKATA NA
OSNOVI VEKTORKARDIOGRAFSKIH PARAMETROV

LEFT VENTRICULAR HYPERTROPHY DIAGNOSYS BY MEANS
OF VECTORCARDIOGRAPHIC PARAMETERS

POVZETEK—Razpoznavamo 320 vektorkardiografskih parametrov za vsako od štiridesetih oseb obeh spolov. Populacija vsebuje zdrave osebe in bolnike z blago in izraženo hipertrofijo. Poleg posnetega signala EKG in VKG nam kot referenca služi tudi z ehokardiografijo določena masa levega prekata. Za računalnik PDP 11/34 smo razvili programe za prikaz Frankovih ortogonalnih odvodov in izračun značilnih parametrov. Skalarne odvode lahko prikažemo v časovnem prostoru, kot planarne zanke, kot prostorsko zanko ali pa v obliki polarkardiograma oziroma sferokardiograma. Na osnovi rezultatov lahko zaključimo, da signal VKG vsebuje primerno informacijo za klinično ločevanje med pacienti s hipertrofijo levega prekata in zdravimi osebami.

ABSTRACT—We computed 320 vectorcardiographic parameters for each of 40 subjects of both sexes (some healthy, others with various degrees of hypertrophy). Besides ECG and VCG readings, left ventricular mass determined by means of echocardiography used as reference. On the computer PDP 11/34 computer also programs for drawings the Frank leads in time domain, as planar and space loops, polarcardiogram and sferocardiogram and computing characteristic parameters were developed. Analysis of scalar leads and vectorcardiographic loops made possible to work out the program for detection of left ventricular hypertrophy (LVH). We conclude that VCG provide pertinent information in the clinical differentiation of LVH and normals.

1. UVOD

VKG je prikaz zaporedja trenutnih integralnih vektorjev med depolarizacijo in repolarizacijo srca v faznih ravninah. Povezava vrhov vektorjev tvori vektorkardiografsko krivuljo v ravnini ali prostoru kot linearno naraščajoči graf.

VKG je bil v svojem začetku izrazito empirična disciplina (morda je ponekod še danes?). Primerjava z EKG in kliničnimi najdbami je dala prve izkušnje. Pri tem ni bilo jasno, zakaj so vektorkardiografske zanke prav takšne oblike kot jih vidimo. Razvoj elektrofiziologije je pojasnil povezanost oblike slike VKG in fiziološkega dogajanja. Takšna "deduktivna" logika (po Sodi-Pallaresu) omogoča razumevanje in posledično tudi razpoznavanje dogajanja v srcu.

V zadnjih desetih letih je z razvojem neinvazivnih metod naraslo zanimanje za VKG, ki je znanstveno in didaktično nesporna metoda, a žal klinično še premalo uporabljena, saj jo srečamo le v večjih medicinskih centrih. VKG je v bistvu enostavna metoda, ki številne subtilne, formalno v EKG prezrte aspekte predstavi v izrazitejši obliki. VKG ima pred EKG dve diagnostični prednosti - boljša kvantitativna in statistična opredelitev parametrov ter prikaz srca kot prostorskega generatorja toka. Uporaba VKG je smotrna zlasti v naslednjih primerih: diagnosticiranje miokardnega infarkta, določitev tipa in stopnje ventrikularne obremenitve, analiza blokov in atrioventrikularnih motenj prevajanja. Slabosti VKG pa so: uporaba različnih odvodnih sistemov in različnih metod analize, nepopolna standardizacija in za zdravnika težja sprejemljivost metode. Našteti dejavniki so krivi za upočasnjen prodor vektorkardiografije v klinično prakso /1/,/2/.

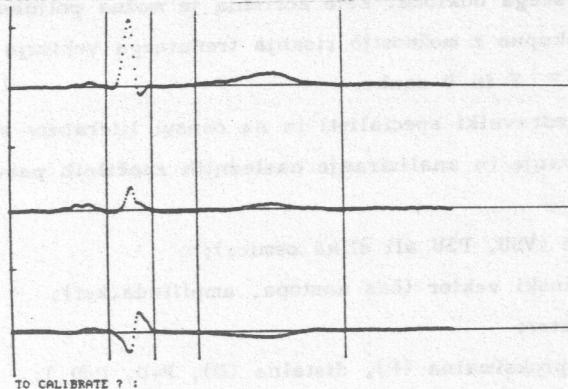
Hipertrofija levega prekata je ena izmed zgodnjih komplikacij hipertenzivne bolezni, ki prizadene od 15 do 20% odraslih. Da jo lahko z običajnimi preiskovalnimi metodami razpoznamo, mora biti že močneje izražena. Zgodnje oblike hipertenzije ni mogoče zanesljivo odkriti, čeprav se pri tem postopoma razvija koncentrična hipertrofija levega prekata, kar se izraža v povečanju debeline sten votline in povečanju mase levega prekata ob nespremenjeni prostornini votline /3/. Hugenholtz in drugi so dokazali povezanost med površinskimi potenciali in težo ter debelino stene levega prekata. Primerjava vektorkardiografskih in elektrokardiografskih parametrov kaže, da

