

PROGRAMSKI SISTEM ZA 3D REKONSTRUKCIJU SRCA

Milan Milosavljević, Oklobdžija Milan, *Elektrotehnički fakultet u Beogradu*,
Slobodan Obradović, *Vojnomedicinska akademija u Beogradu*,

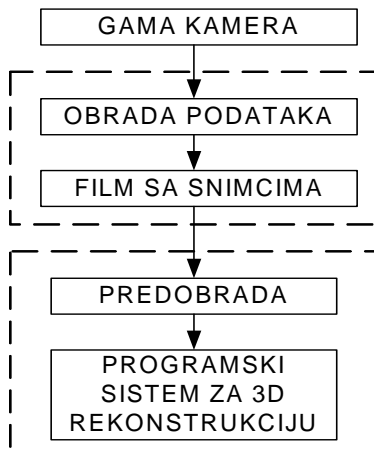
Sadržaj – Cilj ovog rada je da predstavi mogućnost primene programskog sistema za 3D rekonstrukciju srca u praćenju stanja pacijenata sa akutnim infarktom miokarda. Rad je povezan sa pilot studijom izvedenom na Vojno medicinskoj akademiji u Beogradu, čiji je cilj da pokaže izvodljivost i bezbednost primene autologe transplantacije progenitornih ćelija poreklom iz koštne srži radi brže regeneracije miokarda nakon infarkta. Programski sistem ovde treba da obezbedi kvalitativnu i kvantitativnu procenu regeneracije tkiva.

1. UVOD

U poslednje vreme došlo je do novih otkrića o mogućnosti regeneracije srčanog mišića. Radovi Quani i sar. i Miler i sar [1],[2] su ukazali na postojanje ćelija koje su u stanju da regenerišu razna visoko diferencirana tkiva, pa i srce. Činjenicu da srce nije postmitotični organ, i da miociti mogu da proliferišu nakon infarkta naročito u zoni u okolini infarkta, pokazali su Beltrami i sar. [3]. U radu se takode ukazuje da ovaj proces može da doprinese povećanju vijabilnog funkcionalnog miokarda. Izvor progenitornih ćelija koje se mogu diferencirati u različite ćelije verovatno je koštana srž, a možda i poprečnoprugasta mišićna vlakna [4], [5].

2. PRIMENJENA METODA LEČENJA

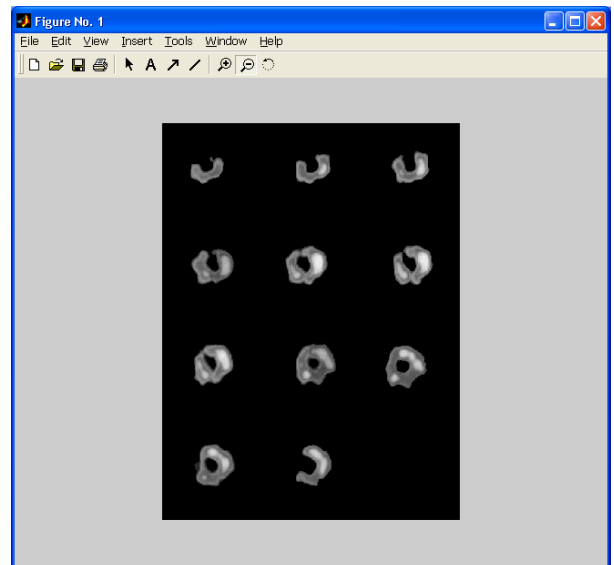
Programski sistem (Sl 1) opisan u ovom radu povezan je sa pilot studijom [6] čiji je cilj da pokaže izvodljivost i bezbednost primene autologe transplantacije progenitornih ćelija poreklom iz koštne srži u cilju brže regeneracije miokarda nakon infarkta. Intrakoronarna infuzija mononuklearnih ćelija poreklom iz koštane srži primenjena je kod 4 pacijenta sa dijagnostikovanim prvim akutnim infarktom miokarda (AIM) sa ST elevacijom prednjeg zida, koji su lečeni primarnom angioplastikom.



