

Procena kvaliteta rekonstrukcije dvanaestokanalnog elektrokardiograma iz vektorskog zapisa CardioBip sistema sa integralnim elektrodama na osnovu individualne matrice

Siniša U. Pavlović^{1,5}, Boško Bojović³, Vladan Vukčević^{1,2}, Ljupčo Hadžijevski³, Petar Beličev³, Predrag Mitrović^{1,2}, Petar Otašević^{1,4}, Rade Babić^{1,4}

¹ Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu, ² Klinika za kardiologiju, Klinički centar Srbije, ³ Institut za nuklearne nauke, Vinča, ⁴ Institut za kardiovaskularne bolesti Dedinje, ⁵ Pejsmejker centar „Prof Milan Bane Đorđević“ Klinički centar Srbije

Sažetak

Uvod Postojeći sistemi za urgentnu telemetriju kardioloških bolesnika snimaju jedan ili dva odvoda EKG-a. Ovo je dovoljno u slučaju dijagnoza vezanih za poremećaje ritma, dok je, u slučaju koronarne bolesti, u urgentnoj situaciji za procenu neophodno imati kompletan 12 kanalni EKG.

Metod Novi sistem CardioBip koristi džepni aparat koji snima tri kanala na osnovu kojih se računski rekonstruišu i prikazuju svih 12 kanala, koristeći za proračun metod sa individualizovanom matricom transformacije. Džepni aparat snimanje obavlja pomoću integralnih elektroda, bez upotrebe kablova, čime se bolesniku omogućava lako snimanje EKG-a kod kuće, odnosno ma gde se nalazio. Posebno razvijeni softver omogućava grafički prikaz kompletnog EKG-a.

Analizirano je 60 bolesnika u dve vodeće kardiološke ustanove u Beogradu sa ciljem da se višestrukom nezavisnom kontrolom od strane svih lekara koji su učestvovali u analizi proceni prisustvo ili odsustvo razlike po svakom pojedinačnom odvodu rekonstruisanog elektrokardiograma i elektrokardiograma koji je standardno snimljen, radi procene nivoa pouzdanosti ovakve rekonstrukcije, kao i uticaja eventualne promene na završnu dijagnozu.

Rezultati i zaključak Izloženi sistem za rekonstrukciju elektrokardiograma na osnovu samo tri odvođa omogućava brzu i preciznu rekonstrukciju dvanaestokanalnog elektrokardiograma, što otvara mogućnost daljeg razvoja sistema i primenu transtelefonskog prenosa ovakvog zapisa. Cilj ovog koncepta je da omogući skraćivanje vremena do uspostavljanja dijagnoze do primene adekvatne terapije i povećava verovatnoću preživljavanja.

Ključne reči

Elektrokardiografija, matrica transformacije, rekonstrukcija

Uvod

Stav mnogih lekara praktičara, ali i biomedicinskih eksperata je da i pored široke zastupljenosti u svakodnevnoj kardiološkoj praksi, iskorišćenost elektrokardiograma kao dijagnostičke metode nije potpuna, pa se upoređuje sa poznatom simbolikom ledenog brega, gde je vidljivi deo onaj koji sada koristimo u svakodnevnom radu, a onaj "nevidljivi deo", je deo potencijalnih mogućnosti. Povećanje efikasnosti primene bi se moglo kretati i u pravcu mogućnosti da bolesnik sam sebi može da registruje elektrokardiogram u urgentnim stanjima. Ovaj pravac ima ograničen domet zbog nemogućnosti preciznog tumačenja, ukoliko nije u pitanju dvanaestokanalni elektrokardiogram i potrebe da se ovako registrovani zapis prosledi na ekspertsko mišljenje što je brže moguće.

