

EFFECT OF COMBINED KINESITHERAPY AND FUNCTIONAL MAGNETIC STIMULATION IN KNEE REHABILITATION

Danche Vasileva

Faculty of Medical Sciences, Goce Delcev University, Stip, North Macedonia,
dance.vasileva@ugd.edu.mk

ORCID ID: 0009-0006-1072-432X

Stefan Capov

Faculty of Medical Sciences, Goce Delcev University, Stip, North Macedonia,
stefan.211745@student.ugd.edu.mk

ORCID ID: 0009-0002-8166-2489

Dimitar Andreev

Center for Physical Therapy and Rehabilitation "Revitalis" – Skopje, North Macedonia
mitotti80@gmail.com

ORCID ID: 0000-0003-4789-7970

Abstract: Knee injuries and degenerative knee disorders are among the most common causes of pain, functional limitation, and reduced quality of life in the adult population. Modern rehabilitation concepts emphasize early restoration of function, pain reduction, and prevention of further joint damage. Kinesitherapy represents a fundamental component of the rehabilitation process, while in recent years Functional Magnetic Stimulation (FMS) has emerged as a promising non-invasive method for additional muscle activation and pain modulation. However, the evidence on the effects of their combined application in knee rehabilitation is still limited. The aim is to evaluate the effect of combined application of kinesitherapy and functional magnetic stimulation in knee rehabilitation, compared to kinesitherapy alone. The study included 20 patients aged 35–65 years with impaired knee function of various etiologies (post-traumatic, degenerative). The participants were randomly divided into two groups: an experimental group (n = 10), which received combined kinesitherapy and FMS, and a control group (n = 10), which underwent kinesitherapy only. The treatment lasted 6 weeks, with 3 sessions per week. Outcome measures were assessed at baseline and after the completion of the treatment and included: pain intensity using the Visual Analogue Scale (VAS), range of motion of the knee joint measured by goniometry, muscle strength of the quadriceps and hamstrings evaluated with manual muscle testing, and functional capacity assessed by standardized functional tests for the lower extremity. Both groups showed statistically significant improvement in pain reduction, range of motion, muscle strength, and functional performance after the rehabilitation program. However, the experimental group that received combined kinesitherapy and FMS demonstrated more pronounced improvements in pain reduction (lower VAS scores), greater increase in the range of motion, and higher gains in muscle strength and functional capacity compared to the control group. The combined application of kinesitherapy and functional magnetic stimulation in knee rehabilitation provides superior clinical outcomes compared to kinesitherapy alone. This integrated approach contributes to faster and more effective pain reduction, improvement of joint mobility, muscle strength, and functional independence. The obtained results support the inclusion of FMS as an additional modality in comprehensive rehabilitation protocols for patients with impaired knee function. Further studies with larger samples and longer follow-up are recommended to confirm and expand these findings.

Keywords: knee rehabilitation, kinesitherapy, functional magnetic stimulation, pain, muscle strength.

ЕФЕКТ ОД ПРИМЕНА НА КОМБИНИРАНАТА КИНЕЗИТЕРАПИЈА И ФУНКЦИОНАЛНАТА МАГНЕТНА СТИМУЛАЦИЈА ВО РЕХАБИЛИТАЦИЈА НА КОЛЕНО

Данче Василева

Факултет за медицински науки, Универзитет "Гоце Делчев" – Штип, Р.Северна Македонија,
dance.vasileva@ugd.edu.mk

ORCID ID: 0009-0006-1072-432X

Стефан Чапов

Факултет за медицински науки, Универзитет "Гоце Делчев" - Штип, Р.Северна Македонија,
stefan.211745@student.ugd.edu.mk

ORCID ID: 0009-0002-8166-2489

Димитар Андреев

Центар за физикална терапија и рехабилитација "Ревиталис" – Скопје, Р.Северна Македонија
mitotti80@gmail.com **ORCID ID:** 0000-0003-4789-7970

Резиме: Повредите и дегенеративните заболувања на коленскиот зглоб се една од најчестите причини за болка, функционално ограничување и намалена работна способност. Кинезитерапијата претставува основен столб во рехабилитацијата, додека функционалната магнетна стимулација (ФМС) се наметнува како современа, неинвазивна метода за подобрување на мускулната активација и намалување на болката. Комбинираната примена на овие две методи потенцијално може да доведе до побрзо и поефикасно функционално опоравување. Целта е да се испита ефектот од комбинираната примена на кинезитерапија и функционална магнетна стимулација во рехабилитацијата на пациенти со нарушена функција на коленскиот зглоб, во споредба со стандардна кинезитерапија. Во студијата беа вклучени вкупно 20 пациенти (возраст 35–65 години) со хронична болка и функционално ограничување на коленото поради дегенеративни или посттравматски промени. Пациентите беа рандомизирани во две групи: • Експериментална група ($n = 10$) – третирана со комбинирана програма: функционална магнетна стимулација на мускулатурата околу коленото, проследена со индивидуално прилагодена кинезитерапија; • Контролна група ($n = 10$) – третирана само со стандардна кинезитерапија. Третманот траеше 6 недели, 3 пати неделно. Проценката беше направена пред и по третманот со: визуелно аналогна скала за болка (VAS), опсег на движење во коленскиот зглоб (гонуиометрија), мускулна сила (по MRC скала) и функционален статус (стандардизиран функционален тест, на пр. WOMAC или сличен индекс). Двете групи покажаа статистички значајно намалување на болката и подобрување на функцијата по завршување на рехабилитацијата. Сепак, експерименталната група покажа поголемо намалување на VAS скорот (просечно намалување за околу 50–60% наспроти 30–40% во контролната група), поголемо зголемување на опсегот на флексија во коленото, како и поизразено подобрување на мускулната сила и функционалниот статус. Разликите меѓу групите беа статистички значајни ($p < 0,05$). Комбинираната примена на кинезитерапија и функционална магнетна стимулација во рехабилитацијата на коленскиот зглоб овозможува подобро намалување на болката, зголемување на опсегот на движење, подобрување на мускулната сила и функционалниот капацитет, во споредба со самостојна кинезитерапија. Овие резултати укажуваат дека вклучувањето на ФМС во стандардните рехабилитациони програми може да придонесе за поефикасно и побрзо функционално опоравување кај пациенти со нарушена функција на коленото.

Клучни зборови: коленски зглоб, кинезитерапија, функционална магнетна стимулација, рехабилитација, болка.

1. ВОВЕД

Повредите и дегенеративните заболувања на коленскиот зглоб претставуваат еден од најчестите причини за функционално ограничување, болка и намалена работна способност кај популацијата од различни возрастни групи. Коленото, како комплексен зглоб вклучен во носење на телесната тежина и изведување на основните активности на секојдневното живеење, често е изложено на акутни трауми, хронични преоптоварувања и дегенеративни промени.

Современите концепти во физикалната медицина и рехабилитација се насочени кон рано враќање на функцијата, намалување на болката и превенција на понатамошни оштетувања на зглобните структури. Кинезитерапијата претставува основен столб во рехабилитациониот процес, овозможувајќи подобрување на мускулната сила, флексибилноста, стабилноста и координацијата, како и оптимизација на движењето на коленскиот зглоб.

Паралелно со класичните кинезитерапевтски пристапи, во последните години сè поголемо внимание привлекува функционалната магнетна стимулација (ФМС) како неинвазивна терапевтска метода. Со примена на променливо магнетно поле се индуцира електрична стимулација на нервно-мускулниот систем, што може да доведе до подобрување на мускулната активација, циркулацијата и ткивната трофика. Комбинирањето на кинезитерапијата со ФМС претставува современ пристап кој потенцијално може да даде супериорни резултати во однос на функционалното опоравување и намалувањето на симптомите кај пациентите со нарушена функција на коленскиот зглоб.

Потребата од систематско испитување на ефектите од ваквата комбинирана примена произлегува од ограничениот број на клинички студии и од потребата за подобро дефинирање на оптималните протоколи за рехабилитација. Со тоа, се создава основа за научно поткрепени препораки во секојдневната клиничка пракса и унапредување на квалитетот на рехабилитационите услуги.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ

Истражувачката дејност е спроведена на Одделението за физикална медицина и рехабилитација при ЈЗУ „Клиничка болница“ – Штип, во период од 30 работни дена. Во истражувањето се вклучени 20 пациенти.

