

## ТОРАКСНА ЕЛЕКТРИЧНА БИОИМПЕДАНЦИЈА У НАДГЛЕДАЊУ БОЛЕСНИКА СА КАРДИОВАСКУЛАРНИМ ОБОЉЕЊИМА

Весна СТОЈАНОВ<sup>1</sup>, Мирко ШАРАНОВИЋ<sup>2</sup>, Бранко ЈАКОВЉЕВИЋ<sup>3</sup>, Катарина ПАУНОВИЋ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт за кардиоваскуларне болести, Клинички центар Србије, Београд;

<sup>2</sup>Општа болница „Б. Орландић”, Бар; <sup>3</sup>Институт за хигијену и медицинску екологију, Медицински факултет, Универзитет у Београду, Београд

### КРАТАК САДРЖАЈ

Тораксна електрична биоимпеданција је нов неинвазиван метод за одређивање хемодинамских параметара код испитаника. Техника извођења подразумева пропуштање наизменичне струје мале амплитуде и високе фреквенције кроз грудни кош путем два пара електрода. Струја индукује стварање отпора у грудном кошу, који електроде региструју. Укупна импеданција торакса је мера електричног отпора торакса овој високофреквентној струји мале јачине. У клиничкој пракси тораксна електрична биоимпеданција је нашла примену у дијагностичке, терапијске и прогностичке сврхе код особа с инсуфицијенцијом рада срца, односно хипертензијом, код особа с уграђеним пејсмејкером, ради раног откривања одбацивања импланта после трансплантације срца, као и код болесника с обољењима бубрега пре и после дијализе. Међутим, једна од најзначајнијих улога је у избору антихипертензивне терапије, будући да се применом овог метода добијају параметри који учествују у настанку повишеног артеријског крвног притиска, а њиховим познавањем можемо одредити оптимално лечење прилагођено хемодинамском статусу болесника.

**Кључне речи:** тораксна електрична биоимпеданција; електрофизиологија; инсуфицијенција рада срца; хипертензија

### УВОД

Тораксна електрична биоимпеданција је неинвазиван метод одређивања хемодинамског статуса испитаника. Прва примена електрицитета у медицинске сврхе почела је у 19. веку експериментима Милерса (*Mullers*), који је описао промене у импеданцији ткива при протоку електричне струје. Почетком 20. века Хоберс (*Hoebers*) је закључио да кондуктивност крви зависи од фреквенције примењене електричне струје. Тридесетих година 20. века објављене су студије о електричним својствима ћелијских мембрана, протеина и неких аминокиселина [1].

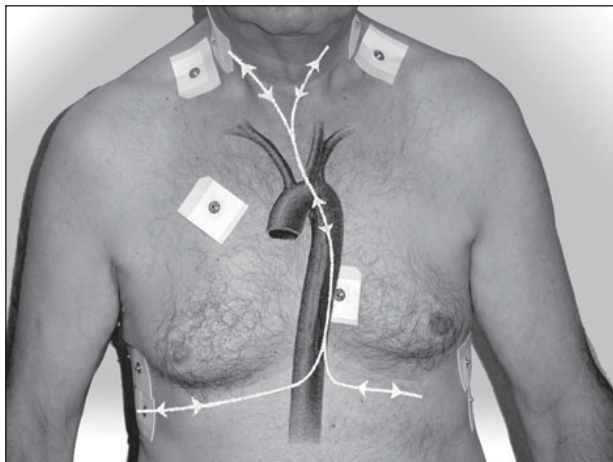
Тораксна електрична биоимпеданција (ТЕБ), или импедантна плетизмографија, први пут је примењена у одређивању промена волумена крви у екстремитетима (1950. године), када је изведена математичка формула која описује однос основне импеданције ( $Z_0$ ), промене импеданције ( $\Delta Z$ ) и промене волумена крви ( $\Delta V$ ) [2]. Нибур (*Nyboer*) је 1959. године први применио биоелектричну импеданцију за одређивање ударног волумена леве коморе, а Кубичек (*Kubicek*) и сарадници [3] су 1966. године модификовали Нибурову једначину и тако постали заслужни за развој оригиналне технике тораксне електричне биоимпеданције каква постоји и данас. Квејл (*Quail*) и сарадници [4] су 1981. године увели тзв. фактор резистентности у оригиналну једначину, а Срамек (*Sramek*) и сарадници [5] су 1983. године модификовали Кубичекову једначину увођењем прецизније формуле која одговара коначном облику грудног коша. Први комерцијални ТЕБ кардиограф произведен је раних седамдесетих година 20. века (*Minnesota Impedance Cardiograph*). Друга генерација уређаја развијала се током осамдесетих година (*BoMED NCCOM3*), у којој су коришћене нова технологија за добијање параметара у „реалном време-

ну” и модификовани алгоритми за израчунавање хемодинамских параметара. Савремена ТЕБ технологија инкорпорира: неинвазивни систем за добијање хемодинамских параметара, унапређену технику за обраду сигнала, аналогни видео-приказ и напредан софтвер за обраду података [6].

### ЕЛЕКТРОФИЗИОЛОШКИ ПРИНЦИПИ ТОРАКСНЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ БИОИМПЕДАНЦИЈЕ

Техника извођења тораксне електричне биоимпеданције подразумева пропуштање наизменичне струје мале амплитуде ( $I < 4 \text{ mA}$ ) и високе фреквенције ( $f = 50 - 100 \text{ Hz}$ ) кроз грудни кош испитаника путем два пара електрода. Електроде се постављају у предео корена врата – по две с обе стране врата, а по две на средњој аксиларној линији у висини ксифоидног наставка на обе стране торакса, као што је приказано на слици 1. Спољашњи парови електрода (на врху и на дну) представљају извор и ушће електричне струје, а унутрашњи парови електрода (на корену врата и у висини *processus xiphoides*) користе се за одређивање сигнала импеданције и вектора електрокардиограма [5-7]. Електрична струја пролази кроз ткива и течности грудног коша најкраћим и најкондуктивнијим путем, који представља крв у великим крвним судовима паралелним са кичменим стубом – у тораксној аорти и вени кави супериор и инфериор. Струја индукује стварање напона и отпора у грудном кошу, који региструју други парови електрода лоцираних унутар струјног тока. Коректно постављање електрода је врло важно за тачност мерења [6, 8].

Према Омовом закону, када се константна струја примени на торакс, промене њеног напона су ди-



**СЛИКА 1.** Локација осам основних електрода и две помоћне електроде на грудном кошу болесника за примену тораксне електричне биоимпеданције.

**FIGURE 1.** Location of eight basic and two accessory electrodes on patient's chest for thoracic electrical bioimpedance application.

