

НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ

Обзорная статья

УДК 616.831–009.12-031.4; 615.825

3.1.24. Неврология (медицинские науки)

doi: 10.17021/2712-8164-2024-3-6-10

РЕАБИЛИТАЦИОННАЯ РОЛЬ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ РЕФЛЕКСОВ

**Константин Борисович Петров, Татьяна Векентьевна Митичкина,
Наталья Анатольевна Иволина**

Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей, Новокузнецк, Россия

Аннотация. У большинства пациентов, перенесших инсульт, наблюдается увеличение мышечного тонуса на стороне гемиплегии, что сопровождается активизацией сухожильных рефлексов и расширением их рефлексогенной зоны, а также появлением специфических патологических знаков. Эти признаки давно учитываются при диагностике поражений пирамидной системы при заболеваниях спинного и головного мозга, однако их значение в реабилитационной практике до сих пор должным образом не исследовано. На основе литературных данных была проведена оценка клинических и нейрофизиологических характеристик известных патологических рефлексов. Сделан вывод о возможности применения расторможенных сухожильных рефлексов, а также тонических рефлексов стопы и кисти (рефлексы Бабинского и его аналоги, Майера, Клиппеля – Фейля, Лери) в реабилитационной практике. В то же время роль фазических патологических рефлексов кисти и стопы (рефлексы Рассолимо и его аналоги) в процессе реабилитации признана незначительной из-за их короткой продолжительности.

Ключевые слова: патологические рефлексы, гиперрефлексия, рефлекс Бабинского, рефлекс Рассолимо, реабилитация

Для цитирования: Петров К. Б., Митичкина Т. В., Иволина Н. А. Реабилитационная роль патологических рефлексов // Прикаспийский вестник медицины и фармации. 2024. Т. 5, № 3. С. 6–10. doi: 10.17021/2712-8164-2024-3-6-10.

SCIENTIFIC REVIEWS

Review article

THE REHABILITATION ROLE OF ABNORMAL REFLEXES

Konstantin B. Petrov, Tat'yana V. Mitichkina, Natal'ya A. Ivonina

Novokuznetsk State Institute of Further Training of Physicians, Novokuznetsk, Russia

Abstract. In most post-stroke patients, an increase in muscle tone on the hemiplegic side is accompanied by a revival of tendon reflexes and an expansion of their reflexogenic zone, as well as the appearance of specific abnormal reflexes. All these signs have long been considered when diagnosing damage to the pyramidal system in diseases of the spinal cord and brain, but their rehabilitation significance has not yet been considered. Based on literature data, the clinical and neurophysiological characteristics of known abnormal reflexes were assessed. It is concluded that it is possible to use lively tendon reflexes, as well as tonic reflexes of the foot and hand (Babinsky and its analogues, Mayer's, Klippel – Feil, Larry's reflexes) in rehabilitation practice. The role of phasic abnormal hand and foot reflexes (Rossolimo's sign and its analogues) in the rehabilitation process is considered insignificant due to their short duration.

Key words: abnormal reflexes, hyperreflexia, Babinski reflex, Rossolimo's sign, rehabilitation

For citation: Petrov K. B., Mitichkina T. V., Ivonina N. A. The rehabilitation role of abnormal reflexes. Caspian Journal of Medicine and Pharmacy. 2024; 5 (3): 6–10. doi: 10.17021/2712-8164-2024-3-6-10 (In Russ.).

Введение. Инсульты остаются одной из наиболее актуальных медицинских проблем, являясь одной из причин инвалидизации населения. Отсутствие адекватного восстановительного лечения ведет к возникновению необратимых анатомических и функциональных изменений в организме больного, что особенно актуально на первом (в период нахождения в неврологическом отделении) и втором (первые 3–4 недели после выписки из стационара) этапах реабилитации. В этой связи весьма актуально

ознакомить неврологов и специалистов по физической реабилитации с особенностями патологической рефлекторной активности на стороне гемиплегии, а также с принципами их использования в реабилитационном процессе.