Во студијата беа вклучени вкупно 20 пациенти ($N = 20$) со нарушена функција на коленскиот зглоб поради:

- дегенеративни промени (гонартроза I–II степен)

- посттравматски состојби (по лигаментарни или менискални повреди, по оперативен третман и сл.).

Пациентите се поделени во две групи:

- Експериментална група (Група А): 10 пациенти третирани со комбинирана кинезитерапија и ФМС.
- Контролна група (Група Б): 10 пациенти третирани со само кинезитерапија, без ФМС.

Критериуми за вклучување

- Возраст од 35 до 70 години.
- Присуство на болка и функционално ограничување во коленскиот зглоб најмалку 3 месеци.
- Способност за активно учество во кинезитерапевтски програм.
- Потпишана информирана согласност за учество во истражувањето.

Критериуми за исклучување:

- Акутна инфламаторна состојба на зглобот.
- Тешка нестабилност на коленото која бара хируршки третман.
- Невролошки заболувања кои влијаат на мускулната контрола (на пр. мозочен удар, периферна невропатија).
- Имплантиран пејсмејкер или метални импланти контраиндирани за ФМС.
- Недоволна соработка или неможност за следење на протоколот.

Третмански протокол вклучува:

Времетраење на програмата 6 недели со фреквенција - 3 пати неделно или вкупно 18 сесии.

Функционална магнетна стимулација (само Група А)

- Локација на апликација: регија на m. quadriceps femoris и околу коленскиот зглоб.
- Траење по сесија: 15–20 минути.
- Интензитет: прилагоден индивидуално, до субјективно прифатливо чувство на ритмичка мускулна контракција без болка.
- За време на ФМС пациентот се поттикнува на волунтарна коактивација на мускулатурата (активно стегање за време на стимулот).

Кинезитерапија (Група А и Група Б)

По (или паралелно со) ФМС се изведува стандардизиран кинезитерапевтски протокол:

- Вежби за мобилизација на коленскиот зглоб (активни и активни-потпомогнати движења).
- Вежби за истегнување на задната ложа, квадрицепс и околната мускулатура.
- Вежби за јакнење на m. quadriceps femoris и хамстринг мускулите (изометриски и изотонични контракции).
- Вежби за проприоцепција и баланс (стоење на нестабилна подлога, стоење на една нога и сл., според можностите на пациентот).
- Функционални вежби (од кревање од столица, одење по рамна и по нерамна подлога, искачување/спуштање по скали).
- Времетраењето на кинезитерапевтскиот дел е околу 30–40 минути по сесија.

Методологија на евалуација

Испитаниците беа евалуирани пред почетокот на третманот (baseline) и по завршувањето на 6-неделната програма. Следниве параметри беа проценувани:

1. Интензитет на болка - Визуелна аналогна скала (VAS 0–10), каде 0 = без болка, 10 = најсилна замислива болка.
2. Опсег на движење во коленото - Флексија и екстензија измерени со гониометар (во степени).
3. Мускулна сила - Проценка на сила на m. quadriceps femoris и хамстринг мускулите со мануелно мускулно тестирање (MRC скала 0–5) или, доколку е достапно, со динамометар.
4. Функционална способност - Применет Lysholm Knee Score (0–100 поени) или WOMAC индекс, каде повисок резултат означува подобра функција.

Статистички методи

Податоците се обработени со описна статистика (средна вредност, стандардна девијација) и соодветни тестови за споредување:

- Внатрегрупни разлики: парен t-тест (пред–по третман во рамки на иста група).
- Меѓугрупни разлики: независен t-тест (Група А споредено со Група Б по третман).

Ниво на статистичка значајност: $p < 0.05$.

3. РЕЗУЛТАТИ

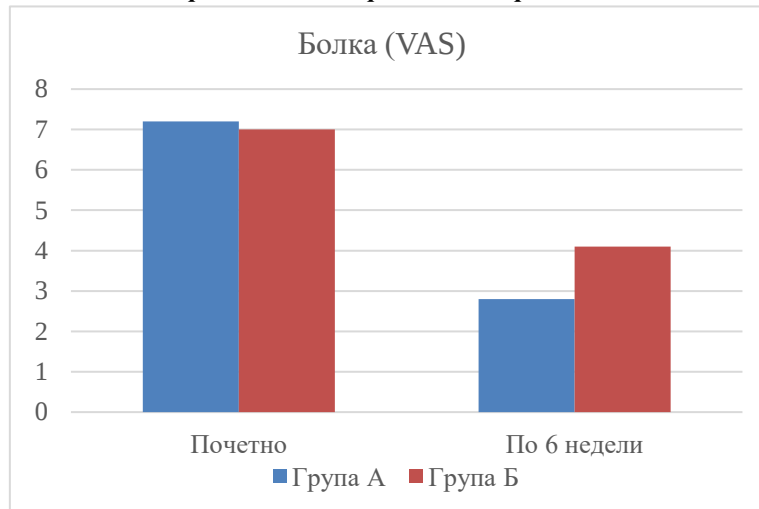
Прикажани се резултатите добиени од испитаниците на група А и група Б со различни патологии на коленото, третирани со комбинирана примена на кинезитерапија и магнетна терапија со апаратот Tesla STYM. Резултатите се презентирани графички, со споредба на параметрите измерени пред започнување на третманот и по завршување на предвидениот третман.

На *Графикон 1* е прикажана споредбата на вредностите на болката измерена со Визуелната аналогна скала (VAS) пред започнување на третманот и по завршување на шесте третмани.

На *Графикон 2* е прикажана споредбата на обемот на флексија на колениот зглоб пред и по спроведената комбинирана терапија.

На *Графикон 3* се прикажани резултатите од мускулната сила (MRC), со споредба на мускулната сила пред и по завршување на терапевтскиот третман.

Графикон 1. Приказ на просечните вредности на болката според VAS скалата пред и по спроведениот терапевтски протокол



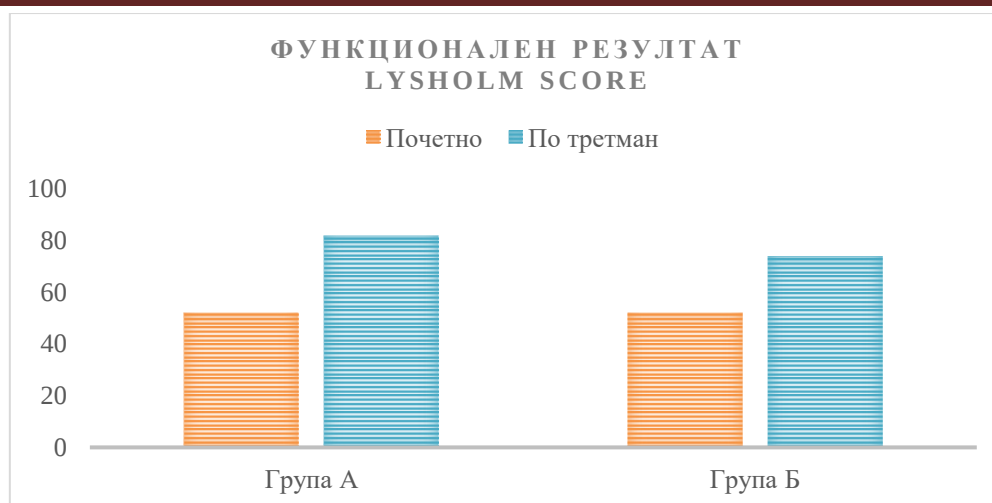
Извор: сопствено истражување на авторите Василева, Д., Чапов, С. и Андреев, Д.

Пациентите во Група А имаа статистички значајно помал интензитет на болка во однос на Група Б.

Графикони 2 и 3. Просечен обем на флексија во коленото и просечна вредност на мускулната сила според MRC скала за квадрицепс пред и по третман



Извор: сопствено истражување на авторите Василева, Д., Чапов, С. и Андреев, Д.



Извор: сопствено истражување на авторите Василева, Д., Чапов, С. и Андреев, Д.

И двете групи покажаа значајно подобрување на функционалниот капацитет, но Група А постигна повисок конечен резултат

Врз основа на добиените резултати од спроведената евалуација, кај сите испитаници беше забележано подобрување на испитуваните параметри по завршување на шесте третмани со и без комбинирана примена на кинезитерапија и магнетната терапија со апаратот Tesla STYM.

4. ДИСКУСИЈА

Применетите резултатите од ова истражување укажуваат дека и стандардната кинезитерапија сама по себе доведува до значајно намалување на болката, подобрување на опсегот на движење, зголемување на мускулната сила и подобрување на функционалната способност кај пациенти со нарушена функција на коленскиот зглоб.

Сепак, комбинираната примена на кинезитерапија и ФМС покажа поизразен ефект во сите анализирани параметри во споредба со само кинезитерапија.

Намалувањето на болката (VAS) беше поизразено во групата со ФМС, што може да се објасни со аналгетскиот ефект на магнетната стимулација преку модулација на нервните патишта и подобрување на локалната циркулација. Подобрувањето на опсегот на флексија и зголемувањето на мускулната сила веројатно се должи на синергиското дејство помеѓу активната кинезитерапија и индуцираната мускулна активација преку ФМС.

Подобриот функционален резултат (Lysholm/WOMAC) во експерименталната група ја потврдува практичната важност на комбинираниот пристап, бидејќи пациентите не само што пријавуваат помалку болка, туку и се способни полесно да ги изведуваат секојдневните активности (одијање, искачување по скали, подолготрајно стоење).

Овие наоди се во согласност со современите трендови во рехабилитацијата кои препорачуваат мултимодален пристап, при што се комбинираат активни вежби, техники за подобрување на невромускулната контрола и физикални агенсии со цел максимизирање на функционалното опоравување. Сепак, треба да се истакнат и ограничувањата на студијата: релативно мал примерок на пациенти, краток период на следење (само 6 недели), како и отсуство на долгорочно следење за процена на одржливоста на ефектите.

5. ЗАКЛУЧОК

Врз основа на добиените резултати може да се заклучи дека кинезитерапијата претставува ефективен метод за намалување на болката и подобрување на функцијата на коленскиот зглоб, а кога е комбинирана примената заедно со функционалната магнетна стимулација (ФМС) доведува до поизразено намалување на болката, поголемо подобрување на опсегот на движење, зголемување на мускулната сила и подобар функционален исход во споредба само со кинезитерапија.

ЛИТЕРАТУРА

Василева, Д. (2023) Кинезиологија. COBISS.MK-ID 59239173, 1 (1). Универзитет „Гоце Делчев“, Факултет за медицински науки, Штип. ISBN 978-608-244-951-7

Василева, Д. (2020). Практикум Кинезиологија. Универзитет „Гоце Делчев“, Факултет за медицински науки, Штип

