

ТЕХНИКЕ ОБРАДЕ ЕМГ СИГНАЛА СА ПРИМЕНОМ У РЕХАБИЛИТАЦИЈИ**EMG SIGNAL PROCESSING TECHNIQUES WITH APPLICATION IN REHABILITATION**

Оља Шегуљев, Факултет техничких наука, Нови Сад

ОБЛАСТ: БИМЕДИЦИНСКО ИНЖЕЊЕРСТВО

Кратак садржај: – У овом раду дат је преглед актуелних рехабилитационих уређаја на бази електромиографије (ЕМГ). Различите методе обраде ових сигнала омогућавају бољу дијагностику неуромишићних поремећаја. Комбинована употреба ЕМГ са другим електродијагностичким алатима резултирала је великим низом студија за откривање и процену нових приступа рехабилитацији.

Кључне речи: Електромиографија, мишићна активност, обрада сигнала, рехабилитациони системи

Abstract – This paper provides an overview of modern rehabilitation devices based on electromyography (EMG). Different methods of processing these signals enable better diagnosis of neuromuscular disorders. The combined use of EMG with other electrodiagnostic tools has resulted in a large number of studies to discover and evaluate new approaches to rehabilitation.

Keywords: Electromyography, muscle activity, signal processing, rehabilitation systems

1. УВОД

Електромиографија је техника која се бави откривањем, анализом и употребом електричних сигнала мишићне контракције. Ова техника укључује две компоненте: анализу нервне проводности (nerve conduction study - NCS) и електромиограм (electromyogram - EMG). Студије нервне проводности анализирају брзину и квалитет преноса електричних сигнала нервним влакнима. ЕМГ се користи за процену електричне активности мишића и један је од основних компонената медицинске електродијагностике. На основу наведених компонената изводе се закључци о активностима моторних контролних центара.

2. ЕЛЕКТРОМИОГРАФИЈА

Електромиографија (ЕМГ) је дијагностичка процедура која се користи за евалуацију и снимање електричне активности скелетних мишића у циљу откривања нервне дисфункције, дисфункције мишића или проблема са преносом сигнала од нерва до мишића. ЕМГ сигнал се може детектовати

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била проф. др Драгана Бајић.

постављањем електроде или пара електрода на кожу изнад мишића од интереса. Како се снага мишићне контракције повећава, активира се више мишићних влакана и повећава се амплитуда сигнала [1].

2.1. Типови електрода

Пажљива припрема коже и избор типа електроде и положај електроде у односу на мишић су од суштинског значаја за снимање ЕМГ сигнала високог квалитета са ниским шумом.

Површинска електромиографија (surface electromyography- sEMG) је неинвазивна техника за мерење мишићне активности коришћењем површинских електрода постављених на кожу изнад мишића. Због свог неинвазивног карактера, површинске електроде се у већини случајева користе у кинезиолошким студијама. Предност је лако руковање, а ограничење је могућности снимања само површинских мишића. За дубље мишиће неизбежне су игле или електроде од fine жице [3].

Игличаста електромиографија је техника снимања и анализе електричних сигнала који потичу из појединачних мишићних влакана моторних јединица, у мировању и током добровољне контракције, помоћу иглене електроде за снимање убачене у мишић. Ова техника је компликованија, јер је потребно знање анатомије и инервације мишића, одговарајуће вештине смањена бола и обученост у препознавању и разумевању електричних сигнала нормалних мишића и мишића захваћених неуромускуларним поремећајима [3].

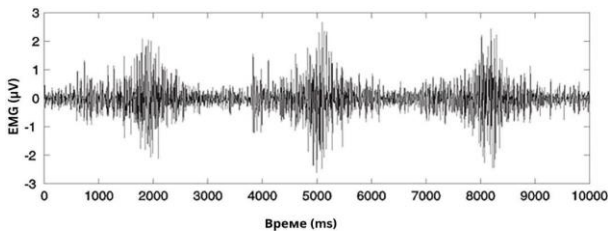
3. ОБРАДА ЕМГ СИГНАЛА

Обрада ЕМГ сигнала је од значаја не само за физиолога који спроводи истраживање и клиничко лече пацијенте, већ и за биомедицинског инжењера који је дужан да обради и интерпретира физиолошки сигнал пројектовањем система и алгоритама за њихове манипулације [1.2].

3.1. Изворни сигнал

Изворни сигнал (слика 1.) је нефилтриран и необрађен сигнал. Он је обично у распону од +/- 5000mV, а фреквенција му износи између 6 и 500Hz. Изворне информације од субјекта су скуп позитивних и негативних електричних сигнала.

Информација о стању мишића (контракција или мировање) изводи се из фреквенције и амплитуде сигнала [4].



Слика 1. Изворни ЕМГ сигнал, презето са [4]

3.2. Филтрирање сигнала

Постоје два основна филтра који се могу применити на ЕМГ сигнале – високопропусни (пропушта више фреквенције и пригушује ниже фреквенције) и нископропусни (пропушта ниже фреквенције и пригушује сигнале виших фреквенција).

Када добијемо чист ЕМГ сигнал, можемо почети да гледамо податке и покушамо да схватимо шта нам говоре о мишићима. Те информације можемо добити из различитих обрада које се раде са ЕМГ сигнаlima [2]. Најчешћи су:

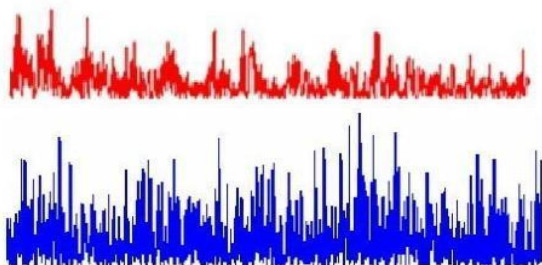
- Полуталасно исправљање
- Пуноталасно исправљање
- Средњи квадратни корен

У зависности од апликације, свака од ових техника обраде може имати заслуге, али свака има и недостатке, јер се неке од информација обрадом губе [2].

3.3. Исправљање сигнала

3.3.1. Полуталасно и пуноталасно и исправљање сигнала

Ова процедура има за циљ или да избрише вредности које су испод основне линије, или да све негативне вредности претвори у позитивне. Прва опција се назива полуталасно исправљање, позитивне вредности се прослеђују, док се негативне вредности блокирају (постављају се на нулу). Друга опција представља пуноталасно исправљање се добија израчунавањем апсолутне вредности изворног сигнала. Она је препоручљивија ако је намера да се постигне укупни мишићни сигнал, ако се одсече негативан део, пола сигнала ће се изгубити, па је окретање свих њих у позитиву коришћење и интересантније када су у питању коначни резултати. На слици 2. може се видети разлика ове две методе [5].



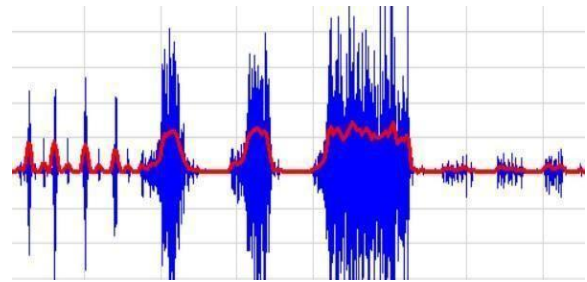
Слика 2. црвено: полуталасно исправљање; плаво: пуноталасно исправљање, презето са [5]

3.3.2. Средњи квадратни корен

Средњи квадратни корен (*root mean square- RMS*) је техника за исправљање изворног сигнала што је

лакше за преглед и разумевање карактеристика сигнала.

Средњи квадратни корен (слика 3.) представља квадратни корен просечне снаге ЕМГ сигнала за дати временски период. Позната је као променљива временског домена јер се амплитуда сигнала мери као функција времена. Дакле, вредност сигнала (амплитуда) се квадрира, усредњује се током одређеног временског периода, а затим се израчунава квадратни корен резултата. Овај процес исправљања сигнала конвертује све бројеве у позитивне вредности [5].



Слика 3. Средњи квадратни корен ЕМГ сигнала, презето са [5]

4. ПРИМЕНА ЕМГ-А У РЕХАБИЛИТАЦИЈИ

Рехабилитација је примена одређених метода које помажу појединцима са било којим хендикепом да на најбољи начин поврате изгубљене способности и укључе се у живот упркос тешкоћама које имају. Физичко стање пацијента са инвалидитетом може се опоравити након одговарајућег лечења коришћењем одговарајућег аутоматизованог система медицинске рехабилитације.