Общеизвестно, что при остром поражении центрального двигательного нейрона в затронутых конечностях, помимо нарушений произвольной двигательной активности, наблюдаются гипотония и арефлексия [1]. У большинства пациентов, перенесших инсульт, повышение мышечного тонуса фиксируется в период с 1 по 6 неделю, причем на верхних конечностях оно развивается чаще и быстрее, чем на нижних [1, 2]. Спастичность приводит к усилению сухожильных рефлексов и расширению их рефлексогенной зоны. Она наиболее выражена в сгибателях предплечья, кисти и пальцев, а также в разгибателях стопы и голени [3]. Из патологических пирамидных знаков первым проявляется изменённый подошвенный рефлекс – симптом Бабинского [3–5], затем к нему присоединяются кистевые и стопные симптомы Рассолимо и другие пирамидные знаки [6].

Цель: изучить и систематизировать патологические рефлексы – группу двигательных автоматизмов, характерных для поражения центральной нервной системы, а также оценить возможность их использования для оптимизации методов реабилитации (кинезитерапии).

Материалы и методы. Библиографический поиск в рамках заявленной темы исследования осуществляли в базах научного цитирования РИНЦ, PubMed, Web of Science и Scopus по вышеуказанным ключевым словам. Первоначальный поиск источников в пределах последних 5 лет не выявил их достаточного количества для составления полноценного обзора, по этой причине период анализа был расширен до 20 лет. Основное внимание было уделено контролируемым рандомизированным исследованиям и обзорам. Всего проанализировано 152 источника, 15 из которых были использованы для настоящего обзора.

Результаты исследования и их обсуждение. После инсульта на фоне формирования спастичности в паретичных конечностях наблюдается оживление «штатных» сухожильных рефлексов (гиперрефлексия) и растормаживание ранее латентных двигательных автоматизмов (пирамидные знаки или патологические реакции) [3].

В этих случаях, например, повышенный ахиллов рефлекс можно вызвать не только при постукивании молоточком по сухожилию трёхглавой мышцы голени, но и при перкуссии в области бугристости ладьевидной кости (симптом Пиотровского), передней поверхности голеностопного сустава и лодыжек (симптом Бинга I), головки малоберцовой кости (симптом Реймера), а также наружного мыщелка (симптом Нойка I). При этом часто активируются аддукторные сухожильно-периостальные рефлексы: приведение и наружное вращение плеча при ударе молоточком по лопаточной ости (симптом Бехтерева); приведение паретичной ноги к средней линии при перкуссии внутреннего мыщелка или крыла подвздошной кости (симптом Раздольского). Нередко наблюдаются «парадоксальные» реакции, такие как сгибание голени при попытке вызвать коленный рефлекс и тыльное сгибание стопы при стимуляции ахиллова рефлекса [7].

Патологические рефлексы принято делить на стопные и кистевые, первые из них подразделяются на разгибательные и сгибательные, вторые чаще имеют сгибательную направленность.

Все патологические разгибательные рефлексы стопы (ПРПС) проявляются в виде экстензии большого пальца. Наиболее известным из них является симптом Бабинского: разгибание I пальца стопы и веерообразном разведении остальных пальцев в ответ на штриховое раздражение кожи по наружному краю подошвы и области плюсны. Остальные рефлексы этого типа имеют схожую структуру, различаясь лишь зоной и методом стимуляции: штрихование вдоль наружного края стопы (рефлекс Пуусепа) или под наружной лодыжкой (рефлекс Чаддока); постукивание молоточком по пятке (рефлекс Мартынова I), тыльной поверхности стопы (рефлекс Бинга), мыщелкам (рефлекс Мартынова II); нажатие рукояткой молоточка на середину подошвы (рефлекс Тремнера), сжатие фалангами 1–2 пальца с последующим скольжением вниз по надкостнице большеберцовой кости (рефлекс Оппенгейма); сжатие мизинца (рефлекс Гроссмана), ахиллова сухожилия (рефлекс Шеффера) или дистального отдела икроножной мышцы (рефлекс Гордона); нажатие кулаком на переднюю поверхность бедра (рефлекс Бехтерева I); сопротивление врача, оказываемое в области колена пациента, который пытается произвольно согнуть разогнутую ногу (рефлекс Штрюмпеля) [8, 9].