Sl. 1 Pločaz programskog sistema za 3D rekonstrukciju u okviru sistema za SPECT snimanja.

Pacijenti nad kojima je izvršena autologa transplatacija su u regularnim vremenskim intervalima podvrgavani SPECT pregledima. Tokom pregleda se generišu snimci koji predstavljaju horizontalne preseke leve srčane komore. Na ovaj način se određuje perfuzija tkiva srca i time omogućavaju uvid u funkcionalnost tkiva.

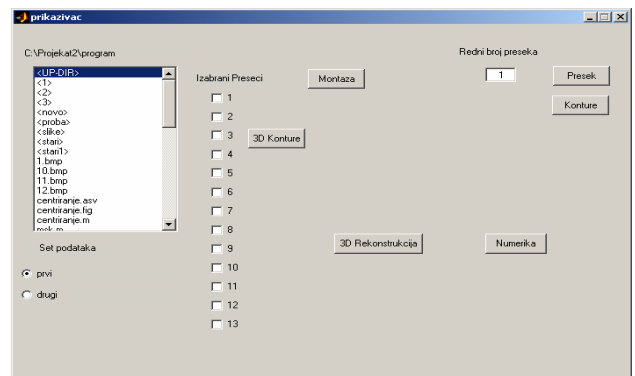
Snimci praktično predstavljaju sekvencu slika čiji pikseli imaju 256 nivoa (Sl 2). Slike se unutar aplikacije prevode u odgovarajuću 3D matricu koja se zatim koristi za proračune i generisanje 3D reprezentacije.



Sl. 2 Sekvenca slika svih horizontalnih preseka.

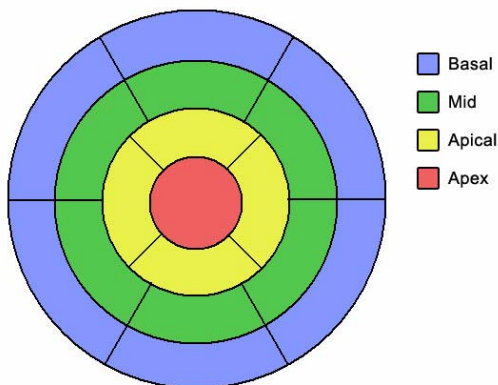
3. PROGRAMSKI SISTEM ZA 3D REKONSTRUKCIJU SRCA U PRAĆENJU OPORAVKA PACIJENTA

Razvijanjem odgovarajuće aplikacije u programskom paketu MATLAB omogućeno je kvalitativno i kvantitativno praćenje stanja pacijenta. Koristeći snimke horizontalnih preseka leve srčane komore aplikacija generiše odgovarajuću 3D rekonstrukciju i kvantitativne parametre funkcionalnosti srca.



Sl. 3 Interfejs aplikacije za kalitativno i kvantitativno praćenje stanja pacijenta

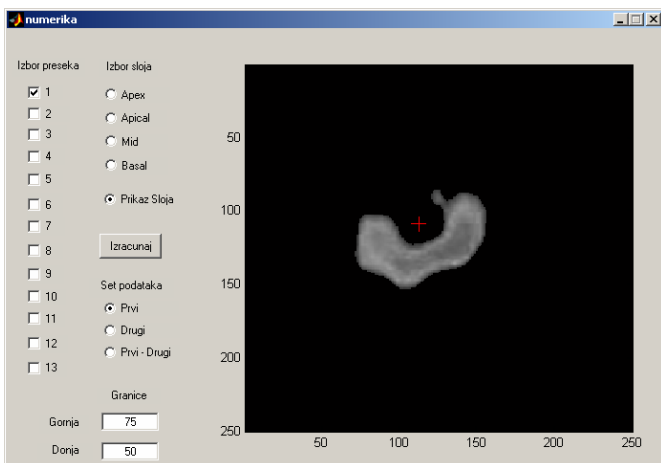
U cilju pojednostavljenja upotrebe razvijen je odgovarajući korisnički interfejs (Sl 3) u MATLAB-ovom okruženju za razvoj korisničkog interfejsa (GUIDE). Ovaj interfejs omogućava jednostavan unos parametara, pozivanje MATLAB funkcija i prikaz rezultata. Ovo omogućava lekarima da jednostavno koriste aplikaciju bez poznavanja MATLAB-a.