je vsota trenutnih prostorskih napetosti in vsota levih, inferiornih in posteriornih prostorskih napetosti bolj povezana z maso levega prekata kot pa prekardialne napetosti.

Elektrokardiografska diagnoza hipertrofije levega prekata je zahtevna. Številne študije so pokazale, da ima lahko določeni kriterij veliko senzitivnost toda nizko specifičnost, spet drugi pa visoko specifičnost in majhno senzitivnost. Iskanje kriterija, ki bi bil obenem senzitiven in specifičen, še vedno ostaja eden glavnih problemov elektrokardiografije /4/.

2. OPIS PROGRAMOV

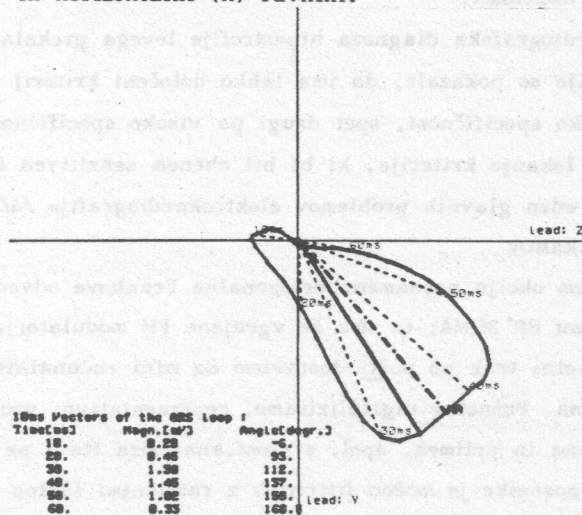
V kliničnem okolju posnamemo ortogonalne Frankove odvode pacientov na magnetofonu HP 3694A; ta ima že vgrajene FM modulatorje in demodulatorje. Magnetni trak po pošti dostavimo do mini računalnika PDP 11/34 s 32 K spomina. Posnetke digitaliziramo, reprezentativni vzorec s podatki o pacientu (ime in priimek, spol, starost, anamneza itd.) pa spravimo na disk. Šumne posnetke je možno filtrirati z različnimi lastno razvitimi filtri /5/. Diagnostični program je organiziran kot off-line batch obdelava. Reprezentativni vzorec je povprečje normalnih sistol posnetka. Program razpozna QRS komplekse kot referenčne dogodke s pomočjo funkcije imenovane prostorska hitrost /6/ in dodatnimi algoritmi v časovnem prostoru. Na sliki 1 vidimo rezultate razpoznavanja kot simultano nastopajoče meje QRS kompleksov in T valov v vseh Frankovih odvodih.



Pacient: ARKO ANA ME7
Sex : F
Age : 52

Slika 1. Rezultat razpoznavanja meja QRS kompleksov in T valov

Program razpozna in numerično določi vrednosti značilnih parametrov faznih zank ter prikaže rezultate te analize v frontalni (F), levi sagitalni (S) (slika 2) in horizontalni (H) ravnini.



Slika 2. Prikaz 10 ms vektorjev, polpovršinskega vektorja, maksimalnega QRS vektorja ter širine in dolžine zanke v S ravnini.

Programsko je možno zahtevati risanje trenutnega srčnega vektorja, ki drsi po obodu ravninske oziroma prostorske zanke, in ga je mogoče ustaviti na poljubnem mestu. Sam se ustavi v točki maksimalnega ravninskega oziroma prostorskega odklona. Zelo koristna je možna poljubna povečava zanke, kar skupno z možnostjo risanja trenutnega vektorja omogoča podrobnejši študij P, T in U zanke.