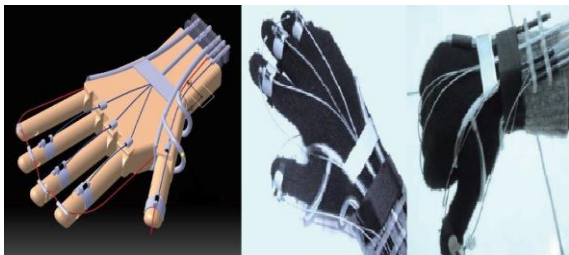
Цео процес игра виталну улогу након тешке несреће, велике операције, неочекиване болести, хроничног бола, повреде мозга, Паркинсонове болести... У биомедицинском инжењерству, физиолошки сензори су кључни за аквизицију сигнала чијом обрадом се омогућава аутоматска медицинска рехабилитација. Биосигнали нуде нове комуникационе и контролне канале између људи и машина или, конкретно, између рачунара/робота у рехабилитационом

инжењерингу. Главне области примене ових система су рехабилитација зглоба, прста, možданог удара (горњи и доњи удови) и праћење функционалне активности свакодневних вежби [6].

4.1. Роботски уређај за помоћ шаци

Роботски уређај за помоћ шаци и зглобу је пример роботизованог уређаја за рехабилитацију. Користи се да поново обучи пацијента да покреће шаке и зглобове користећи природни предмет током терапије, а такође и да пружи механичку помоћ након možданог удара. Овај робот има механизам који се састоји од платформе која се наслања на подлактицу и од удлаге која стеже прсте. Сличан је рукавици од пластичног материјала. Систем користи ЕМГ који се мери на екстремитету пацијента и на основу кога се предвиђа намера да се изврши одређени покрет. На слици 4. је представљен уређај за рехабилитацију прстију пацијента после možданог удара. Уређај је

применио концепт механизма са жичаним погоном за хватање и отпуштање руке заснован на покрету истезања и савијања прста. Систем покретања уређаја омогућава пацијенту да контролише покрете шаке и прстију [7].



Слика 4. Симулација финалног прототипа роботске руке и коначни прототип, преузето са [7]

4.2. Асистивни егзоскелет система за ходање

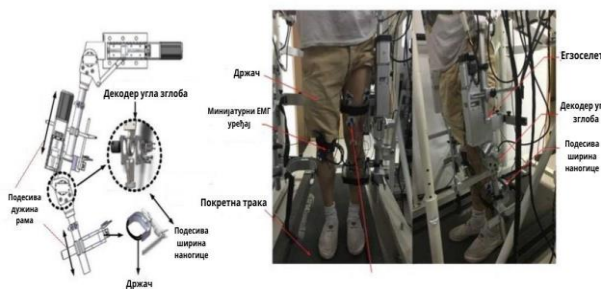
Роботски егзоскелет за физичку рехабилитацију се последњих година користе за повреде кичмене мождине и рехабилитацију пацијената са можданим ударом како би се побољшао опоравак моторних функција.

Интерактивна контрола рехабилитационог роботског помоћног уређаја усклађена са намерама пацијента резултирала је бољим исходима клиничког лечења. Брзина ходања може се одредити растојањем корака током трајања циклуса хода. Један пуни циклус хода почиње од ударца петом једне ноге и наставља се до ударца петом истог стопала у припреми за следећи корак.

За ходање са одржавањем константне брзине користи се тренинг на тракама за трчање. Бољи резултати рехабилитације се, међутим, постижу помоћу роботског помоћног уређаја са вољном контролом брзине хода (слика 5.).

Пацијенти са инвалидитетом желе да имају могућност да контролишу брзину ходања, и то је омогућено рехабилитационим роботским системом.

Такав приступ додатно подстиче пацијента да се активно укључи у рехабилитациону обуку [8].



Слика 5. Илустрација асистивног егзоскелетног система за кретање са главним компонентама, преузето са [8]

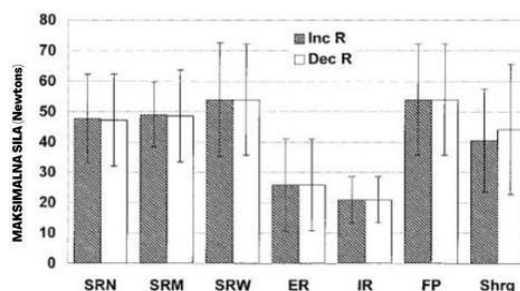
4.3. ЕМГ праћење функционалне активности (напредак или повлачење) свакодневних вежби за раме

Вежбе за раме се примењују за рехабилитацију после повреда и постоперативних операција, за превенцију повреда и за побољшање перформанси.

Електромиографија се користи за истраживање различитих терапијских вежби које максимално активирају мускулатуру рамена [9].

У наставку је описан експеримент који су урадили истраживачи из Стедман Хавкинг спортске медицинске фондације у Колораду, у ком су мишићна активност и примењено оптерећење мерени током седам вежби рехабилитације рамена. Деветнаест мушкараца извело је седам вежби: спољашњу и унутрашњу ротацију, ударац руком, слегање раменима и седеће веслање уским, средњим и широким хватом.

Сваки субјект је радио технике вежбања максималне добровољне контракције која представља 100% ЕМГ активности и коришћена је као референца за ЕМГ податке прикупљене током вежби [10]. Средња примењена сила приказана је на слици 6. Сила је достигла максимум од скоро 54 N за веслање са широким хватом седећи и за ударац напред. Максимална сила варирала је око 50 N за вежбе веслања са три седења, и била је приближно 44 N за повлачење лопатице током слегања раменима. Унутрашња и спољашња ротација имале су најмању вршну силу, у распону од 21 до 26 N [9].



Слика 6. Максимална сила (у њутнима) за фазе повећања (Inc R) и опадајуће (Dec R) фазе отпора у седам вежби рехабилитације рамена, преузето из [9].

Обрасци активације мишића и примењена оптерећења током седам вежби рехабилитације рамена се сматрају основним вежбама за рехабилитацију рамена са еластичним отпором и имају за циљ да штите од даљих повреда. Ови обрасци су осмишљени тако да раде у опсегу покрета без болова и да минимизирају капсуларни стрес. За постоперативне или акутно повређене пацијенте, лагани, променљиви отпор је идеалан [8].

5. ЗАКЉУЧАК

Електрофизиолошка својства људског тела су и даље предмет интензивног проучавања због сложености нервног система. Како истраживање напредује, комбинована употреба електромиографије са другим врстама електродијагностичких алата резултирала је великим низом студија за откривање и процену нових приступа рехабилитацији.

Овај дијагностички алат је стога веома драгоцен у дијагнози нервних и мишићних обољења који утичу на везу између нерава и мишића. Компјутеризовани системи рехабилитације који користи мерење ЕМГ сигнала имају потенцијал да омогуће клиничарима и

истраживачима лакше дијагностиковање проблема како би обезбедили пацијентима бржи и ефикаснији опоравак.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Konard, P. "The ABC of EMG: A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography". Noraxon Inc. USA, version 1.0. (2005).
- [2] Hatice Tankisi, David Burke, Liying Cui, Mamede de Carvalho, Satoshi Kuwabara, Sanjeev D. Nandedkar, Seward Rutkove, Erik Stålberg, Michel J.A.M. van Putten, Anders Fuglsang-Frederiksen, "Standards of instrumentation of EMG" January 2020. Aarhus University, Aarhus, Denmark
- [3] Rubin, D. I. "Needle electromyography: Basic concepts" Handbook of Clinical Neurology, 243–256, (2019).
- [4] Vladimir Medved, Sara Medvedev, Ida Kovac "Critical Appraisal of Surface Electromyography (sEMG) as a Taught Subject and Clinical Tool in Medicine and Kinesiology" Faculty of Kinesiology, University of Zagreb, Zagreb, Croatia October 2020
- [5] Nizam U. Ahamed, Kenneth Sundaraj, R.Badlishah Ahmad, Sivadev Nadarajah "Wire-Driven Mechanism for Finger Rehabilitation Device" Journal of Physical Therapy Science, December 2011
- [6] Rakesh Pilkar, Kamyar Momeni, Arvind Ramanujam, Manikandan Ravi, Erica Garbarini and Gail F. Forrest "Use of Surface EMG in Clinical Rehabilitation of Individuals With SCI: Barriers and Future Considerations", Front. Neurol., 18 December 2020
- [7] Shahrol Mohamaddan, T. Komeda "Wire-driven mechanism for finger rehabilitation device", August 2010
- [8] Gui Yin, Xiaodong Zhang, Dawei Chen, Hanzhe Li, Jiangcheng Chen, Chaoyang Chen and Stephen Lemos "Processing Surface EMG Signals for Exoskeleton Motion Control" Front Neurobot. 2020;

[9] Robert A. Hintermeister, Gregory W. Lange, MS, Jeanne M. Schultheis, Michael J. Bey, MS, and Richard J. Hawkins, MD "Electromyographic Activity and Applied Load During Shoulder Rehabilitation Exercises Using Elastic Resistance", The American Journal of Sports Medicine, November 17, 2016.

Кратка биографија



Оља Шегуљев рођена је у Новом Саду 31.03.1997 године. Уписала је основне студије биомедицинског инжењерства 2016. године на Факултету техничких наука Новом Саду. Дипломирала је 2021. године када је уписала и мастер студије. Мастер рад на факултет техничких наука из области Биомедицинског инжењерства одбранила је 2023. године.