Sl. 4 Model srca koji se koristi za određivanje kvantitativnih pokazatelja perfuzije srca

Za proračune kvantitativnih parametara koristi se model srca prikazan na (Sl 4). Srce je ovde podeljeno na četiri horizontalna sloja i svakom od njih su pridruženi odgovarajući preseki. Slojevi su izdvojeni na sektore čiji se broj i orijentacija menjaju zavisno od sloja kome pripadaju. Odgovarajuća funkcija unutar aplikacije prvo skalira vrednosti nivoa piksela na vrednosti od 0 do 100 procenata gde 100% odgovara maksimalnom pronađenom nivou unutar 3D matrice. Sada vrednosti piksela predstavljaju relativnu perfuziju tkiva srca. Aplikacija određuje koji procenat zapremine sektora u zadatom sloju ima relativni nivo perfuzije između zadatih granica (obično su intervali 0-50, 50-75 i 75-100 procenata).

Pre ovih kalkulacija potrebno je izvršiti predobradu ulaznih podataka. Neophodno je odrediti unutrašnje i spoljašnje granice zida komore kao i njen centar. Zatim je potrebno dodeliti odgovarajuće preseke određenom sloju. Ovde se zadaju i granice relativnih nivoa perfuzije. Ove operacije se izvode preko prozora na (Sl 5). Zatim se odgovarajućom funkcijom izračunavaju traženi procenti. Rezultati se prikazuju u posebnom prozoru (Sl 6).



Sl. 5 Prozor za prikaz i dodelu preseka odgovarajućem sloju i određivanje granica prosečnih relativnih nivoa perfuzije.

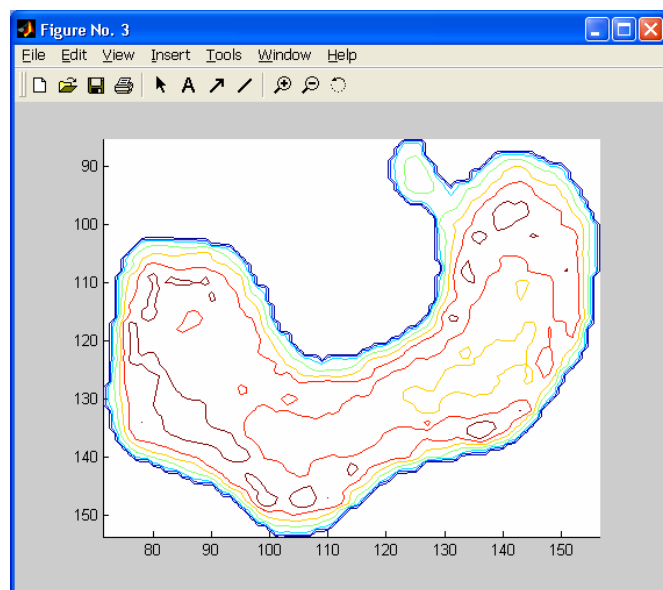
Na ovaj način moguće je uporediti rezultate snimanja vršenih u toku terapije i tako kvantitativno odrediti povećanje dela tkiva koje je funkcionalno.

The screenshot shows the 'num prikaz' software interface displaying a table of perfusion data. The table is organized into two columns of data, each with three sub-columns representing perfusion levels: 0-49, 50-74, and 75-100. The rows list various heart layers and sectors.