Epidemiološke studije redovno potvrđuju veliku učestalost kardiovaskularnih oboljenja, a kao najčešći uzrok smrtnog ishoda se navode forme ishemijske bolesti srca. U velikom broju zemalja, kardiovaskularna oboljenja su najčešći uzrok mortaliteta i određenog nivoa invaliditeta.¹ Prema podacima Svetske zdravstvene organizacije, svake godine od koronarne bolesti umire oko 7 miliona ljudi (u razvijenim zemljama gde je moguće epidemiološko praćenje), što je 13% svih smrtnih ishoda kod muškaraca i 12% smrtnih ishoda kod žena. Od ovog broja 56% smrtnih ishoda se javljaju pre 75 godine života.² Skraćivanje vremena do medicinskog tretmana je imperativ smanjenja mortaliteta i kasnije umanjene radne sposobnosti bolesnika. Najčešće hitno stanje u kardiologiji je akutni infarkt miokarda, a postoje i poremećaji srčanog ritma koji direktno ugrožavaju život bolesnika i kod kojih je brzi-

na intervencije neposredno vezana sa preživljavanjem. Prema podacima Američke asocijacije za srce (American Heart Association) učešće bolesnika sa poremećajima srčanog ritma u grupi bolesnika sa srčanim oboljenjima je oko 24%.³

Doktrinarni stav iste Asocijacije, koji se može smatrati opšte prihvaćenim, je da se i u jednom i drugom slučaju (akutnog koronarnog sindroma i po život ugrožavajućih poremećaja ritma) kao osnovno dijagnostičko sredstvo koristi dvanaestokanalni elektrokardiografski zapis.

Kod akutnog infarkta miokarda, ukoliko primena reperfuzione terapije ne kasni, oštećenje može biti malo, a posledice zanemarive, a takav efekat se postiže primenom reperfuzionih tehnika (primena medikamentne trombolize i balon-angioplastika, poznata kao P.T.C.A. – *perkutana transluminalna koronarna angioplastika*). Medikamentna tromboliza podrazumeva primenu preparata kao što su: *streptokinaza*, *urokinaza* ili *tPA* (tkivni plasminogen aktivator), a neophodno je da ovi lekovi moraju biti primenjeni u što je moguće kraćem vremenskom periodu, optimalno u prva 3 sata od početka simptoma. Prospektivnim studijama je pokazano da samo 1 od 5 bolesnika stiže u bolnicu u prvom satu od početka simptoma.⁴ Iste studije pokazuju da je mortalitet skoro dva puta veći ukoliko je trombolitička terapija primenjena posle 4 do 6 sati od pojave simptoma, u odnosu na primenu iste terapije u prva dva sata od pojave simptoma (8.9% vs. 4.3%).

Vreme od početka simptoma do primene adekvatne terapije se može podeliti na tri perioda.⁵

- A. *Prvi period* je vreme od pojave simptoma do odluke bolesnika da pozove hitnu pomoć, njenog dolaska i odluke da se bolesnik transportuje u adekvatnu ustanovu. Ovo vreme čini 60% do 70% od ukupnog perioda kašnjenja.⁵
- B. *Drugi period* vremena je period transporta bolesnika koji čini samo 3% do 8% ukupnog kašnjenja.
- C. *Treći period* je vreme od dolaska u bolnicu do odluke o terapiji i njene primene i čini 25% do 33% ukupnog kašnjenja.

Brza dijagnoza postavljena na bazi dvanaestokanalnog elektrokardiograma skraćuje značajno fazu A i B i time drastično umanjuje rizike akutnog koronarnog događaja. Jedan od mogućih načina da se ovo gubitak vremena smanji je primena mobilnih transtelefonskih elektrokardiografskih dvanaestokanalnih uređaja.

Dosadašnji sistemi koji su u komercijalnoj primeni u svetu su ili imali samo jedan do tri odvoda registracije i prenosa, ili imali suviše komplikovanu proceduru za registrovanje elektrokardiograma koja je zahtevala izvestan stepen obučenosti i tehničkog znanja. To su sve bili razlozi kojim se rukovodio tim istraživača različitih oblasti tehničkih nauka i medicine u razvoju sistema koji bi imao mogućnost registracije ili rekonstrukcije dvanaestokanalnog elektrokardiograma dovoljnog nivoa pouzdanosti da omogući sigurnu primenu ovakvog sistema, a čija će mogućnost biti da se dalje razvija u pravcu transtelefonskog prenosa ovako registrovanog zapisa.