Для активации ПРПС оптимальным является положение пациента на спине с выпрямленными ногами; иногда облегчение может быть достигнуто за счёт поворота головы в сторону, что связано с асимметричным шейным тоническим рефлексом. Наиболее эффективно эти рефлексы вызываются при стимуляции области подошвы. Очень часто рефлексы данного типа сочетаются с защитно-укоротительной реакцией всей ноги, считается, что они являются «осколком» более обширной синергии ходьбы. Особенно ярко они проявляются при наличии распространённых очагов поражения теменно-

височной локализации и при процессах в спинном мозге. Таким образом, ПРПС являются преимущественно экстероцептивными тоническими спинальными полисинаптическими рефлексам с латентностью 160–500 мс (для сравнения – латентность ахиллова рефлекса в норме равна 48 мс), их продолжительность соответствует времени действия раздражителя, а иногда они проявляются спонтанно [10].

Патологические сгибательные рефлекс (ПСР) стопы и кисти имеют много общего и проявляются в виде непроизвольного сгибания пальцев в ответ на кратковременный раздражитель умеренной силы. Классическим примером ПСР является симптом Рассолимо: сгибание пальцев кисти или стопы при быстром касательном ударе по их подушечкам, что часто называют «кивок пальцами». Другие варианты этого рефлекса можно вызвать следующим образом: сгибание пальцев при перкуссии молоточком по внешней стороне тыла стопы или кисти (рефлекс Бехтерева – Менделя), по пятке или тенору (рефлекс Бехтерева II), по ахиллову сухожилию (рефлекс Йошимура), по середине подошвы или ладони (рефлекс Жуковского), по головкам плюсневых или пястных костей (рефлекс Жуковского – Корнилова), по лучезапястному суставу с ладонной или тыльной стороны (рефлекс Мартынова III), по голеностопному суставу спереди (рефлекс Бинга II), по наружному мыщелку бедренной кости (рефлекс Нойка II); сгибание пальцев кисти и предплечья в ответ на удар молоточком по шиловидному отростку лучевой кости (рефлекс Якобсона – Ласка) [11].

Оптимальной рефлексогенной зоной для ПСР является область кисти или стопы, лучше всего они вызываются при лёгком сгибании соответствующей конечности. Кистевые ПСР облегчает пронация предплечья или предварительная стимуляция ручных ПРПС, они характерны для поражений верхних отделов спинного мозга, а также лобной коры и её связей, обсуждается их близость к хватательному автоматизму [7].

Можно сделать вывод о том, что все ПСР представляют собой проприоцептивные клонические (фазические) спинальные полисинаптические рефлексы с латентностью от 40 до 60 мс и продолжительностью до 0,5–1,0 с [7].

Стоит отметить, что некоторые патологические рефлексы кисти имеют тонический характер и проприоцептивное (суставное) происхождение. Они проявляются при максимальном пассивном сгибании основных фаланг пальцев, что приводит к отведению и разгибанию большого пальца (рефлекс Майера) или, наоборот, к его сгибанию (рефлекс Клиппеля – Фейля). При супинированном положении предплечья наблюдается сгибание в лучезапястном и локтевом суставах (феномен Лери) [12, 13]. Разгибание пальцев способствует супинации, в то время как сгибание – пронации [14].

В изученной литературе обнаружилось только одно сообщение, рассматривающее возможность использования патологических рефлексов в качестве «терапевтических мишеней», однако каких-либо клинических рекомендаций при этом не даётся [15]. Тем не менее, наш личный субъективный опыт показывает, что они в сочетании с другими методами кинезитерапии могут быть полезны для стимуляции некоторых элементарных двигательных актов в паретичных конечностях.

При гиперрефлексии ритмическая перкуссия молоточком, например, по шиловидному отростку локтевой кости или сухожилию бицепса, может вызвать тетаническое сокращение в двухглавой мышце, что облегчает произвольное сгибание паретичной руки в локтевом суставе. Аналогично, активируя коленный рефлекс, можно добиться разгибания голени на стороне гемипареза. Естественно, что больной должен содействовать рефлекторному эффекту.