- Василева, Д. (2022). Основи на кинезитерапија. Универзитет „Гоце Делчев“, Факултет за медицински науки, Штип
- Barker, A.T., Jalinous, R., & Freeston, I.L. (1985) Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex. *Lancet*, 1(8437):1106-1107.
- Baroni, G., Bondar, L.I., Osser, B., Farcas, D.M., Toderescu, C.D., Lucchesini, E., Fruja, D., Vasileva, D., & Pop, A. (2026) Functional Outcomes and Complications Following Patellar Fractures: A Retrospective Cohort Study, *Balneo and PRM Research Journal*, 17(2): 1063
- Beaulieu, L.D, Milot, M.H, & Mercier, C. (2017) Repetitive peripheral magnetic stimulation to improve motor function in stroke patients: a systematic review. *J Neurol Sci*. 381:102-113.
- Chang, W. J., Chiang, A., Chowdhury, N., Adie, S., Naylor, J. M., Finn, H., ... & Schabrun, S. M. (2025). Repetitive transcranial magnetic stimulation as an adjunct to quadriceps strengthening exercise in knee osteoarthritis: a pilot randomised controlled trial. *BMJ open*, 15(5), e097293.
- Dimitarova, M., Petrov, I., & Stojanovska, A. (2019) The effect of combined kinesitherapy and functional magnetic stimulation in patients with knee osteoarthritis. *Acta Phys Med Rehabil Baltica*, 31(2):89-98.
- Ehsan Hashemi, S., Gök, H., Güneş, S., Ateş, C., & Kutlay, Ş. (2025) Efficacy of pulsed electromagnetic field therapy in the treatment of knee osteoarthritis: a double-blind, randomized-controlled trial. *Turk J Phys Med Rehabil*, 71:66-73.
- Feng, S., Shi, X., Cao, X., & Zhao, J. (2025) Effect analysis of early rehabilitation therapy combined with repetitive transcranial magnetic stimulation on postoperative rehabilitation of sports knee injury. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 33(2), 43-46.
- Field, A (2024) Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics. *Sage Publications*.
- Flatscher, J., Pavez Loriè, E., Mittermayr, R., Meznik, P., Slezak, P., Redl, H., & Slezak, C (2023) Pulsed electromagnetic fields (PEMF)—physiological response and its potential in trauma treatment. *Int J Mol Sci*, 24:11239.
- Gogić, E., Tanović, E., Čelik, D., Džubur, A., Kurtanović, N., Kadrić, A., ... & Merdović, A. (2026). Comparative Analysis of the Effects of Functional Magnetic Stimulation and Interferential Current on Pain Control in Patients With Knee Osteoarthritis. *Cureus*, 18(2), e104073-e104073.
- Hryhoruk, V.V., & Davidenko, D.A. (2025) Statistical characteristics of groups of elderly patients with gonarthrosis against the background of overweight or obesity. *Inter Collegas*, 85:89.
- Kamiue, M., Tsubahara, A., Ito, T., & Koike, Y. (2024) Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on knee joint extensor strength in older persons receiving day services. *Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science*, 15, 49.
- Merolli L., Mitova E., (2025). THE EFFECTS OF KINESITHERAPY ON FUNCTIONAL PARAMETERS (MUSCLE STRENGTH AND RANGE OF MOTION) IN PATIENTS WITH RHEUMATOID ARTHRITIS. *MEDIS – International Journal of Medical Sciences and Research*, 4(3), 37-40. <https://doi.org/10.35120/medisij0403037m>
- Nie, Q., Yu, Y., Yuan, Z., & Chen, J. (2024) Effects of adding neuromuscular electrical stimulation to functional training on muscle recruitment, pain reduction, and knee joint function in patellofemoral pain syndrome patients. *Medicine*, 103(3), e36095.
- Paolucci, T., Porto, D., Pellegrino, R., Sina, O., Fero, A., D'Astolfo, S., ... & Pesce, M. (2023) Combined rehabilitation protocol in the treatment of osteoarthritis of the knee: Comparative study of extremely low-frequency magnetic fields and soft elastic knee brace effect. In *Healthcare (Basel)*, MDPI, 25;11(9):1221.
- Pavel. R.M., S., Purza. A., L., Tit, D.M., Radu, A.F., Iovanovici, D.C., Vasileva, D., Uivaraseanu, B., Bungau, G., & Nistor-Cseppento, C.D. (2025) Functional Burden and Quality of Life in Hip and Knee Osteoarthritis: A Cross-Sectional Study. *Medicina*, 61 (7): 3686875. p. 1155. ISSN 1648-9144
- Sarma, K.V.S., Mohan, A., & Vedururu, S.S. (2022) Statistical methods in clinical studies: an overview. *J Clin Sci Res*, 11:34-9.
- Savvari, P., Skiadas, I., Barmpouni, M., et al. (2024) Moderate to severe osteoarthritis: what is the economic burden for patients and the health care system? Insights from the “PONOS” study. *Cartilage*, 15:268-77.
- Somaiya, K.J., Samal, S., & Boob, M.A. (2024) Physiotherapeutic intervention techniques for knee osteoarthritis: a systematic review. *Cureus*, 16:e56817.
- Su, D.B., Zhao, Z.X., Yin, D.C., & Ye, Y.J. (2024) Promising application of pulsed electromagnetic fields on tissue repair and regeneration. *Prog Biophys Mol Biol.*, 187:36-50.
- Yang, X., He, H., Ye, W., Perry, T.A., & He, C. (2020) Effects of pulsed electromagnetic field therapy on pain, stiffness, physical function, and quality of life in patients with osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis of randomized placebo-controlled trials. *Phys Ther.*, 100:1118-31.