Sistem koji je testiran našim radom je razvijan tokom perioda od deset godina, kao odgovor na incijalnu ideju da je moguće konstruisati sistem koji će biti novo oruđe

u rukama lekara, a kojim će se pomoći registracija retkih poremećaja ritma, koji su predstavljali čest razlog dijagnostičkih i terapijskih nedoumica. Ideja je, dakle započela kao „loop rekorder“, da bi se vremenom razvila ka svojoj pravoj nameni: sistem koji će omogućiti individualno registrovanje elektrokardiograma od strane samog ispitanika, a koji će biti „prenesen“ u centar iz koga će biti moguća veza sa lekarom koji će dati ekspertsko mišljenje o potrebi i hitnosti intervencije.

Prva i neophodna faza jednog ovakvog koncepta je svakako pouzdano rekonstruisan dvanaestokanalni elektrokardiogram, a na osnovu zapisa čija će «veličina» u tehničkom smislu biti takva da će biti moguć brz i pouzdan transtelefonski prenos do centra u kome će stručno lice biti u mogućnosti da pogleda i protumači elektrokardiogram i uputi povratnu informaciju bolesniku o potrebi i hitnosti intervencije.

Cilj rada

Cilj ove studije je bio da proceni pouzdanost rekonstruisanog elektrokardiograma i prati njegovu promenljivost u odnosu na stanje oboljenja bolesnika, a u svrhu daljeg razvijanja sistema i omogućavanja razvoja transtelefonskog prenosa ovako rekonstruisanog signala, što u krajnjem, omogućava brzu reakciju na pojavu pogoršanja bolesti kod korisnika jednog ovakvog uređaja.

Materijal i metode

Cilj ovog rada je proveriti tačnosti metode rekonstrukcije na osnovu snimljena 3 specijalna odvoda koji je baziran na individualizovanoj matrici transformacije, za koju se autori opredelili kao koncept razvoja sistema. Analiza rekonstrukcije dvanaestokanalnog elektrokardiograma na osnovu posebno razvijenog uređaja nazvanog CardioBip sistem (originalno konstruisan od strane autora) je podrazumevala poseban protokol koji se sastojao u:

- (A) istovremenom registrovanju 3 specijalna odvoda i konvencionalnog dvanaestokanalnog elektrokardiograma,
- (B) na osnovu zapisa 3 specijalna odvoda su rekonstruisani konvencionalni odvodi. Po registrovanju
- (C) je vršeno poređenje rekonstruisanih odvoda elektrokardiograma sa odvodima snimljenim na konvencionalan način.

Pregled i poređenje elektrokardiograma su radili kardiolozi dve kardiološke klinike (Klinika za kardiologiju Kliničkog centra Srbije, Institut za kardiovaskularne bolesti Dedinje).

Analiza rekonstruisanih elektrokardiograma je vršena po principu trostruke kontrole prikupljanjem nezavisnih mišljenja po svakom pojedinačnom paru elektrokardiograma od strane kardiologa iz triju pomenutih ustanova.

Analizirano je ukupno 60 parova elektrokardiograma kod bolesnika koji su u studiji učestvovali dobrovoljno u skladu sa principima Dobre kliničke prakse i Helsinške deklaracije. Ispitivani su elektrokardiogrami 26 žena i 34 muškarca prosečne starosti 46.5+/-12.3 godina. Kod 38

Tabela 1. Rezultati analize rekonstruisanog i snimljenog elektrokardiograma
(Results of analysis reconstructed and registered electrocardiography)

	Konvecionalno registrovani elektrokardiogram vs. rekonstruisani elektrokardiogram <i>Standard registered ECG vs. Reconstructed ECG</i>				
	Nema odstupanja <i>Without stand out</i>	Odstupanja u jednom odvodu <i>Stand out in one lead</i>	Odstupanja u dva odvoda <i>Stand out in two leads</i>	Odstupanja u više od dva odvoda <i>Stand out in more than two lead</i>	Ukupno <i>Total</i>
Broj ispitanika <i>Number of patients</i>	51	6	3	Ø	60
%	85	10	5	Ø	100

(57%) bolesnika elektrokardiogram je bio bez patoloških promena, dok su kod ostalih postojale promene koje su ukazivale na poremećaje provođenja po tipu bloka grane 6 (10%) i 16 (27%) bolesnika sa promenama koje bi ukazivale na smanjenu koronarnu rezervu.

Posebno je insistirano da se u mišljenju o elektrokardiogramu kardiolog odredi koliko, ukoliko odstupanje postoji, ono utiče na mišljenje o dijagnozi.