Вызывание рефлекса Бабинского и других ПРПС в положении больного на спине при слегка согнутой ноге в коленном и тазобедренном суставе также способствует её дальнейшей флексии при однонаправленной помощи со стороны пациента. В этом случае дополнительный облегчающий эффект оказывает приём Ендрассика (пациент сцепляет кисти обеих рук «замком» перед грудью, а затем растягивает предплечья со сцепленными пальцами в противоположных направлениях пытается разъединить пальцы против их сопротивления).

Упомянутые проприоцептивные тонические рефлексы кисти (рефлексы Майера, Клиппеля – Фейля и Лери) также оказываются весьма полезными в процессе реабилитации. Например, путём пассивной флексии или гиперэкстензии основных фаланг I–IV пальцев можно добиться рефлекторного отведения и разгибания большого пальца. Пассивное разгибание пальцев супинированной кисти способствует разгибанию кисти и предплечья, аналогичное сгибание пальцев в положении пронации облегчает сгибательные движения всей верхней конечности. С другой стороны, гиперсупинация предплечья облегчает разгибание и разведение всех пальцев, а флоросированная пронация сгибает их в основных фалангах и приводит разогнутый большой палец.

Что касается группы ПСР, то их реабилитационное значение представляется незначительным. Они не только не способствуют сгибанию конечности, но даже не облегчают сжиманию кисти в кулак. Причину этому мы видим в фазической природе и малой продолжительности данной группы рефлексов: больной не успевает наложить на короткий «кивок пальцами» своё произвольное усилие.

Выводы. На основании проведенного анализа литературы и собственного субъективного клинического опыта можно сделать следующие предварительные заключения.

1. В проанализированной литературе не найдены рекомендации по применению патологических рефлексов в реабилитационной практике.

2. При активации сухожильных рефлексов их ритмическая стимуляция приводит к тетаническому сокращению соответствующей мышцы, что облегчает произвольные движения в суставе, который она обслуживает.

3. Наибольшее значение для реабилитации имеют тонические патологические рефлексы стопы и кисти. Вызывание рефлекса Бабинского и его аналогов способствует тройному укорочению ноги при односторонней поддержке со стороны пациента. Рефлекс Майера активизирует отведение и разгибание большого пальца кисти, в то время как рефлекс Клиппеля – Вейля, наоборот, способствует его сгибанию. Рефлекс Лери облегчает сгибание кисти и предплечья.

4. Роль фазических патологических сгибательных автоматизмов кисти и стопы (рефлекс Рассолимо и его аналоги) в реабилитационном процессе невелика из-за их короткой продолжительности.

Раскрытие информации. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов. Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Authors' contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Источник финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

Список источников

1. Li S. Spasticity, Motor Recovery, and Neural Plasticity after Stroke // *Frontiers in Neurology*. 2017. № 8. P. 120. doi: 10.3389/fneur.2017.00120.
2. Sunnerhagen K. S., Opheim A., Murphy M. Onset, time course and prediction of spasticity after stroke or traumatic brain injury // *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2019. Vol. 62, № 6. P. 431–434. doi: 10.1016/j.rehab.2018.04.004.
3. Trompetto C., Marinelli L., Mori L. et al. Pathophysiology of Spasticity: Implications for Neurorehabilitation // *BioMed Research International*. 2014. № 354906. doi: 10.1155/2014/354906.
4. Ко Н. Y. Revisit Spinal Shock: Pattern of Reflex Evolution during Spinal Shock // *Korean Journal of Neurotrauma*. 2018. Vol. 14, № 2. P. 47–54. doi: 10.13004/kjnt.2018.14.2.47.
5. Sheean G. The pathophysiology of spasticity // *European Journal of Neurology*. 2002. № 9. P. 53–61. doi: 10.1046/j.1468-1331.2002.0090s1003.x.
6. Дамулин И. В., Екушева Е. В. Анализ сенсомоторных нарушений в позднем восстановительном и ридуальном периоде после ишемического инсульта // *Российский медицинский журнал*. 2016. Vol. 22, № 4. С. 184–189. doi: 10.18821/0869-2106-2016-22-4-184-189.
7. Боголепов Н. К. