Факултет за физичко образование, спорт и здравје при Универзитетот "Св. Кирил и Методиј" во Скопје.

# КОНДИЦИЈА

Стручно списание за физичко образование, спорт и здравје

ISSN 1857 - 9620 (Print)
ISSN 1857 - 8196 (Online)
Година 10, Број 19, 2023.



**ИЗДАВАЧ:**

# Факултет за физичко образование, спорт и здравје

**Главен уредник:**

Ленче А. Величковска

**Уредници:**

Борче Даскаловски
Андријана Мисовски

**Уредувачки одбор:**

Вујица Живковиќ
Роберт Христовски
Душко Иванов
Јоско Миленкоски
Зоран Радиќ
Александар Туфекчиевски
Милан Наумовски
Гино Стрезовски
Жарко Костовски
Орце Митевски
Георги Георгиев
Ицко Ѓорговски
Горан Ајдински
Лидија Тодоровска
Горан Ајдински
Лена Дамоска
Небојша Марковски
Даниела Шукова Стојмановска
Ванчо Поп-Петровски
Иван Анастасовски
Горан Никовски
Митричка Џ. Старделова
Илија Клинчаров
Александар Ацески
Серјожа Гонтарев
Руждија Калач
Александар Симеонов
Катерина Спасовска
Владимир Вуксановиќ
Наташа Мешковска
Зоран Поповски
Слободан Николиќ
Влатко Неделковски
Томислав Андоновски
Горан Милковски
Лазар Нанев
Жикица Тасевски
Бранко Крстевски
Славица Новачевска
Јана Каршаковска Димитриоска
Ристо Стаменов
Сашо Тодоровски
Марко Стевановски
Лука Поповски

**Уредувачки совет:**

Milan Žvan, (Republic of Slovenia)
Matej Tuešek, (Republic of Slovenia)
Lubiša Lazarević, (Republic of Serbia)
Dejan Madić, (Republic of Serbia)
Milovan Bratić, (Republic of Serbia)
Saša Milenković, (Republic of Serbia)
Miodrag Kocić, (Republic of Serbia)
Igor Jukić, (Republik of Croatia)
Angel Ric (Spain)
Luka Milanović, (Republic of Serbia)
Josip Maleš, (Republic of Croatia)
Duško Bjelica, (Montenegro)
Ljudmil Petrov (Republic of Bulgaria)
Munir Talović (BIH, Sarajevo)
Izet Rađo (BIH, Sarajevo)
Milan Čoh (Republic of Slovenia)
Munir Talović (BIH, Sarajevo)
Borislav Obradović, (Republic of Serbia)
Jelena Obradovi, (Republic of Serbia)

**Технички уредник**

Александар Ацески

**Лектура**

Дарко Темелкоски

**Печати:**

Бомат графикс

# С О Д Р Ж И Н А


1. КВАЛИТАТИВНА АНАЛИЗА НА ЧОВЕЧКОТО ОДЕЊЕ (5)
2. ИСТОРИСКИ РАЗВОЈ НА КОШАРКАТА ВО КОЛИЧКА ВО СВЕТОТ И КАЈ НАС (9)
3. КИНЕЗИТЕРАПИЈА КАКО СРЕДСТВО ЗА СПРАВУВАЊЕ СО МЕДИЈАЛНИОТ ЕПИКОНДИЛИТИС (13)
4. NAVIGATING THE DYNAMICS OF SPEED IN FOOTBALL: INSIGHTS INTO TRAINING, GENETICS AND DEVELOPMENTAL STRATEGIES (22)
5. БЕЗБЕДНОСНИ АСПЕКТИ ПРИ ФИЗИЧКА АКТИВНОСТ (28)
6. КОШАРКАТА НИЗ ПРИЗМАТА НА КОМПЛЕКСНИ СИСТЕМИ И САМООРГАНИЗАЦИЈА ВО СПОРТОТ (34)
7. ПРИМЕНАТА НА ТРЕНАЖЕРИ ВО ПРОЦЕСОТ НА ОБУЧУВАЊЕ НА ОДРЕДЕНИ ГИМНАСТИЧКИ ЕЛЕМЕНТИ НА СПРАВАТА КОЊ СО РАЧКИ (39)
8. ELECTROMUSCULAR STIMULATION (EMS) TRUTHS AND FALLACIES (46)
9. ПРИМЕНА НА ЕЛЕКТРОМИОГРАФИЈАТА ВО БИОМЕХАНИЧКАТА ДИЈАГНОСТИКА (58)
10. МЕНАЏМЕНТОТ ВО УЧИЛИШНИТЕ СПОРТСКИ КЛУБОВИ (66)