Rezultati

Kod 51 od 60 bolesnika (85%) po proceni tri nezavisna kardiologa odstupanja nema ili su zanemarljiva u ukupnom iznosu, i veličine su debljine linije zapisa, a odnose se uglavnom na amplitude R i S zubaca, a ne i na ST segment i T talas. Kod 6 bolesnika (10%) uočena je greška u jednom odvodu, a kod 3 (5%) u dva odvoda, koja se odnosila na T talas i silazni deo R zupca (tabela 1).

Ni u jednom od slučajeva odstupanje nije imalo uticaj na dijagnozu, niti je moglo imati za posledicu pogrešnu dijagnozu.

Diskusija

Sistem koji je testiran vrši registrovanje elektrokardiograma na osnovu njegovog odnosa sa konvencionalno registrovanim elektrokardiogramom primenom poznate aproksimacije električne pojave u srcu jedinstvenim pokretnim dipolom. Metod je razvijen tako što se koristi matrica transformacije individualizovana za svakog bolesnika. Ovim se, na osnovu informacija sadržanih u snimku samo 3 specijalna odvoda, omogućava veoma kvalitetna rekonstrukcija kompletnog 12 kanalnog EKG-a, na način kao da su snimljeni direktno na pacijentu u trenutku kad i specijalni odvodi. Metod je baziran na algoritmu rekonstrukcije sa individualizovanom matricom transformacije. On uključuje kao prvi korak proceduru kalibracije pri kojoj se na osnovu istovremenog merenja specijalnih i konvencionalnih odvoda EKG-a uspostavlja veza između ove dve grupe odvoda za pojedinačnog bolesnika, odnosno izračunavaju koeficijenti matrice transformacije.

Registrovanje tri specijalna odvoda vrši se posebno razvijenim uređajem malog formata, koji omogućava portabilnost. Posebnim softverom razvijenim za ovaj sistem, na osnovu ovog trokanalnog zapisa i individualne matrice za bolesnika, koja postoji u bazi podataka, rekonstruiše se dvanaestokanalni elektrokardiogram.

U slučaju korišćenja telemetrijskih elektrokardiograf-

skih aparata za bolesnike sa koronarnom bolešću, cilj je da bolesnik u slučaju tegoba sam sebi telemetrijskim aparatom snimi kompletan elektrokardiogram, a potom, što je predviđeno drugom fazom realizacije ovog projekta, stvori mogućnost da se ovakao uprošćen signal putem telefona pošalje u centar, gde će u korelaciji sa individualnom matricom koja već postoji u kompjuteru centra doći do rekonstrukcije dvanaestokanalnog elektrokardiograma.⁶ Ovakav elektrokardiogram pregleda potom dežurni kardiolog koji odlučuje o prisustvu ili odsustvu promena, a time i prisustvu ili odsustvu potrebe za hitnom intervencijom. Najvažniji cilj ovakvog sistema je skraćanje vremena do pružanja adekvatne pomoći bolesniku. Pacijent bi iz kontrolnog centra, od strane lekara, dobio informaciju o: 1) stepenu urgentnosti, 2) mogućnosti da sam uzme lek po savetu lekara ili 3) da se hitno javi u neki od centara za lečenje akutnog koronarnog sindroma.^{5,7}

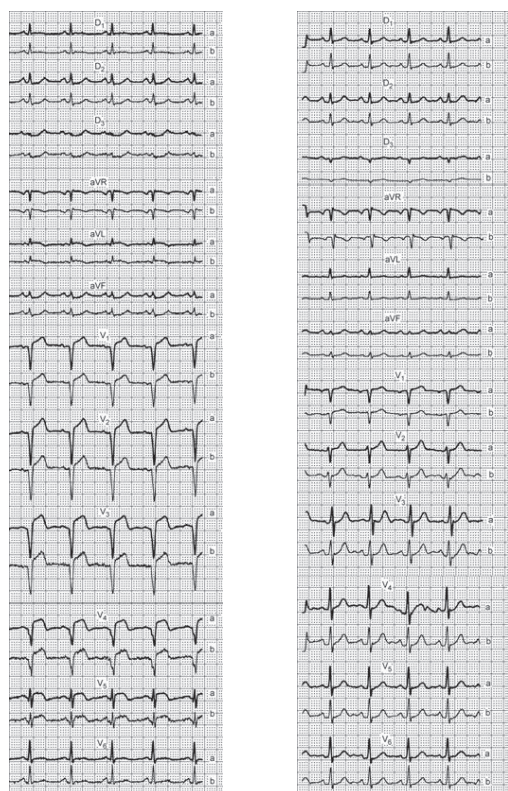
U svetu su u komercijalnoj primeni tri grupe sistema⁸⁻¹¹ koji prate osnovni koncept ideje o potrebi brze intervencije:

- 1) Prva grupa su sistemi koji vrše prenos samo jednog do dva elektrokardiografska kanala, što umanjuje dijagnostičku tačnost i vrednost ovih sistema.
- 2) Druga grupa su sistemi koji imaju mogućnost snimanja dvanaestokanalnog elektrokardiograma, ali sa po deset elektroda i kablova kablju koji bolesnik treba sam da stavi na sebe ili uz pomoć nekoga iz svoje okoline. Jedna od varijanti je da pacijent ima manje od deset elektroda, ali snimanje obavlja u nekoliko faza.
- 3) Treća grupa sistema je zasnovana na registrovanju vektorskih odvoda (X, Y i Z), na osnovu kojih je moguće izvršiti proračun svakog od dvanaest odvoda.¹²

Mana ovih sistema je u korišćenju univerzalne matrice rekonstrukcije dvanaestokanalnog elektrokardiograma, ali je i pored korišćenja univerzalne matrice ovaj pristup pokazao prednosti u različitim kliničkim situacijama.¹³⁻¹⁵

Stav autora je da je postoji mogućnost poboljšanje ovakvog metoda je razvojem koncepta primene individualne matrice.¹⁶⁻¹⁷

Cilj našeg istraživanja je upravo bio da dokaže pouzdanost koncepta individualne matrice i mogućnost aparata da napravi na osnovu nje i samo tri tačke dodira sa grudnim košom bolesnika dvanaestokanalni elektrokardiogram. Pored ovog neophodnog uslova, cilj nam je bio da pristupimo problemu i sa aspekta olakšanja primene sistema od strane samog bolesnika, do te mere da ni



Slika 1. Poređenje snimljenog i rekonstruisanog elektrokardiograma (a - EKG, b – rekonstruisani EKG) kod ispitanika sa normalnim elektrokardiogramom.

Figure 1. Comparing of the reconstructed ECG with its counterpart in the standard 12-channel ECG in patients with normal ECG.

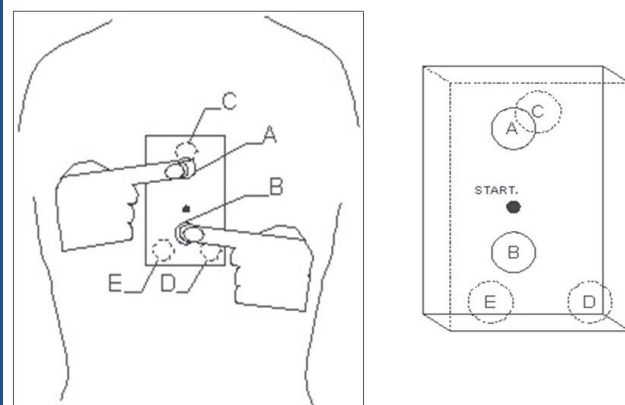
Slika 2. Poređenje snimljenog i rekonstruisanog elektrokardiograma (a - EKG, b – rekonstruisani EKG) kod ispitanika sa ishemijskim promenama na elektrokardiogramu.

Figure 2. Comparing of the reconstructed ECG with its counterpart in the standard 12-channel ECG in patients with ischaemic changes on ECG.

stanje straha, koje prati pojavu akutnog koronarnog sindroma ne bude onemogućujući faktor za registrovanje i slanje elektrokardiografskog zapisa.

Kao neposredni cilj smo odredili procenu preliminarnog nivoa pouzdanosti rekonstruisanog dvanaestokanalnog elektrokardiograma u poređenju sa standardnim dvanaestokanalnim elektrokardiogramom kod ispitanika bolesnika sa normalnim i patološki izmenjenim elektrokardiogramom. Kao udaljeni cilj smo definisali da ukoliko rezultati pokažu izuzetno visok nivo pouzdanosti rekonstrukcije, predvidimo realizaciju sledeće faze razvoja sistema transtelefonskog prenosa ovakvog signala.

Rezultati su pokazali da je, ukoliko bi po relativno strogom kriterijumu procenili da je promena u veličini R ili S zubca u jednom odvodu prihvatljiv nivo preciznosti, moguće konstatovati da je u celih 95% sistem rekonstrukcije bio visoko pouzdan. Treba izdvojiti kao najznačajnije da ni u jednom od slučajeva odstupanja, prome-



Slika 3. Shematski prikaz aparata, njegove pozicije pri registraciji (levo) i pozicije tačaka sa kojih se registruje na samom aparatu (desno).

Figure 3. Device shema, position during registration (left) and position of registration leads (right).

na nije imala uticaj na dijagnozu, niti je mogla imati za posledicu pogrešnu dijagnozu.

Rezimiranje osnovnih karakteristika ovog aparata podrazumeva sledeće:

- 1) primena individualne matrice
- 2) mogućnost rekonstrukcije dvanaestokanalnog elektrokardiograma visokog nivoa pouzdanosti
- 3) mogućnost snimanja bez kablova

Ceo sistem organizacije radi efikasnostog korišćenja je zasnovan na svoja dva osnovna integrativne segmenta:

- 1) centar u kome se vrši kalibracija i kasnija rekonstrukcija dobijenog zapisa. U ovom centru se po prvom dolasku pacijenta koji preuzima aparat vrši registracija sistemom za kalibraciju snimanjem sa deset standardnih elektroda i 4 integrisane elektrode. Po završenom snimanju se u centralnom kompjuteru formira matrica na osnovu koje će kasnije biti moguće pri svakom pozivu bolesnika rekonstruisati dvanaestokanalni elektrokardiogram radi procene kardiološkog statusa u tom trenutku.
- 2) Aparat džepne veličine sa kojim, kada je matrica jednom formirana, pacijent može sam da registruje svoj elektrokardiografski zapis prislanjanjem uređaja sa integrisanim elektrodama na sredogrudje, pritiskom na jedno dugme.

Kao prateći pokazatelj pravilno izvršene procedure snimanja elektrokardiograma ovim aparatom od strane bolesnika predviđeni su i elektronski zvučni signali.

Shematski prikaz integrisanih elektroda je dat na slici 3. Dve integrisane elektrode A i B se nalaze sa prednje strane i na njih pacijent naslanja svoje kažiprste. Ostale tri elektrode se nalaze sa unutrašnje strane aparata (elektrode C, D i E) i njih pacijent prislanja na grudni koš.

Na ovaj način je izrazito olakšano registrovanje elektrokardiograma i može se primeniti u svim okolnostima.

Zaključak

Primenom jedinstvene matrice transformacije je dobijen rezultat koji potvrđuje stabilnu i pouzdanu rekonstrukciju 12 kanalnog EKG-a iz signala koji je zabeležen snimanjem samo tri specijalna odvoda. Pored najznačajnije upotrebe u urgentnoj telemetriji, metod se može koristiti u svim kliničkim situacijama gde je teško ili onemogućeno stalno praćenje kompletnog 12 kanalnog EKG-a. Ovom potvrdom pouzdanosti otvaraju se mogućnosti istraživača da rade na daljem razvoju primene kroz sve forme prenosa signala (fiksno ili mobilnom telefonijom).

Posebno značajno je da ovako pouzdan metod rekonstrukcije baziran na individualizovanoj matrici transformacije omogućava da se na osnovu 3 snimljena odvoda izračuna 12 kanalni EKG koji se može koristiti za postavljanje dijagnoze.