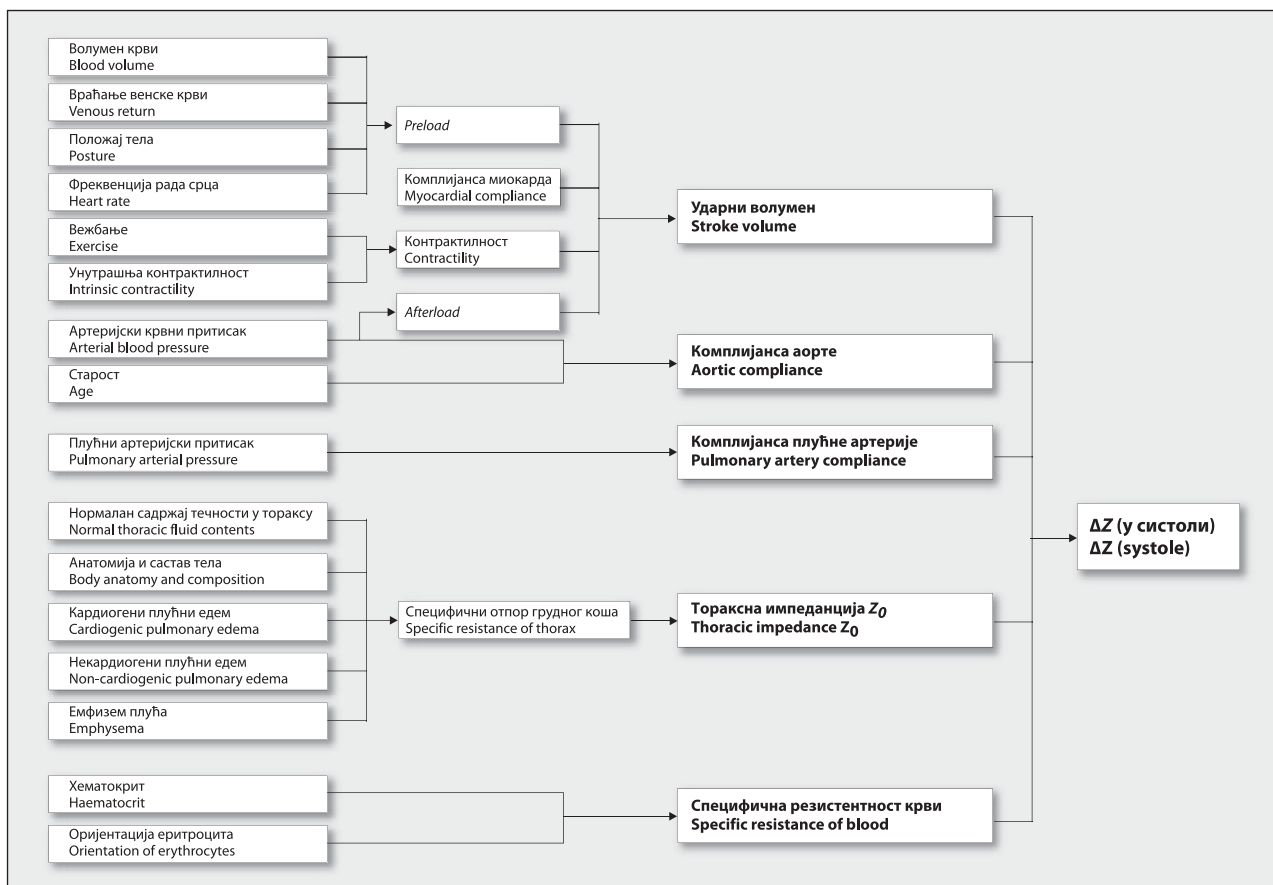
ректно пропорционалне променама отпора или импеданције [9]. У складу с овим законом укупна импеданција торакса, основна импеданција или тораксна електрична импеданција ( $Z_0$ ) је мера електричног отпора торакса овој високофреквентној струји мале јачине. Она је једнака суми импеданција појединачних компоненти грудног коша: мишића срца и скелетних мишића, плућа, васкуларног ткива, масног ткива, ко-

сти и односа ваздуха и течности у тораксу. Удео појединачних елемената који доприносе промени импеданције ( $\Delta Z$ ) у систоли приказан је на схеми 1.

Укупна импеданција торакса је различита код сваког испитаника, а процењен нормалан распон за одраслу особу је 20-40  $\Omega$  [10]. Промене импеданције ( $\Delta Z$ ) у физиолошким условима настају услед респирације и пулзаторног протока крви у току циклуса рада срца. Пошто је ваздух лош проводник, импеданција се током инспиријума повећава, а током експиријума смањује; супротно томе, током систоле импеданција се смањује јер се повећава количина крви у грудном кошу, а током дијастоле се повећава. Схема 2 илуструје временски однос сигнала електрокардиограма, сигнала биоимпеданције  $\Delta Z$  и првог диференцијала сигнала импеданције  $dZ/dt$ .

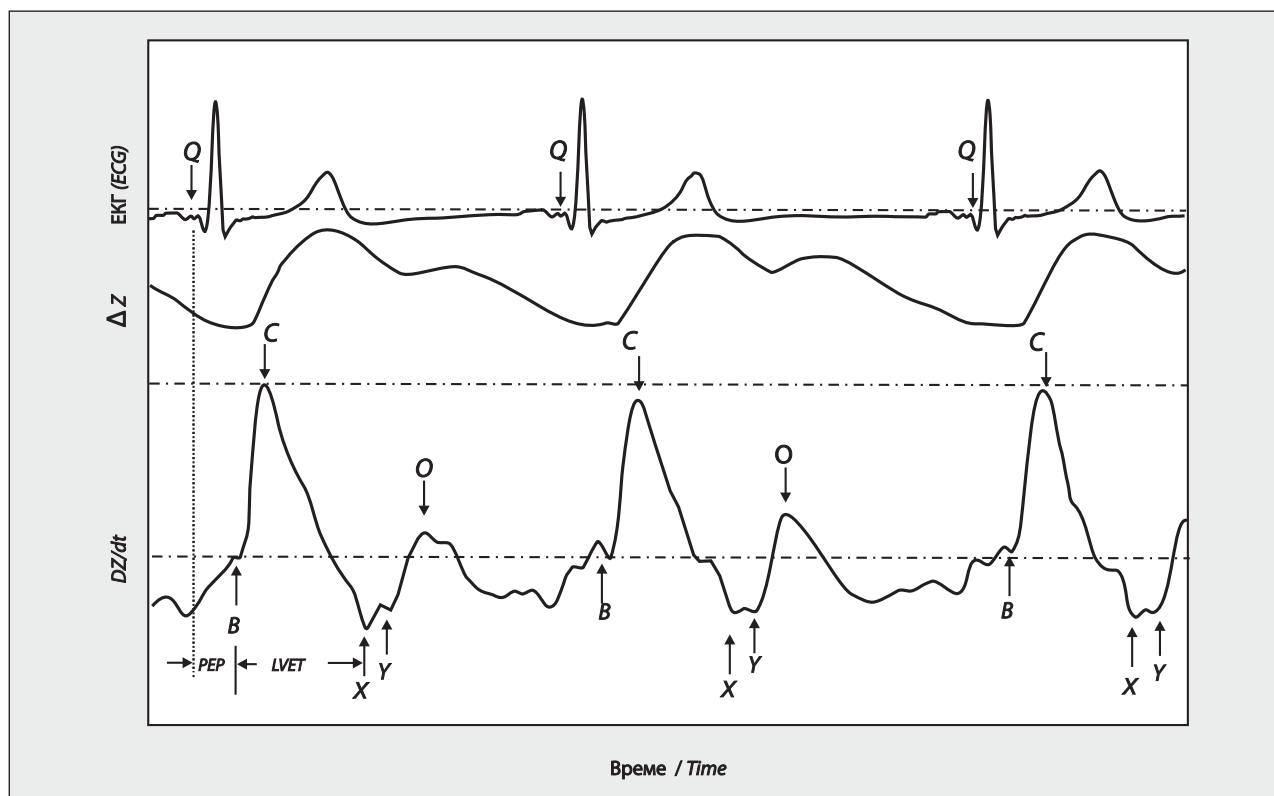
Одређивање Q зупца QRS комплекса на ЕКГ и на  $dZ/dt$  сигналу омогућава мерење систолног временског размака (*systolic time intervals*), односно вентрикулног ејекционог времена (*ventricular ejection time - VET*) и преејекционог периода (*pre-ejection period - PEP*). Ови измерени параметри, заједно са волуменом електрично проводљивих ткива (*volume of electrically participating tissues - VEPT*), који зависи од пола, телесне висине и масе испитаника, користе се за добијање ударног волумена срца (*stroke volume - SV*), према Срамековој једначини:

$$SV = VEPT \times VET \times EPCI$$



**СХЕМА 1.** Извори промене електричне импеданције  $\Delta Z$  у систоли.  
**SCHEME 1.** Sources of the cardiac-induced impedance change during systole.

Прилагођено према / Modified to: Osypka MJ, Bernstein DP. Electrophysiologic principles and theory of stroke volume determination by thoracic electrical bioimpedance. *AACN Clin Issues* 1999; 10(3):385-99.



**СХЕМА 2.** Временски однос између електрокардиограма (на врху), сигнала биоимпеданције  $\Delta Z$  (у средини) и првог диференцијала сигнала импеданције  $dZ/dt$  (на дну).

**SCHEME 2.** Time relations from the ECG (top), bioimpedance signal  $\Delta Z$  (middle) and its time derivative  $dZ/dt$  (bottom).

PEP – прејејекциони период; LVET – вентрикулно ејекционо време; Q – почетак деполаризације комора; B – отварање пулмоналне и аортне валвуле; C – максимални отклон  $\Delta Z/\Delta t$ ; X – затварање аортне валвуле; Y – затварање пулмоналне аорте; O – отварање митралне валвуле (фаза брзог пуњења комора)

PEP – pre-ejection period; LVET – left ventricular ejection time; Q – start of ventricular depolarization; B – opening of pulmonic and aortic valves; C – maximal deflection of the  $\Delta Z/\Delta t$ ; X – closure of aortic valve; Y – closure of pulmonic valve; O – mitral opening (rapid ventricular filling)

Прилагођено према / Modified from: Strobeck JE, Silve MA. Emerging role of impedance cardiography ICG in heart failure. *Congest Heart Fail* 2004; 10(Suppl 2):3-6.

Ова једначина одсликава физиолошку основу одређивања ударног волумена. Прво, он је директно пропорционалан физичким димензијама испитаника (дефинисаним помоћу VEPT); друго, директно је пропорционалан трајању уласка крви у аорту (VET); и треће, директно је пропорционалан максималном протоку крви у аорти (EPCI). Када се ударни волумен нормализује према површини тела (*body surface area* – BSA), може се израчунати индекс удара (*stroke index* – SI), који је хемодинамски веома значајан параметар протока крви:

$$SI = SV \div BSA$$

BSA ( $m^2$ ) је сложена функција телесне висине и масе испитаника и израчунава се према формули коју су извели Дибоа (DuBois) и Дибоа (DuBois), где је W телесна маса (kg), а H телесна висина (cm):

$$BSA = W^{0,425} \times H^{0,725} \times 0,007184$$

Индекс рада срца (*cardiac index* – CI) се онда израчунава као:

$$CI = SI \times HR$$

VET и PEP се користе за израчунавање ејекционог фракције срца (*ejection fraction* – EF) [5] према једначини:

$$EF = 0,84 - 0,64 \times (PEP \div VET)$$

### ХЕМОДИНАМСКИ ПАРАМЕТРИ КОЈИ СЕ ОДРЕЂУЈУ ТОРАКСНОМ ЕЛЕКТРИЧНОМ БИОИМПЕДАНЦИЈОМ

Тораксном електричном биоимпеданцијом добија се велики број хемодинамских параметара. То су: параметри протока крви (минутни волумен, индекс рада срца, ударни волумен, индекс ударног волумена), параметри отпора (системски васкуларни отпор, индекс системске васкуларне резистенције), параметри садржаја течности (стање течности у тораксу, садржај течности у тораксу) и параметри контрактилности (промена импеданције у времену, прејејекциони период, вентрикулно ејекционо време, систолни временски размак, индекс акцелерације, индекс контрактилности, индекс рада леве коморе). Остали параметри су фреквенција рада срца и средњи артеријски притисак [7, 11, 12].

## УПОРЕДНА АНАЛИЗА ТОРАКСНЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ БИОИМПЕДАНЦИЈЕ И ДРУГИХ ДИЈАГНОСТИЧКИХ МЕТОДА

Раније су у дијагностичке сврхе коришћени инвазивни методи, као што су директни Фиков метод, дилуцијски метод индикатора и термодилуција, који се све више замењују неинвазивним методима. Механографија је метод бележења покрета крвних судова или површине грудног коша, који је коришћен у процени хемодинамских параметара. Међутим, несавршеност апарата и развој нових технологија, као што су ехокардиографија, доплер (*Doppler*) ехокардиографија, индиректни Фиков метод (тзв. *CO<sub>2</sub> rebreathing* техника) и тораксна електрична биоимпеданција, потиснули су овај метод.

У последњих десетак година објављен је велики број студија о анализи специфичности и прецизности тораксне електричне биоимпеданције у поређењу с инвазивним методима. Референтним методом за мерење минутног волумена срца дуго се сматрао термодилуциони метод [6]. Многе студије су показале да постоји висок степен подударности између вредности минутног волумена одређиваног ТЕБ методом са вредностима добијеним термодилуцијом и директним Фиковим методом код болесника на интензивној нези [13-15]. Последњих 15 година дошло је до престанка примене инвазивних техника и њихове замене неинвазивним методима у дијагностичке и терапијске сврхе због смањене инвазивности и дужине прегледа, мање учесталост појаве компликација и веће економске исплативости [16].

Поред тога, ТЕБ је упоређивана и са неинвазивним методима (индиректни Фиков метод [17, 18] и ехокардиографија [19]). Иако индиректни Фиков метод омогућава симултано одређивање респирационих параметара, а ехокардиографија праћење анатомских промена на срцу, тораксна електрична биоимпеданција, због могућности да одреди велики број хемодинамских параметара, заузима значајно место у избору дијагностичких метода.

### КЛИНИЧКА ПРИМЕНА ТОРАКСНЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ БИОИМПЕДАНЦИЈЕ

Захваљујући лакој поновљивости, једноставности извођења и неинвазивности мерења, тораксна електрична биоимпеданција може да се примењује код одраслих болесника, деце, старих људи, трудница, болесника под анестезијом и после операције. ТЕБ се клинички најчешће примењује у дијагностичке сврхе. Циљ примене импеданције је утврђивање основних хемодинамских параметара како би се дијагностиковали кардиоваскуларни поремећаји [20, 21]. Пошто је за добијање хемодинамских података методом тораксне биоимпеданције потребно око десет минута, она је практична како за болничку, тако и за ванболничку употребу, а дијагностиковање кардиоваскуларних поремећаја засновано на објективним хемодинамским подацима је поузданије него оно засновано на физичким симптомима и знацима [11]. Корисна примена импеданције је монито-

ринг функције срца током теста оптерећења [6, 22], као и у експериментима [23].

ТЕБ се примењује и у прогностичке и терапијске сврхе, јер има важну улогу у надгледању болесника с инсуфицијенцијом рада срца, како краткорочно – код акутно оболелих болнички лечених болесника, тако и дугорочно – у ванболничким условима [12, 24]. У јединицама интензивне неге ТЕБ се примењује у одређивању стадијума инсуфицијенције рада срца [20].

Импеданција се примењује у праћењу терапијског одговора. Мониторинг болесника применом тораксне биоимпеданције даје објективне податке о правом избору и ефикасности фармаколошке терапије, оптималним дозама и евентуалном развоју толеранције или токсичности [25]. ТЕБ је од велике користи код болесника с инсуфицијенцијом рада срца код којих је потребно лечење АСЕ инхибиторима [20], бета блокаторима [11], диуретицима [7], инотропним лековима [26], вазопресорима [27], како у праћењу терапијског одговора, тако и у процени развоја болести.

ТЕБ има веома значајну улогу у одређивању адекватне антихипертензивне терапије, јер је овим методом могуће одредити кључне параметре који учествују у настанку повишеног артеријског крвног притиска, тј. количину циркулишуће течности, контрактилност мишића срца и периферни отпор [28, 29]. ТЕБ је једини неинвазивни метод којим се с поузданошћу може одредити адекватна терапија, јер у лечењу артеријске хипертензије не постоји универзална терапија већ се избор лекова мора прилагодити стању болесника. Применом ТЕБ одређује се врста лека која ће код датог болесника постићи оптималне резултате (ако се утврди хиперволемија, болесник се лечи диуретицима; ако је уочена вазоконстрикција, болесник се лечи вазодилаторима; ако је болесник у хиперкинетичи, болеснику ће се преписати бета блокатори).

Електрична биоимпеданција се примењује код болесника с уграђеним пејсмејкером за одређивање оптималног атривентрикулног одлагања који мора бити прилагођен типу пејсмејкера [30]. Такође, једна од важних области примене импеданције јесте у раном откривању одбацивања импланта после трансплантације срца. Идеални параметар у те сврхе је индекс акцелерације [31]. ТЕБ се такође примењује код болесника с обољењем бубрега који су на дијализи (пре и после дијализе), као и код спортиста, као мера степена утренираности.

### ОГРАНИЧЕЊА У ПРИМЕНИ ТОРАКСНЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ БИОИМПЕДАНЦИЈЕ

На основу клиничког искуства, уочена су ограничења примене ТЕБ у стањима хемодинамски значајне валвуларне регургитације и код поремећаја ритма рада срца (апсолутна аритмија, блокови разног степена) [32]. Новији апарати, међутим, немају ова ограничења. Примена биоимпеданције се не препоручује код надгледања болесника после операције на срцу због дисторзије анатомије грудног коша и при-



суства ендотрахејских и медијастинумских тубуса, као и великог волумена течности задржаног у то-раксу или код великог плућног едема [33]. Примена ТЕБ се такође не препоручује код болесника с одређеним типовима пејсмејкера који користе вентилацију као сигнал за прилагођавање фреквенције рада срца [30].

### ЗАКЉУЧАК

Тораксна електрична биоимпеданција је неинвазиван, једноставан, лако поновљив и поуздан метод за добијање хемодинамских параметара код болесника са кардиоваскуларним обољењима. Може да се примењује код одраслих болесника, деце, старих људи, трудница, болесника под анестезијом и после операције. У клиничкој пракси ТЕБ је нашла примену у дијагностичке, терапијске и прогностичке сврхе код особа с инсуфицијенцијом рада срца, хипертензијом, код особа с уграђеним пејсмејкером, ради раног откривања одбацаивања импланта после трансплантације срца, као и код болесника с обољењима бубрега пре и после дијализе. Једна од најзначајнијих улога је у избору антихипертензивне терапије, јер овим методом добијамо параметре који учествују у настанку повишеног артеријског крвног притиска, а њиховим познавањем можемо одредити оптимално лечење које је прилагођено хемодинамском статусу болесника.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Tsadok S. The historical evolution of bioimpedance. *AACN Clin Issues* 1999; 10(3):371-84.
2. Nyboer J. Electrical impedance plethysmography: A physical and physiologic approach to peripheral vascular study. *Circulation* 1950; 2:811-21.
3. Kubicek WG, Karnegis JN, Patterson RP, Witsoe DA, Mattson RH. Development and evaluation of an impedance cardiac output system. *Aerospace Med* 1966; 37:1208-12.
4. Quail AW, Traugott FM, Porges WL, White SW. Thoracic resistivity for stroke volume calculation in impedance cardiography. *J Appl Physiol* 1981; 50:191-5.
5. Sramek BB. Thoracic electrical bioimpedance: Basic principles and physiologic relationship. *Noninvas Cardiol* 1994; 3(2):83-8.
6. Critchley LAH. Impedance cardiography. The impact of new technology. *Anaesthesia* 1998; 53:677-84.
7. Chouhan L. Electrical bioimpedance: a new noninvasive hemodynamic monitoring technique for clinical use. *Heart Views* 2000; 1(8):317-9.
8. Jewkes C, Sear JW, Verhoeff F, Sanders DJ, Foex P. Non-invasive measurement of cardiac output by thoracic electrical bioimpedance: a study of reproducibility and comparison with thermodilution. *Br J Anaesth* 1991; 67(6):788-94.
9. Osypka MJ, Bernstein DP. Electrophysiologic principles and theory of stroke volume determination by thoracic electrical bioimpedance. *AACN Clin Issues* 1999; 10(3):385-99.
10. Buell JC. A practical, cost-effective, noninvasive system for cardiac output and hemodynamic analysis. *Am Heart J* 1988; 116(2):657-64.
11. Lasater M, Van Rueden KT. Outpatient cardiovascular management utilizing impedance cardiography. *AACN Clin Issues* 2003; 14(2):240-50.
12. Strobeck JE, Silve MA. Emerging role of impedance cardiography ICG in heart failure. *Congest Heart Fail* 2004; 10(Suppl 2):3-6.
13. Sageman WS, Riffenburgh RH, Spiess BD. Equivalence of bioimpedance and thermodilution in measuring cardiac index after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2002; 16(1):8-14.
14. Belardinelli R, Ciampani N, Costantini C. Comparison of impedance cardiography with thermodilution and direct Fick methods of noninvasive measurement of stroke volume and cardiac output during incremental exercise in patients with ischemic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 1996; 77:1293-301.
15. Yung GL, Fedullo PF, Kinninger K, Johnson W, Channick RN. Comparison of impedance cardiography to direct Fick and thermodilution cardiac output determination in pulmonary arterial hypertension. *Congest Heart Fail* 2004; 10(Suppl 2):7-10.
16. Hendrickson K. Cost-effectiveness of noninvasive hemodynamic monitoring. *AACN Clin Issues* 1999; 10(3):419-24.
17. Christensen TB, Jensen BV, Hjerpe J, Kanstrup I-L. Cardiac output measured by electric bioimpedance compared with the CO<sub>2</sub> rebreathing technique at different exercise levels. *Clin Physiol* 2000; 20(2):101-5.
18. Chaney JC, Derdak S. Minimally invasive hemodynamic monitoring for the intensivist: current and emerging technology. *Crit Care Med* 2002; 30:2338-45.
19. Campos PC, D'Cruz I. Functional mitral regurgitation in decompensated heart failure: combined bio-impedance and 2D echocardiography follow-up monitoring. *Echocardiography* 2004; 21(4):337-9.
20. Yancy C, Abraham W. Noninvasive hemodynamic monitoring in heart failure: utilization of impedance cardiography. *Congest Heart Fail* 2003; 9(5):241-50.
21. Stojanov V, Jakovljević B, Avramović MD, Petrović M. Significance of new non-invasive diagnostic procedures in the estimation of the efficiency of therapy with cilasapril. *ICN Galenika za medicinu, farmaciju i stomatologiju – Kardiovaskularna oboljenja* 1996; 7:60-5.
22. Weiss SJ, Ernst AA, Godorov G, Diercks DB, Jergenson J, Kirk JD. Bioimpedance-derived differences in cardiac physiology during exercise stress testing in low-risk chest pain patients. *South Med J* 2003; 96(11):1121-7.
23. Belojevic G, Stojanov V, Jakovljevic B. Thoracic electrical bioimpedance monitoring of cardiovascular effects of noise. In: Prasher D, editor. *Noise pollution and health*. London: Noise Research Network Publications; 2003. p.77-80.
24. Strobeck JE, Silver M, Ventura H. Impedance cardiography: Non-invasive measurement of cardiac stroke volume and thoracic fluid content. *Congest Heart Fail* 2000; 6:3-6.
25. Stojanov V, Avramović DM, Jakovljević B, Kozarević Đ, Janošević S, Avramović DD. High-normal values of the arterial blood pressure as a risk factor for the occurrence of cardiovascular diseases. *Jugoslovenski žurnal za hipertenziju* 1997; 1:27-30.
26. Lasater M. Managing inotropic therapy noninvasively. *AACN Clin Issues* 1999; 10(3):406-13.
27. Ziegler D, McReynolds D, Webber C, Eisenstein C, Parker W, Garcia F. Comparison of the use of the pulmonary artery catheter versus thoracic electrical bioimpedance in a surgical intensive care unit (SICU). *Crit Care Med* 2000; 28:A158.
28. Taler SJ, Textor SC, Augustine J. Resistant hypertension; comparing hemodynamic management to specialist care. *Hypertension* 2002; 39(5):982-8.
29. Stojanov V, Avramović DM. Application of the thoracic electrical bioimpedance in the choice of antihypertensive therapy. In: Nedeljković S, Kanjuh V, Vuković M, editors. *Kardiologija 2000*. Beograd: Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu; 2000. p.642-5.
30. Belott P. Bioimpedance in the pacemaker clinic. *AACN Clin Issues* 1999; 10(3):414-8.
31. Weinhold C, Reichensperner H, Fulle P, Nollert G, Reichert B. Registration of thoracic electrical bioimpedance for early diagnosis of rejection after heart transplantation. *J Heart Lung Transplant* 1993; 12(5):832-6.
32. Moshkovitz Y, Kaluski E, Milo O, Vered Z, Cotter G. Recent developments in cardiac output determination by bioimpedance: comparison with invasive cardiac output and potential cardiovascular applications. *Curr Opin Cardiol* 2004; 19:229-37.
33. Sageman WS, Amundson DE. Thoracic electrical bioimpedance measurement of cardiac output in post-aortocoronary bypass patients. *Crit Care Med* 1993; 21:1139-42.

## THORACIC ELECTRICAL BIOIMPEDANCE IN THE FOLLOW-UP OF PATIENTS WITH CARDIOVASCULAR DISORDERS

Vesna STOJANOV<sup>1</sup>, Mirko ŠARANOVIC<sup>2</sup>, Branko JAKOVLJEVIĆ<sup>3</sup>, Katarina PAUNOVIĆ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute for Cardiovascular Diseases, Clinical Centre of Serbia, Belgrade; <sup>2</sup>General Hospital "B. Orlandić", Bar;

<sup>3</sup>Institute for Hygiene and Medical Ecology, School of Medicine, University of Belgrade, Belgrade

### ABSTRACT

Thoracic electrical bioimpedance is a new non-invasive technique for obtaining haemodynamic parameters. The method involves the passing of low amperage, high frequency current through the thorax. The current induces a change of resistance within the thorax, which is registered by electrodes. The overall impedance of the thorax is a measure of the electrical resistance of the thorax to this high frequency, low amplitude current. In clinical practice, thoracic electrical bioimpedance has been applied in diagnostic, therapeutic, and prognostic use in patients with heart failure and hypertension, patients with pacemakers, within the scope of early diagnosis of implant rejection following heart transplantation, as well

as in patients with kidney disorders, before and after dialysis. However, one of its most important applications is in the determination of antihypertensive therapy, because it provides the parameters that reflect the genesis of arterial blood pressure. In assessing these parameters, optimal therapy adjusted to the haemodynamic status of each patient can be prescribed.

**Key words:** thoracic electrical bioimpedance; electrophysiology; heart failure; hypertension

Branko JAKOVLJEVIĆ  
Kralja Vladimira 8, 11000 Beograd  
E-mail: bra@beotel.yu