

ПЕЈСИНГ И ДЕФИБРИЛАЦИЈА СРЦА**PACING AND DEFIBRILLATION OF THE HEART**Јована Црногорац, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – БИОМЕДИЦИНСКО ИНЖЕЊЕРСТВО**

Кратак садржај – Ово истраживање анализира технолошке и терапеутске аспекте пејсинга и дефибрилације, фокусирајући се на електронске компоненте и кола и њихову улогу у одржавању срчаног ритма и здравља. Резултати истраживања истичу терапеутски значај ових уређаја за очување срчаног здравља, пружајући основу за будућа истраживања и технолошки напредак у области кардиологије.

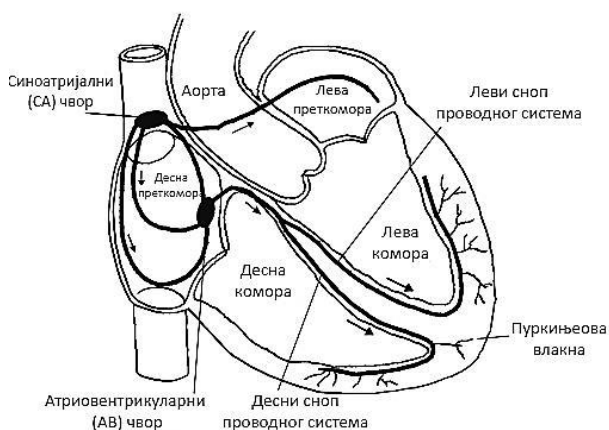
Кључне речи: срце, пејсинг, дефибрилација, пацијенти

Abstract – This research analyses the technological and therapeutic aspects of pacing and defibrillation, focusing on electronic components and circuits and their role in maintaining cardiac rhythm and health. The research results highlight the therapeutic importance of these devices for the preservation of heart health, providing a basis for future research and technological advances in the field of cardiology.

Keywords: heart, pacing, defibrillation, patients

1. УВОД

Срце (Слика 1), кључни орган кардиоваскуларног система, врши виталну функцију одржавања циркулације крви и обезбеђује тело кисеоником и храњивим материјама. Оно се састоји од четири коморе, две атријалне и две вентрикуларне, које координишу ритмичке контракције за непрекидан крвоток.



Слика 1. Приказ срца

1.1 Брадиаритмије

Брадикардија, смањење срчане фреквенције испод 60 откуцаја у минути, може имати различите узроке, укључујући синусну брадикардију и дисфункцију атриовентрикуларног (АВ) чвора. Старост, употреба лекова и болесни синусни синдром могу бити фактори, а терапија може укључивати пејсмејкере за одржавање срчаног ритма. Правилна дијагноза и третман су кључни у управљању овим стањем.

2. ПЕЈСИНГ

Пејсмејкери су електрични уређаји који испоручују електричне импулсе срчаном мишићу и тиме изазивају његову контракцију.

2.1 Први пејсмејкери

Године 1932., Alfred S. Нуман конструисао је први „вештачки пејсмејкер“ за електронску стимулацију срца, који је коришћен за реанимацију особа изложених шоку или хипотермији. Касније, у 1958. години, Åke Senning развио је први имплантабилни пејсмејкер, револуционизујући начин како се срчани ритмови регулишу и подржавају. Од тада, технолошки напредак омогућио је развој мањих, ефикаснијих и дуготрајнијих уређаја, обезбеђујући дугорочну подршку за срчане ритмове. На сл. 2 приказана је еволуција пејсмејкера.



Слика 2. Приказ еволуције пејсмејкера

2.2 Комуникација са имплантабилним уређајем

У историјском развоју пејсмејкера, почетни уређаји су имали унапред постављене параметре, док је прогрес технологије омогућио кориснички подесиве пејсмејкере са програмабилним опцијама. Савремени пејсмејкери

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Платон Совиљ

се програмирају неинвазивно путем радио-фреквенцијских веза, што је значајан напредак у односу на почетне методе програмирања.

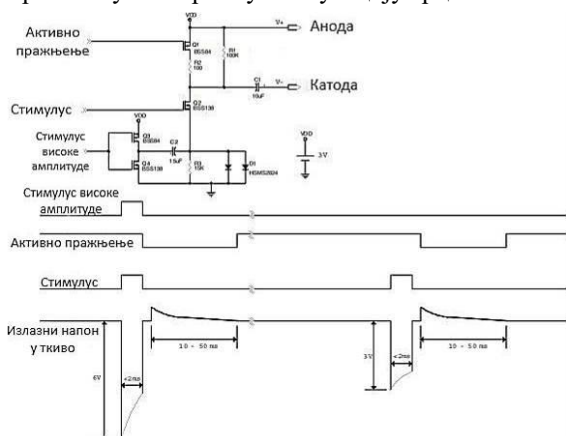
2.3 Спољашњи ВВИ пејсмејкер

Слика 3 приказује једноставну имплементацију ВВИ пејсмејкера, чиме се илуструју основне технике у дизајнирању ових уређаја.



Слика 3. Приказ једноставне имплементације ВВИ пејсмејкера

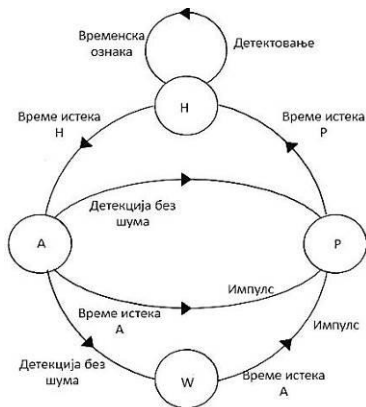
Схематски дијаграм генератора стимулације на слици 4 приказује могућност генерисања импулса са амплитудом од 3 V или 6 V преко контроле микроконтролера и коришћења транзистора Q1 и Q2 за активно пражњење кондензатора C1 кроз срчано ткиво и електроде. Кроз овакав механизам, уређај омогућава прецизну и контролисану електричну стимулацију срца.



Слика 4. Приказ схематског дијаграма генератора стимулације за генерисање pulsa стимулације

2.4 Фирмвер за ВВИ пејсмејкер

Фирмвер (уграђени софтвер) обично се пише у асемблерском језику. На сл. 5 приказана је унапређена верзија основне ВВИ машине стања способна за детекцију шума.



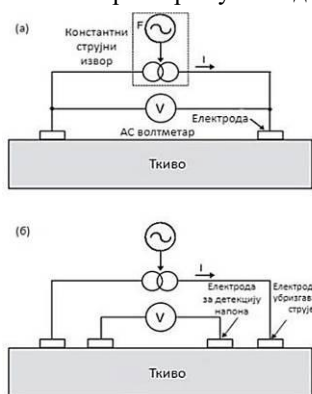
Слика 5. Приказ унапређене верзије основне ВВИ машине стања способне за детекцију шума

2.5 Одзив брзине

Сензори у модерним пејсмејкерима, познатим као „реактивни на брзину“, користе сензоре активности за праћење физичког напора пацијента и прилагођавање брзине откуцаја срца. Ови уређаји такође интегрису сензоре минутне вентилације за прецизније оцењивање потребе за пумпањем крви током различитих физичких активности.

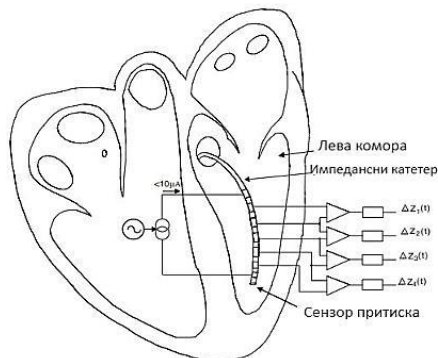
2.6 Техника импедансе

Отпорност плетизмографија, такође позната као реографија импедансе, представља једну од најстаријих примена мерења отпора на живим ткивима. Слика 6 илуструје различите методе мерења импедансе ткива, фокусирајући се на конфигурацију са четири електроде. У овом приступу, константни извор струје убацује променљиву струју у ткиво помоћу електрода за убацавање струје, а затим се мери напон између две друге електроде. Ова конфигурација смањује нелинеарне ефекте контактних импеданси, обезбеђујући прецизније резултате, истовремено физички раздвајајући места убацавања струје и мерења напона. Овакав приступ доприноси повећаној тачности и надмашује потенцијалне сметње при мерењу импедансе ткива.



Слика 6. Приказ најчешће методе мерења импедансе ткива

Мерења волумена леве коморе срца помоћу "проводног катетера" извршавају се користећи електроде уграђене у катетер (Слика 7). Катетер се умеће у леву комору срца са више електрода, где се убацује константна струја високе фреквенције, а затим се мере напони између различитих парова електрода, омогућавајући прецизно одређивање волумена леве коморе срца.



Слика 7. Приказ поступка мерења волумена леве коморе срца путем „проводног катетера“ користећи електроде уграђене у катетер за ињекцију константне струје

3. ДЕФИБРИЛАЦИЈА

Дефибрилатор је најефикаснији начин обуставе аритмија применом електричног шока директно на срце.

3.1 Вентрикуларне тахиаритмије

Вентрикуларне тахиаритмије, укључујући вентрикуларну тахикардију и вентрикуларну фибрилацију, представљају критичне ситуације које могу изазвати срчани удар. Лечење укључује имплантацију уређаја за дефибрилацију, који пружа брзу електричну интервенцију за обустављање аритмија и спречавање потенцијално фаталних исхода. Брза и ефикасна дефибрилација представља животни важан поступак у спасавању пацијената са оваквим срчаним аритмијама.

3.2 Први дефибрилатори

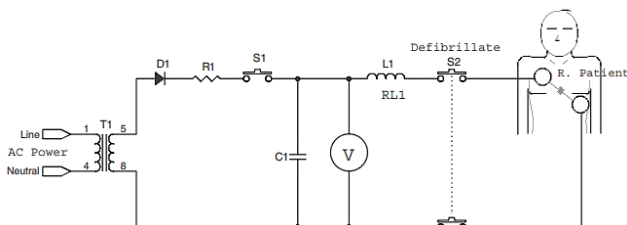
У периоду од 1957–1980. године дефибрилатори су се значајно развили, прешавши са тежине од 120 kg до само 3 kg, почевши од преносивих модела па до аутоматских екстерних дефибрилатора. Имплантабилни кардиовертер-дефибрилатори, представљени 1980. године, сада су ефикасна технологија за пацијенте са озбиљним срчаним проблемима. Слика 8 илуструје еволуцију дефибрилатора.



Слика 8. Приказ еволуције дефибрилатора

3.3 Основни дефибрилатор

Дефибрилатор са пригушеним синусоидним таласом (Слика 9) користи кондензаторе, трансформатор и контролне прекидаче за генерисање ефикасних дефибрилационих импулса, при чему се примењује пригушени синусоидни облик таласа за обнављање нормалног срчаног ритма.



Слика 9. Приказ дизајна дефибрилатора са пригушеним синусоидним таласом

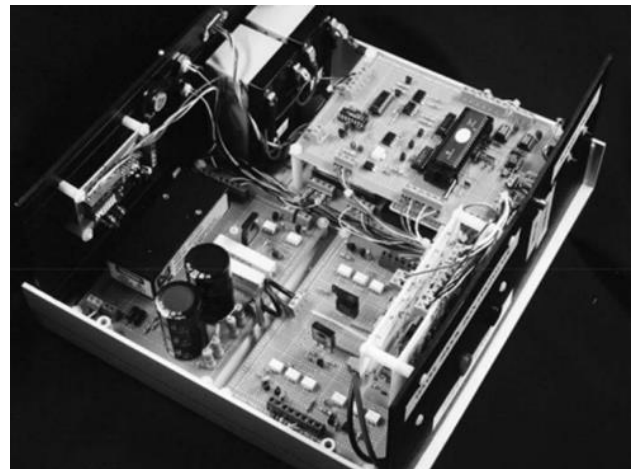
3.4 Имплантабилни кардиовертер-дефибрилатори

Имплантабилни кардиовертер-дефибрилатори (ИКД) представљају кључну медицинску иновацију за лечење вентрикуларних тахиаритмија. Ови уређаји функционишу аутоматски, анализирајући срчани ритам и испоручујући електричне шокове срцу како би спречили опасне аритмичке обрасце. Технолошки напредак у развоју ИКД-а доприниси бољој контроли

и терапији срчаних аритмија, што је од суштинске важности за пацијенте са овим озбиљним кардиоваскуларним проблемима.

3.5 Шок-бокс прототип

Модерни уграђени дефибрилатори се истичу напредном технологијом паковања микроелектронских компоненти, што им омогућава значајно смањење величине и повећавање ефикасности. Стартап компаније у овој области често примењују компоненте доступне на тржишту и јефтине технологије производње како би истовремено уштедели на трошковима и фокусирали се на развој иновација које би их истакле. Демонстратор унутрашњих механизма уграђеног дефибрилатора, приказан на Слици 10, представља користан алат за анализу имплементације модула за примену електрошокова и разматрање техничких аспеката уређаја без симулације делова аутоматског дефибрилатора одговорних за откривање вентрикуларних аритмија.



Слика 10. Приказ унутрашњости уређаја за дефибрилацију и његових компоненти

3.6 Кондензатор за складиштење енергије

У имплантабилним дефибрилаторима, фотоблиц електrolитски кондензатори се широко користе за поуздано складиштење енергије. Они су тестирани и сматрају се изузетно поузданим, али их је потребно периодично пунити када нису у употреби. Недавно су се појавили танталум кондензатори високог напона који не захтевају поновно формирање, али су тренутно скупи за употребу у примени као што је наш прототип. Употребљени су Panasonic TS-NB серијски кондензатори за прототип, обезбеђујући ефикасно пуњење и складиштење енергије.

4. ЦЕНА И ЕФИКАСНОСТ УРЕЂАЈА ЗА ПЕЈСИНГ И ДЕФИБРИЛАЦИЈУ

Истраживање је анализирано цене кардиоваскуларних импланата у САД и четири земље ЕУ (Француска, Немачка, Италија, Велика Британија). Подаци су показали значајне разлике у ценама, где су цене у САД биле 2 до 6 пута више него у ЕУ. Такође су истакнуте варијације у ценама између земаља ЕУ, као и унутар исте земље. Иако је потребна демонстрација безбедности и функционалности у ЕУ, а САД захтевају и доказе о ефикасности, студија истиче потребу за додатним истраживањима у односу на узрочне везе између цена и различитих фактора.

4.1 Резултати истраживања

Истраживање се ослањало на податке из око 15.000 комбинација болничко-произвођачких четвртала за уређаје за управљање срчаним ритмом у периоду од 2006. до 2014. Иако су трошкови расли током времена у свим земљама, одсуство потпуних информација о ценама, посебно у европским земљама, резултовало је малим узорцима у последњим годинама истраживања. Такође, број болница које су доставиле податке о ценама једнокоморних пејсмејкера значајно се смањило у Немачкој и Великој Британији, што може довести до пропуштања релевантних информација.

4.2 Варијације цена између земаља

Статистички значајне разлике у ценама медицинских уређаја за управљање срчаним ритмом између САД и земаља Европске уније у основи илуструју високе просечне цене у САД, осим за одређене категорије уређаја. На пример, цене стентова и пејсмејкера у САД биле су и до 6 пута више него у Немачкој, илуструјући значајне варијације у ценама медицинских уређаја између различитих земаља.

4.3 Варијације цена унутар земаља

Цене уређаја за управљање срчаним ритмом значајно варирају између болница у свим земљама, осим Француске, са највећим варијацијама за једнокоморне пејсмејкере, док коефицијенти варијације указују на сличне варијације унутар земаља у различитим категоријама уређаја.

4.4 Утицај пејсмејкера на квалитет живота

На основу објављених истраживања, може се закључити да пејсмејкери, углавном, не показују значајан утицај на преживљавање и велике кардиоваскуларне догађаје. Међутим, статистички значајно побољшање дугорочног квалитета живота забележено је код примаоца пејсмејкера са две коморе у поређењу са једнокоморним примаоцима.

4.5 Ефекти ИЦД и ЦРТ на квалитет живота

Различите студије су показале да ИЦД терапија може имати потенцијалне негативне ефекте на квалитет живота пацијената у вези са неодговарајућим шокovima, смањењем физичке активности и анксиозношћу. Међутим, веће и бројније студије сугеришу да су ти негативни ефекти генерално примећују само код мањине корисника уређаја, а просечно смањење квалитета живота је мало или занемарљиво. Насупрот томе, докази указују на то да ИЦД терапија, посебно када је у комбинацији са ЦРТ (терапија за ресинхронизацију срца), може значајно побољшати симптоме, функционални статус и квалитет живота у пацијената са умереном до тешком срчаном инсуфицијенцијом.

5. ЗАКЉУЧАК

Истраживање дубоко анализира електронске уређаје за контролу срчане активности, фокусирајући се на пејсинг и дефибрилацију у медицинском контексту. Откривени технолошки аспекти и терапеутски значај истичу кључну улогу уређаја у подршци пацијентима током медицинских поступака. Разматрање електронских компонената отвара нове перспективе за унапређење кардиолошких технологија и будућа истраживања, са циљем повећања квалитета здравствене заштите и живота пацијената.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Prutchi, D., & Norris, M. (2004). *Design and Development of Medical Electronic Instrumentation: A Practical Perspective of the Design, Construction, and Test of Medical Devices*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- [2] Sunjeet Sidhu, Joseph E. Marine (2020), Evaluating and managing bradycardia 30(5), <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2019.07.001>
- [3] Boveda, S., Garrigue, S., Ritter, P. (2013). *The History of Cardiac Pacemakers and Defibrillators*. In: Picichè, M. (eds) Dawn and Evolution of Cardiac Procedures Springer, Milano. https://doi.org/10.1007/978-88-470-2400-7_26
- [4] <https://www.reuters.com/article/us-health-heart-devices/cardiac-devices-can-cost-six-times-more-in-us-than-in-europe-idUSKCN1ND2RS/>
- [5] <https://www.reuters.com/article/us-health-heart-devices/cardiac-devices-can-cost-six-times-more-in-us-than-in-europe-idUSKCN1ND2RS/>
- [6] Furman, S., Escher, D.J.W., Parker, B., and Solomon, N.: Electronic analysis for pacemaker failure. *Ann. Thorac. Surg.*, 8: 57, 1969.
- [7] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532954/>
- [8] <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/defibrillation>
- [9] <https://www.internationalparamediccollege.com.au/-history-of-the-defibrillator-aed/>
- [10] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538341/>

Кратка биографија:



Јована Црногорац рођена је у Новом Саду 1997. године. Дипломирала је на Факултету техничких наука у Новом Саду, на катедри за електрична мерења 2022. године.

Контакт: jovanacernogorac555@gmail.com