Literatura

- World Health Organization. The World Health Report 1999, Geneva, 1999.
- World Health Organization. The World Health Report 2000. Geneva, 2000.
- <http://www.americanheart.org/statistics/index.html>
- Faxon D, Lenfant C. Timing is everything: Motivating patients to call 9-1-1 at onset of acute myocardial infarction. *Circulation* 2001;104:1210-1.
- Hutter AM Jr, Weaver WD. 31st Bethesda Conference. Emergency Cardiac Care. Task force 2: Acute coronary syndromes: Section 2A--Prehospital issues. *J Am Coll Cardiol* 2000;35(4):846-53.
- Greenwold P, et al. Device for measuring multiple channels of heartbeat activity and encoding into a form suitable for simultaneous transmission over a telephone line. U.S. Patent no. 4,889,134, 1989.
- Lenfant C, et al. Considerations for a national heart attack alert program. *Clin Cardiol* 1990;8 (Suppl 8):VIII9-11.
- Bible C, et al. Optical/electrical transceiver. U.S. Patent no. 5,226,431, 1993.
- Gessman S, Apparatus and method for remotely monitoring implanted cardioverter defibrillators. U.S. Patent no. 5,321,618, 1994.
- Langer M, et al. Method and system for monitoring the heart of a patient. U.S. Patent no. 5,966,692, 1999.
- Bojović B. Method and system for ECG recording via telephone. PCT WO 01/70105 A2 patent application, 2001.
- Dower GE. Method and apparatus for sensing and analyzing electrical activity of the human hearth, US Patent No 4,850,370, 1989.
- Rautaharju PM, Zhou SH, Hancock EW, et al. Comparability of 12-lead ECGs derived from EASI: leads with standard 12-lead ECGs in the classification of acute myocardial ischemia and old myocardial infarction. *J Electrocardiol* 2002;35 (4/2):35-9.
- Wehr G, Peters R, Khalife K, et al. A vector-based 5 electrode 12-lead ECG (EASI®) is equivalent to the conventional 12-lead ECG for diagnosis of myocardial ischemia. *J Am Coll Cardiol* 2002; 39 (Suppl 1):122.
- Field DQ, Feldman CL, Horáček BM. Improved EASI coefficients: Their derivation, values, and performance. *J Electrocardiol* 2002; 35 (4/2): 23-33.
- Scherer JA, Jenkins JM, Nicklas JM. Synthesis of the 12-lead electrocardiogram from a 3-lead subset using patient-specific transformation vectors. An algorithmic approach to computerized signal synthesis. *J Electrocardiol* 1989; 22:128.
- Nicklas JM, Scherer JA. Method and apparatus for synthesizing leads of an electrocardiogram. US Patent No 5,058,598, 1993.

Abstract

Evaluation of twelve-lead electrocardiography reconstruction quality from vector CardioBip system with integral electrodes based on individual matrix

Siniša U. Pavlović^{1,5}, Boško Bojović³, Vladan Vukčević^{1,2}, Ljupčo Hadžijevski³, Petar Beličev³, Predrag Mitrović^{1,2}, Petar Otašević^{1,4}, Rade Babić^{1,4}

¹ School of medicine, University of Belgrade, ² Cardiology Clinic, Clinical Center of Serbia, ³ Institute for nuclear sciences, Vinča,

⁴ Institut for cardiovascular diseases Dedinje, ⁵ Pacemaker Center „Prof Milan Bane Đorđević“ Clinical Center of Serbia

Introduction Available systems for emergency telemetry of cardiology patients are equipped to record one or two ECG leads. This is usually sufficient in diagnosis of the rhythm disturbances, but in coronary artery disease emergency assessment requires complete 12-lead ECG.

Method New CardioBip system that we present here uses portable pocket device able to record three leads which are computationally reconstructed into all 12 leads, using a method with individual matrix transform. The cordless pocket device uses integrated lead electrodes, thus enabling easy ECG recording made by patients at home or elsewhere. Graphic representation of complete 12-channel ECG is made using specially designed software. The 60 patients involved in the study were analyzed in the two leading cardiology centers in Belgrade, by three different cardiologists, to obtain unbiased results. We compared each of the 12 leads of the reconstructed ECG with its counterpart in the standard 12-lead ECG. The idea was to assess the reliability of such reconstruction, as well as the impact of possible differences on the final diagnosis.

Results and conclusion The presented system for ECG reconstruction based on just three leads enables fast and exact reconstruction of 12-lead electrocardiogram, opening a possibility of further system development and transtelephonic transmission of such recording. Aim of this concept is to shorten the time to establishing a diagnosis and administration of adequate therapy, thus increasing the survival of CAD patients.

Key words: Electrocardiography, matrix transformation, reconstruction