	0-49	50-74	75-100		0-49	50-74	75-100
apex	0	0	0	basal anterolateral	34	36	29
apical lateral	25	50	25	basal anterior	52	46	2
apical anterior	89	11	0	basal anteroseptal	67	32	0
apical septal	56	44	0	basal inferoseptal	40	51	8
apical inferior	45	55	0	basal inferior	57	37	6
				basal inferolateral	57	34	9
mid anterolateral	36	31	33				
mid anterior	65	34	1				
mid anteroseptal	58	42	0				
mid inferoseptal	34	59	7				
mid inferior	51	46	3				
mid inferolateral	34	42	24				

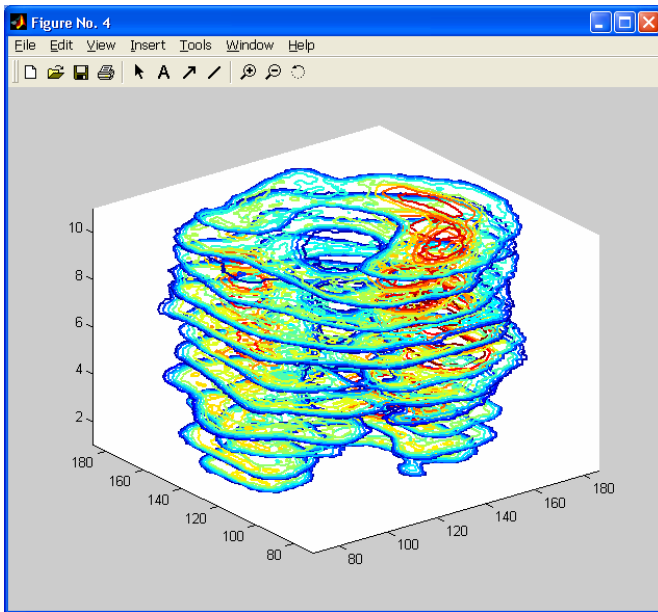
Sl. 6 Prozor za prikaz rezultata proračuna

Kvalitativno praćenje stanja pacijenta se zasniva na generisanju izo-linija preseka i 3D rekonstrukciji srca. Aplikacija omogućava prikaz izo-linija odgovarajućeg preseka kao na (Sl 7). Ovaj način prikaza je pogodan za uočavanje oblasti unutar kojih relativne vrednosti perfuzije imaju vrednosti veće ili jednake određenoj graničnoj vrednosti. Slike izo-linija svih preseka se mogu prikazati u obliku 3D projekcije gde je moguće prikazati izo-linije svih preseka (Sl 8).

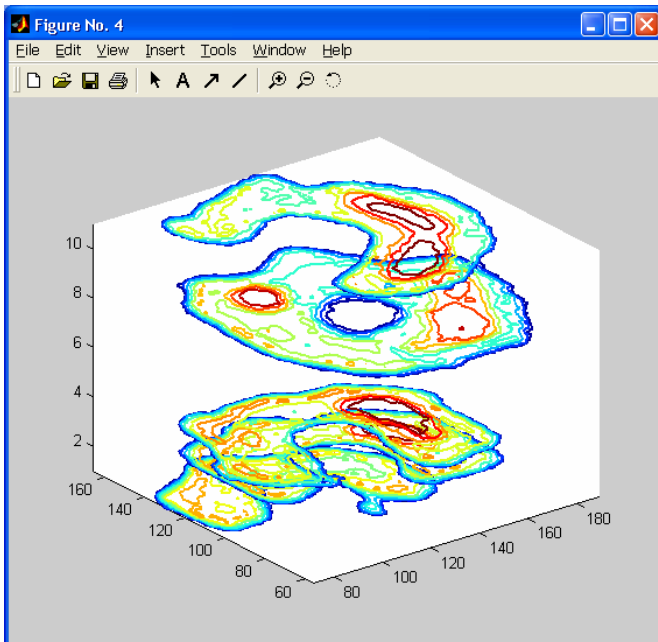


Sl. 7 Izo-linije jednog preseka.

Kada se zahteva bolja preglednost moguće je isključiti pojedine preseke iz prikaza kao na (Sl 9). Drugi način prikaza podataka dobijenih iz snimaka horizontalnih preseka je 3D rekonstrukcija. Ovaj način prikaza se zasniva na generisanju 3D modela čije su površine konstruisane po izo-linijama svih preseka koje odgovaraju zadatom nivou relativne vrednosti perfuzije. Zatim se vrši rendering slike pri postojanju spoljašnjeg osvetljenja. Ovaj model se može rotirati i moguće je podesiti poziciju izvora svetlosti.

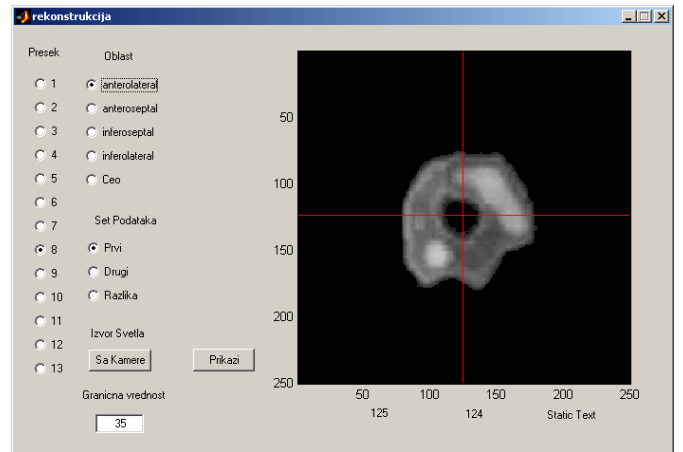


Sl. 8 Izo-linije svih preseka predstavljene 3D projekcijom.

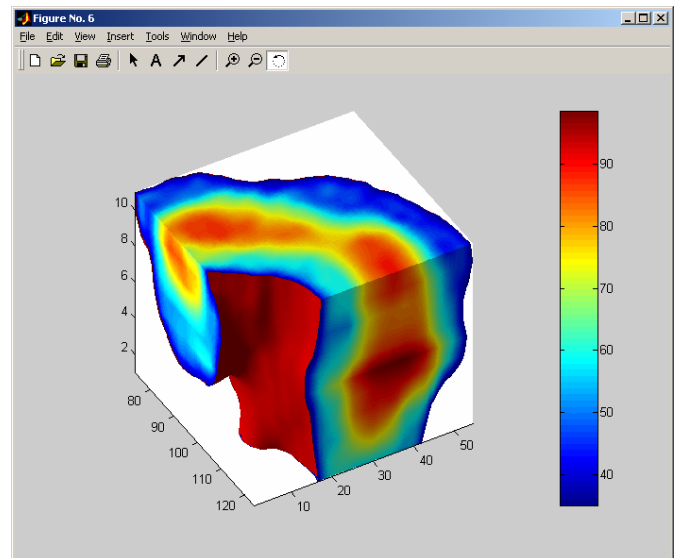


Sl. 9 Prikaz izo-linija pojedinih preseka.

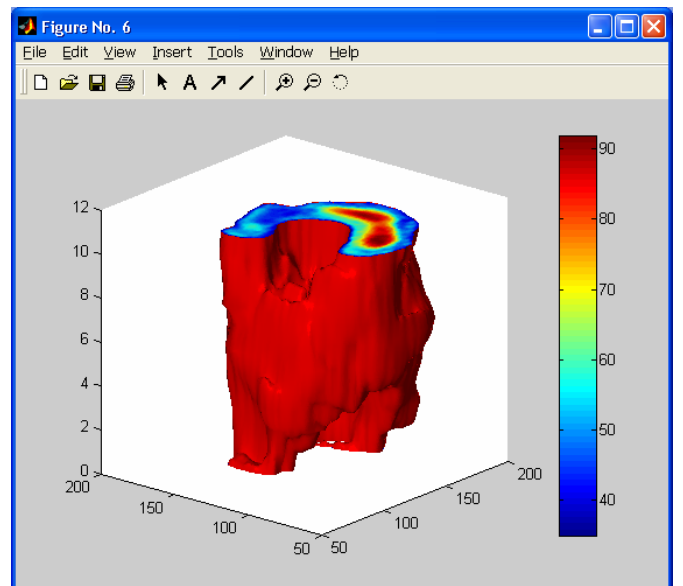
Aplikacija omogućava generisanje 3D rekonstrukcija iz dva seta snimaka (SI 12) kao i 3D rekonstrukciju razlike ova dva seta. Razlika se dobija jednostavnim oduzimanjem 3D matrica podataka i generisanjem odgovarajuće matrice razlike. Ovaj način prikaza je naručito pogodan za vizuelno predstavljanje oblasti koja se regenerisala. Preko odgovarajućeg prozora određuje se koji će set snimaka biti prikazan (SI 10). Takođe, moguće je prikazati i isečke 3D modela prostim zadavanjem granica na slici horizontalnog preseka. Na ovaj način se generišu proizvoljni vertikalni preseci po obe horizontalne ose.



Sl. 10 Prozor za generisanje 3D rekonstrukcije i podešavanje načina prikaza.



Sl. 11 prikaz isečka iz 3D rekonstrukcije srca sa dva vertikalna preseka



Sl. 12 3D rekonstrukcija srca. Kao granična vrednost uzeta je relativno vrednost perfuzije od 35%.

4. ZAKLJUČAK

U radu je prezentovan podsistem za kvalitativno i kvantitativno praćenje stanja pacijenata kod kojih je primenjena najnovija metoda autologe transplantacije, izvedena neposredno nakon pretrpljenog infarkta. Kvantitativno praćenje stanja je omogućeno preko proračuna vrednosti parametara primenjenog modela srca i poređenjem ovih vrednosti u toku oporavka pacijenta. Kvalitativno praćenje stanja ostvareno je korišćenjem 3D rekonstrukcije i 3D prikazom izo-linija. Za postizanje neophodne preciznosti proračuna parametara potrebno je uvođenje digitalnih snimaka u podsistem. Kada se ostvari ovaj preduslov moguće je realizovati klinički upotrebljiv aparat za praćenje stanja pacijenta. Podsistem bi zahtevao minimalna ulaganja u opremu na Klinici za urgentnu internu medicinu VMA.

LITERATURA

1. Quaini F, Urbanek K, Beltrami A, Finato N, Beltrami CA, Nadal-Ginard B, et al. "Chimerism of the transplanted heart." *N Engl J Med* 2002; 346: 5-15.
2. Müller P, Pfeiffer P, Koglin J, Schafers HJ, Seeland U, Janzen I, et al. "Cardiomyocytes of noncardiac origin in myocardial biopsies of human transplanted hearts." *Circulation* 2002; 106: 31-5.
3. Beltrami AP, Urbanek K, Kajstura J, Yan S-M, Finato N, Bussani R et al. "Evidence that human cardiac myocytes divide after myocardial infarction." *N Engl J Med* 2001; 344(23): 1750-7.
4. Shintani S, Murohara T, Ikeda H, Uenoi T, Honma T, Katoh A, et al. "Mobilization of endothelial progenitor cells in patients with acute myocardial infarction." *Circulation* 2001; 103: 2776-9.
5. Kuznetsov SA, Mankani MH, Gronthos S, Satomura K, Bianco P, Robey PG. "Circulating skeletal stem cells." *J Cell Biol* 2001; 153: 1133-9.
6. Slobodan Obradović, Siniša Rusović, Bela Balint, Anđelka Ristić-Angelkov, Radoslav Romanović, Branislav Baškot, Danilo Vojvodić, Branko Gligić "Autologa transplantacija progenitornih ćelija poreklom iz kostne srži u lečenju akutnog infarkta miokarda", Studija VMA, 2004.

Abstract - Aim of this study is to demonstrate usage of application for 3D reconstruction of heart in quantitative and qualitative followup of patients with acute infraction. Input data are sequence of images obtained during the SPECT examination of a patient. Application is used to create 3D model that represents heart tissue condition and to calculate statistical values for appropriate model of heart.

APPLICATION FOR 3D RECONSTRUCTION OF HEART

Milan Milosavljević, Oklobdžija Milan, Slobodan Obradović