Кондиција

# ПРИМЕНА НА ЕЛЕКТРОМИОГРАФИЈАТА ВО БИОМЕХАНИЧКАТА ДИЈАГНОСТИКА



УДК: 616.74-009-073.7

**Александар Ацески**
Факултет за физичко образование, спорт и здравје,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“-Скопје,
Македонија
е-пошта: aceskiaceski@gmail.com

**Катерина Спасовска**
**Владимир Вуксановиќ**

**АПСТРАКТ**

Анализата на електричната активност на мускулите е круцијална во неврологијата, физикалната медицина, ортопедијата, ергономијата, биомеханиката и други научни дисциплини.

Поради својата комплексност и робустност, оваа метода најчесто се користи во лабораториски услови и тоа од страна на развиените научно-истражувачки центри кои главно ја проучуваат нервно-мускулната активност кај различни движења, вклучувајќи ги и спортските. Добиени резултати од електромиографијата, како што се степенот на мускулната активност и заморот можат, да им послужат на стручните лица од областа на спортот за пообјективно планирање и програмирање на тренажните содржини кои имаат за цел подобрување на перформансата и превенција од повреди.

**Клучни зборови:** електрична активност, електрода, контракција, сигнал, шум.

**APPLICATION OF ELECTROMIOGRAPHY IN BIOMECHANICAL DIAGNOSTICS**

**Aleksandar Aceski, Katerina Spasovska, Vladimir Vuksanovikj**
Faculty of physical education, sport and health,
University –„ Ss. Cyril and Methodius” – Skopje,
Macedonia

**ABSTRACT**

The analysis of the electrical activity of muscles is crucial in neurology, physical medicine, orthopedics, ergonomics, biomechanics and other scientific disciplines.

Due to its complexity and robustness, this method is mostly used in laboratory settings by developed scientific research centers that mainly study neuromuscular activity in various movements, including sports. Obtained results from electromyography, such as the degree of muscle activity and fatigue, can help sports professionals plan and program training content aimed at improving performance and preventing injuries.

**Key words:** electrical activity, electrode, contraction, signal, noise.

## ВОВЕД

Електромиографијата (ЕМГ) е метода која се користи за снимање на електричната активност на мускулите. Нејзините почетоци датираат уште од 1771 година кога Луиџи Галвани открил дека електричната струја може да предизвика контракција во мускулното ткиво кај животните. Ова ги навело научниците во тоа време да констатираат дека нервите и мускулите можат да произведат електрицитет, односно акциски потенцијал за да стимулираат контракција кај живи животни (Kazamel & Warren, 2017). Во литературата оваа метода уште се нарекува и кинезиолошка електромиографија (Massó et al. 2010) и се користи во многу научни дисциплини како што се: неврологијата, физикалната медицина, ортопедијата, ергономијата, биомеханиката и др.

Clarys & Cabri (1993) истакнуваат широк дијапазон на истражувачки области на кинезиолошката ЕМГ: анализа на нормалната мускулна функција во текот на одредени движења и положби, анализа на мускулната активност кај комплексни спортови, анализа на движењата во текот на работни задачи и рехабилитација, анализа на мускулната активност во текот на волевата контракција преку зголемување на напрегањето до релативен максимум, анализа на функционалната анатомска мускулна активност, координација и синхронизација во кинематичкиот синџир, процена на специфичноста и ефикасноста на тренажните методи, мускулниот замор и релацијата помеѓу ЕМГ и мускулната сила, интеракцијата човек – машина, влијанието на материјалите користени од човекот врз мускулната активност во ергономијата и друго.

Детектирањето на електричната активност на мускулот главно се врши преку интрамускулната електромиографија или преку површинската електромиографија. За спроведување на интрамускулната електромиографија потребно е електродите (слика 1) кои се користат за снимање на електричната активност да се постават внатре во мускулот и оваа техника е наменета за снимање на длабоките мускули. Поради инвазивниот карактер на оваа техника, вообичаено во спортската наука се користи површинската електромиографија која овозможува снимање на електричната активност на површинските мускули преку поставување електроди (слика 2) на кожата веднаш над мускулите.



*Слика 1. Вид електроди за интрамускулна електромиографија*

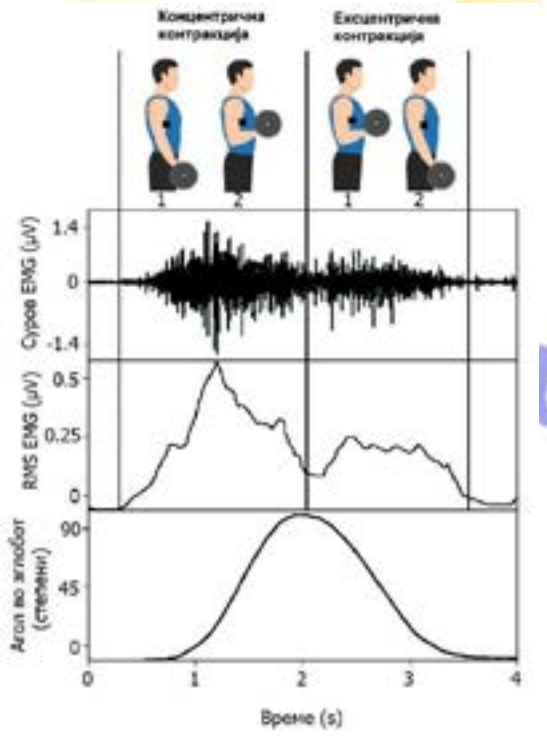


*Слика 2. Вид на електроди за површинска електромиографија*

Површинската електромиографија вклучува три фази:

1. **Подготвителна фаза;**
2. **Фаза на снимање и**
3. **Фаза на обработка.**

1. **Подготвителната фаза** вклучува подготовка на делот од кожата каде што ќе се постават електродите. За таа цел е потребно кожата да се избричи, а потоа да се измие со сапун или да се премачка со абразивен гел за да се намали сувиот слој на кожата, а исто така и да се исчисти со алкохол за да се елиминира потта. Понатаму, за да се добие добар сигнал, потребно е точно позиционирање на електродите. Ова се обезбедува со поставување на електродите на средишната линија на мевот од мускулот. Исто така, многу е важно електродите да се постават на оптимално растојание за да избегне мешањето на сигналите од електродите (cross-talk).
2. Успешното реализирање на **фазата на снимање** многу зависи од типот електроди што се користат. Површинските електроди можат да бидат пасивни или активни. Пасивните електроди се состојат од површина за откривање која ја детектира струјата на кожата преку интерфејсот кожа – електрода. Потоа сигналот се пренесува на засилувачот. Кај активните електроди засилувачот е на самата страна од сензорот, со што се скратува должината на патување помеѓу областа на детекција и сигналот. На овој начин значително се зголемува влезната импеданца на електродите, се намалува шумот и се обезбедува висок квалитет на снимање на сигналот (Richards, 2018).
3. Во **фазата на обработка** неопходно е суровиот сигнал да се обработи со алгоритми за филтрирање и гладење на тој начин што добиените резултати ќе бидат лесни за анализа (слика 3). Обработката на сигналот се прави во зависност од тоа дали ќе следува анализа на амплитудата, на тајмингот или на фреквенцијата. Амплитудата на ЕМГ-сигнал вообичаено се користи за да се одреди кога започнува и кога завршува мускулната контракција. Анализата на тајмингот го покажува моментот кога ЕМГ-амплитудата се зголемува над или се намалува под одредено воспоставено референтно ниво, а анализата на фреквенцијата обезбедува важна информација за мускулниот замор.




*Слика 3. ЕМГ запис од концентрична и ексцентрична контракција*

И покрај тоа што во литературата не е присутен консензус, одредени истражувања укажуваат дека системите за површинска електромиографија може да ги исполнат критериумите за релијабилност (Abbiss et al. 2006, Norcross et al. 2010) и валидност (Jang et al. 2018, Lynn et al. 2018, Silverman et al. 2021). Сепак, поради комплексноста и широкиот дијапазон на примена на ЕМГ, но исто така и поради неопходноста од исполнувањето на наведените критериуми, потребно е добро да се проучи упатството за употреба кое секоја компанија го изготвува за својот електромиографски систем.

## ТЕХНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ЕЛЕКТРОМИОГРАФОТ

Електромиографскиот систем се состои од хардвер со засилувач (амплифајер), стимулатор, контролна табла и компјутер (слика 4). Генерално, се достапни три вида: жичен, безжичен или систем за запишување податоци. Жичениот систем е помалку склон на амбиентален шум во однос на другите, но податоците не можат да се соберат надвор од близината на апаратот за снимање. Кај безжичниот и системот за запишување на податоците тие можат да се соберат надвор од близината на апаратот за снимање, меѓутоа безжичниот е склон на амбиентален шум и не може да се користи на места каде што има електрично зрачење.
Електродите како важна компонента во електромиографијата се разликуваат во однос на материјалот од кој се изработени и нивната форма. На стручните лица на располагање им стојат два вида електроди. Едните се електроди од преджелатинирано сребро/сребро хлорид кои имаат кружна форма, а другите, пак, се сребрени електроди во форма на прачка.



*Слика 4. Безжичен ЕМГ од производителот Delsys*

## ПРАКТИЧНИ ПРИМЕРИ ОД ПРИМЕНАТА НА ЕЛЕКТРОМИОГРАФИЈАТА ВО СПОРТОТ

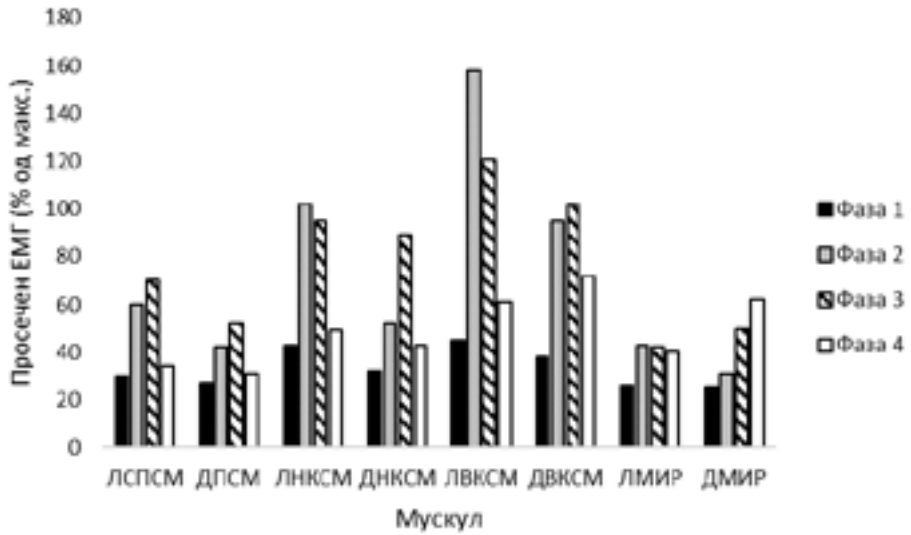
Тенисот е комплексен спорт кој изобилува со голем број движења за кои е потребна брза и координирана мускулна активност. Еден од најважни елементи во овој спорт е сервисот. На слика 5 се прикажани девет кадри од четирите фази на сервисот според Chow et al. 2003. Првата фаза – замавнување нагоре го дефинира движењето од кадар 1 до кадар 3, втората фаза – замавнување надолу 3-5, третата фаза – забрзување 5-7 и четвртата фаза – продолжен замав 7-9.




*Слика 5. Последователни кадри од сервис во тенис*

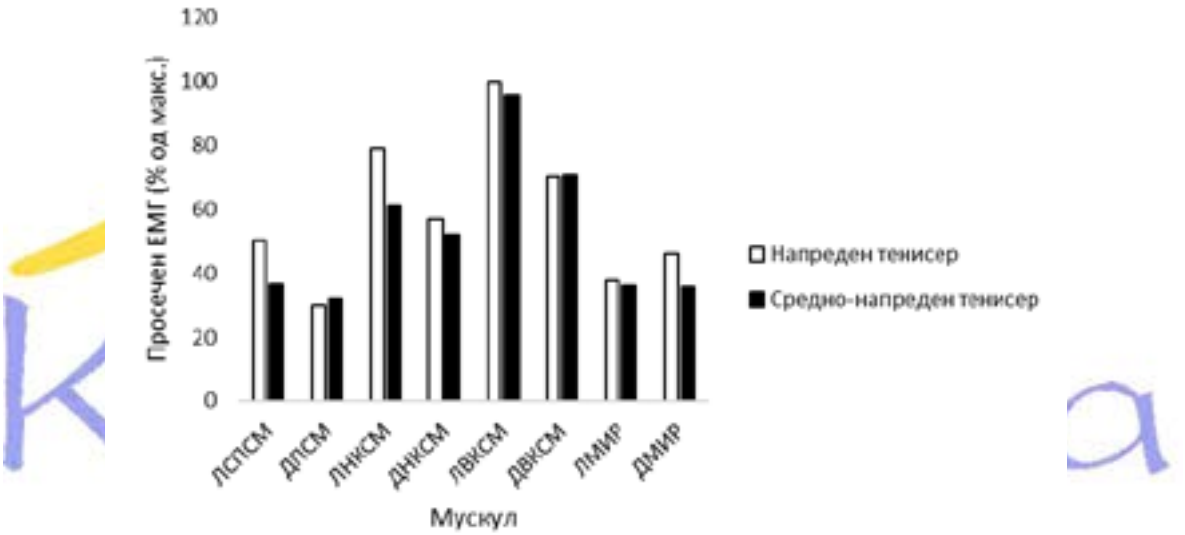
Доколку сервисот не е изведен со потребната техника, може да претставува ризик за повреда (Kovacs & Ellenbecker, 2011). Анализа на техниката на сервирање може да се изврши со многу биомеханички методи и инструменти, меѓутоа доколку тренерот сака да дознае каква е мускулната активност за време на сервирањето тогаш одговорот ќе го добие од електромиографската анализа.

На слика 6 се прикажани резултатите од просечната ЕМГ-активност на мускулите на трупот (Chow et al. 2009). Евидентно е дека кај повеќето мускули најголема активност е присутна во втората или во третата фаза.




*Слика 6. Ниво на ЕМГ-активност во четирите фази кај сервисот во тенис (Chow et al. 2009)*

ЛПСМ – лев m. rectus abdominis (прав стомачен мускул), ДПСМ – десен m. rectus abdominis (прав стомачен мускул), ЛНКСМ – лев m. external oblique abdominis (надворешен кос стомачен мускул), ДНКСМ – десен m. esternal oblique abdominis (надворешен кос стомачен мускул), ЛВКСМ – лев m. internal oblique abdominis (внатрешен кос стомачен мускул), ДВКСМ – десен m. internal oblique abdominis (внатрешен кос стомачен мускул), ЛМИР – лев m. erector spinae (мускул испружувач на ‘рбетот), ДМИР – десен m. erector spinae (мускул испружувач на ‘рбетот).




*Слика 7. Ниво на ЕМГ-активност кај тенисери за различно ниво на перформанса (Chow et al. 2009)*

ЛПСМ – лев m. rectus abdominis (прав стомачен мускул), ДПСМ – десен m. rectus abdominis (прав стомачен мускул), ЛНКСМ – лев m. external oblique abdominis (надворешен кос стомачен мускул), ДНКСМ – десен m. esternal oblique abdominis (надворешен кос стомачен мускул), ЛВКСМ – лев m. internal oblique abdominis (внатрешен кос стомачен мускул), ДВКСМ – десен m. internal oblique abdominis (внатрешен кос стомачен мускул), ЛМИР – лев m. erector spinae (мускул испружувач на ‘рбетот), ДМИР – десен m. erector spinae (мускул испружувач на ‘рбетот).

Во друг случај, можеби предмет на интерес кај тренерот ќе биде електричната мускулна активност кај тенисери со различно ниво на перформанса. На слика 7 се претставени резултатите од снимањето на просечната ЕМГ на мускулите кај напреден тенисер и средно-напреден тенисер (Chow et al. 2009). Очигледно е дека напредниот тенисер манифестира поголема мускулна активност.
Високото ниво на ЕМГ-активност на мускулите на трупот, особено мускулите на мевот и долниот дел на грбот, укажува на важноста од креирање програми за сила и рехабилитација на овие мускулни групи. Исто така, поради детектираното ексцентрично дејство на анализираните мускули, авторите препорачуваат вклучување и на ексцентричен тренинг во кондиционирањето. Според истите автори (Chow et al. 2009), на овој начин не само што ќе се подобри перформансата туку и ќе се превенираат повредите и болката во долниот дел на грбот.

## ЗАКЛУЧОК

Од сето погоре напишано, очигледно е дека електромиографијата обезбедува важни информации за мускулната активност кои медицинските стручни лица можат да ги искористат за дизајнирање ефикасни програми за рехабилитација. Исто така, овие информации се од корист и за спортските тренери во процесот на планирање и програмирање на тренингот во насока на подобрување на перформансата или превенција од повреди.
Сепак, важно е да се истакне дека поради својата сложеност и робустност оваа метода вообичаено се применува во лабораториски услови, а привилегија да ја користат имаат само високоразвиените научноистражувачки институти или центри.

## ЛИТЕРАТУРА

Abbiss, R.C., Peiffer, J.J., Netto, J.K. & Paursen, B.P. (2006). Reliability of surface EMG measurements of the quadriceps during maximal isometric contractions following water immersion. *Journal od Musculoskeletal Research*, Vol. 10, No 4, 197-203, https://doi.org/10.1142/S021895770600187X
Clarys, J.P. & Cabri, J. (1993). Electromyography and the study of sports movements: a review. *Journal of Sports Sciences* 11: 379-448. Doi: 10.1080/02640419308730010
Chow, J. W., Park, S. A., & Tillman, M. D. (2009). Lower trunk kinematics and muscle activity during different types of tennis serves. *Sports medicine, arthroscopy, rehabilitation, therapy & technology : SMARTT*, *1*(1), 24. https://doi.org/10.1186/1758-2555-1-24
Chow, J.W, Shim, J-h, & Lim, Y-t (2003). Lower trunk muscle activity during the tennis serve. *Journal of Science and Medicine in Sport* 6 (4): 512-518. Doi: 10.1016/s1440-2440(03)80276-1
Kazamel, M., & Warren, P. P. (2017). History of electromyography and nerve conduction studies: A tribute to the founding fathers. Journal of clinical neuroscience: official journal of the Neurosurgical Society of Australasia, 43, 54–60. https://doi.org/10.1016/j.jocn.2017.05.018
Kovacs, M.S., & Ellenbecker, T.S. (2011). A Performance Evaluation of the Tennis Serve: Implications for Strength, Speed, Power, and Flexibility Training. *Strength and Conditioning Journal* 33(4):p 22-30, DOI: 10.1519/SSC.0b013e318225d59a
Jang, M. H., Ahn, S. J., Lee, J. W., Rhee, M. H., Chae, D., Kim, J., & Shin, M. J. (2018). Validity and Reliability of the Newly Developed Surface Electromyography Device for Measuring Muscle Activity during Voluntary Isometric Contraction. *Computational and mathematical methods in medicine*, *2018*, 4068493. https://doi.org/10.1155/2018/4068493
Lynn, S. K., Watkins, C. M., Wong, M. A., Balfany, K., & Feeney, D. F. (2018). Validity and Reliability of Surface Electromyography Measurements from a Wearable Athlete Performance System. *Journal of sports science & medicine*, *17*(2), 205–215.
Massó, N., Rey, F., Romero, D., Gual, G., Costa, L., & Germán, A. (2010). Surface electromyography applications in the sport. *Apunts Med Esport*. 45(165):121-130.
Norcross, M. F., Blackburn, J. T., & Goerger, B. M. (2010). Reliability and interpretation of single leg stance

and maximum voluntary isometric contraction methods of electromyography normalization. *Journal of electromyography and kinesiology 20*(3), 420–425. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.08.003
Richards, J. (2018). The comprehensive textbook of clinical biomechanics 2nd Edition. Elsevier. Churchill Livingstone.
Silverman, J. D., Balbinot, G., Masani, K., Zariffa, J., & Eng, P. (2021). Validity and Reliability of Surface Electromyography Features in Lower Extremity Muscle Contraction in Healthy and Spinal Cord-Injured Participants. *Topics in spinal cord injury rehabilitation*, *27*(4), 14–27. https://doi.org/10.46292/sci20-00001