Po dogovoru z zdravniki specialisti in na osnovi literature smo se odločili za razpoznavanje in analiziranje naslednjih značilnih parametrov QRS zanke /7/:

- orientacija zanke (VSU, PSU ali slika osmice);
- maksimalni ravninski vektor (čas nastopa, amplituda, kot);
- polpovršinski vektor;
- površine zanke (proksimalna (P), distalna (D), P+D, P/D);
- dolžina in širina zanke (L, W, L/W);
- čas trajanja zanke;
- obseg zanke;

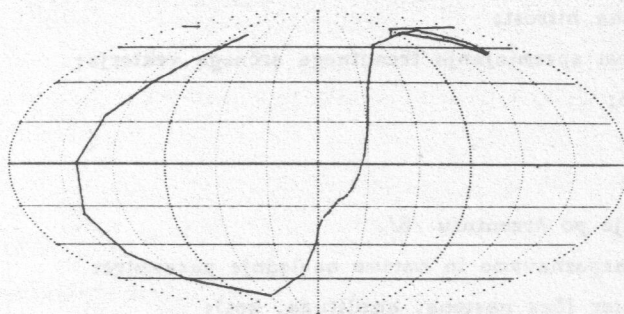
- polariteta zanke;
- kota α in β ;
- povprečna obodna hitrost;
- povprečna hitrost spreminjanja trenutnega srčnega vektorja;
- vektorja Q in S;
- vektor težišča;
- 10 ms vektorje;
- značilne vektorje po Arzeniusu /8/.

Za T zanko pa razpoznavamo in merimo naslednje parametre:

- maksimalni vektor (čas nastopa, amplituda, kot);
- površina zanke (P, D, P+D, P/D);
- dolžina in širina zanke (L, W, L/W);
- čas trajanja zanke;
- obseg zanke;
- polariteta zanke;
- ST vektor (amplituda, kot);
- kot med maksimalnim QRS in maksimalnim T vektorjem (QRS - T kot).

Po Travis Winsorju /9/ smo povzeli koncept analize prostorske vektorkardiografske zanke, digitalni prostorski VKG ter normalne prostorske vrednosti. Program analizira trenutne prostorske vektorje oziroma njihove tri komponente: prostorsko velikost, elevacijo in azimut. Te tri polarkardiografske parametre najbolje predstavimo s polarkardiogramom (PKG), samo elevacijo in azimut pa v obliki sferokardiograma (SKG), ki ga vidimo na sliki 3 /10, 11/. Poleg tega smo po Mac Farlandu povzeli "scoring" sistem /4/ in diagnostični program /6/ za določevanje prisotnosti HLV.

Referenca o nastopu bolezni so prav tako rezultati ehokardiografije. V tri različne formule za izračun mase levega prekata vstavljamo naslednje parametre: LVPW - debelina zadnje stene levega prekata, IVS - debelina intraventrikularnega septuma, LVID - premer votline levega prekata in TS - telesna površina. Iz Frankovih odvodov pa je možno s pomočjo transformacijske matrike /11/ določiti 12 klinično še vedno najpogosteje uporabljenih standardnih odvodov. V obdelavi VKG smo določali tudi vrednosti dveh parametrov, ki ocenjujeta ravninskost QRS zanke. Prvi "planariteta QRS zanke" je določen kot srednje kvadratno odstopanje zanke od ravnine,



Slika 3. SKG pacienta z blago HLV.

ki se zanki najbolj prilega, drugi "torzija QRS zanke" pa je enak povprečni absolutno vzeti torzijski ukrivljenosti zanke /12/.

3. REZULTATI STATISTIČNE ANALIZE

Vzorci 10 zdravih in 30 hipertnikov smo grupirali v tri grupe: v skupino zdravih oseb, skupino bolnikov z močneje in 25 bolnikov z manj izraženo hipertrofijo. Med posameznimi skupinami smo na prej navedenih VCG parametrih preizkušali ničelno hipotezo, da se srednje vrednosti parametrov med dvema grupami med seboj ne razlikujejo proti enostranski alternativni hipotezi:

$$H_0 : \mu_i = \mu_j ; H_a : \mu_i > \mu_j \text{ ali } \mu_i < \mu_j .$$

V ta namen smo iz vzorčnih vrednosti parametrov določili vrednost Studentove statistike t in določili njeno stopnjo značilnosti α . Rezultati analize so pokazali, da med skupino zdravih ljudi in skupino bolnikov z manj izraženo hipertrofijo ni značilnih razlik med povprečnimi vrednostmi parametrov (α vedno večja od 0.2), medtem ko so se povprečne vrednosti parametrov v glavnem značilno razlikovale med skupino zdravih in skupino hipertoničnih bolnikov. Rezultate te primerjave podaja naslednja tabela:

Rezultati statistične obdelave VKG parametrov v horizontalni ravnini:

parameter	stopnja značilnosti(α)
vsota amplitud $R_x + R_y$	0.05
vsota amplitud $R_x + R_z$	0.0005
maksimalni QRS vektor	0.01
maksimalni QRS kot	0.2
half-area vektor	0.2
proksimalna ploščina(P)	0.1
distalna ploščina(D)	0.2
P/D	0.2
širina QRS zanke(W)	0.2
dolžina QRS zanke(L)	0.01
L/W	0.25
obseg QRS zanke	0.0005
polariteta QRS zanke(LP)	0.2
azimut LP	0.2
elevacija LP	0.4
povprečna obodna hitrost	0.0005
vektor težišča	0.005
maksimalni T kot	0.05
maksimalni QRS-T kot	0.05
planariteta	0.3

4.SKLEP

Rarunalniško smo obdelali množico 10 zdravih in 30 pacientov z blago oziroma izraženo hipertenzijo. Obdelava sestoji iz določitve 320 vektorkardiografskih in 10 ehokardiografskih parametrov za vsakega preiskovanca. Reference o nastopu bolezni so poleg elektrokardiografskih in vektorkardiografskih tudi ehokardiografsko določena masa levega prekata na enoto telesne površine po treh različnih obrazcih. Povprečnavrednost te mase po Teichholtzu zanša za del hipertrofične populacije 75.2 g/m^2 TS, kar je bistveno manj kot je navedeno v literaturi /3/. To dejstvo govori o prisotnosti hipertrofije v zgodnji fazi, odkrivanje znakov te faze pa je bil tudi

eden od namenov tega dela.

Vektorkardiografske parametre smo razpoznali, izmerili in prikazali v časovnem prostoru, v obliki planarnih zank, v dvodimenzionalni projekciji prostorske zanke, v polarkardiografu in sferokardiogramu ter kot 12 stardadnih izpeljanih odvodov. Statistična analiza v horizontalni ravnini je dokazala, da so parametri $R_x + R_z$ in obseg, povprečna obodna hitrost ter vektor težišča QRS zanke visoko značilni pri ločevanju normalnih od hipertrofičnih vzorcev ($p < 0.0005$), nekoliko manj pa $R_x + R_y$ ter kot med maksimalnima T in QRS vektorjema ($p < 0.05$). Še manj značilni pa so dolžina QRS zanke ($p < 0.01$) in ostali prikazani parametri.

LITERATURA :

- /1/ Računalniške metode za analizo in diagnosticiranje signalov EKG(2.faza), Naloga RS SRS, pogodba št.781/529-79, Ljubljana 1980
- /2/ Računalniške metode za analizo in diagnosticiranje signalov EKG(1.faza), Naloga RS SRS, pogodba št.781/7976-78, Ljubljana 1979
- /3/ Pomen ehokardiografije za ocenjevanje hipertrofije levega prekata, Naloga Inštituta za klinično kardiorespiratorno fiziologijo KC v Ljubljani, Ljubljana 1980
- /4/ P.W.MacFarlane in dr.:New three orthogonal ECG criteria for ventricular hypertrophy, Modern Electrocardiology, Balatonfured 1977
- /5/ F. Jager, diplomsko delo FE, Ljubljana 1980
- /6/ P.W.MacFarlane, T.D.Lawrie:An introduction to automated electrocardiogram interpretation, Batterworth and Co., London 1974
- /7/ H.J.vonMengden, K.Brodde:Computer Analyse des Korrigierten Orthogonalen Kardiogramms, Archiv f.Kreislaufforsch.B.67,H.2,s.123,1972
- /8/ A.C.Artzenius, A.A.Meurs:Vectorcardiographic recognition on ventricular hypertrophy based upon duration of certain parts of QRS complex, Modern Vectorcardiography, Ed.I.Hoffman, North-Holland Pub.Co., Amsterdam -London 1971
- /9/ Travis Winsor: Primer of Vectorcardiography, Lea&Febinger, Philadelphia 1972
- /10/ J.A.Abildskov, W.I.Ingerson:Linear time scale for spatial vectorcardiographic data, Circulation, Vol.14, p.556, 1956
- /11/ G.E.Dower:The Polarcardiography, Computer&Biomedical Research, No. 2, p.90, 1980
- /12/ L.D.Cady, Jr. in dr.:Useful components for electrocardiographic leads systems transformations, Proc. XIth Vectorcardiographic Symposium, str.72-77, 1970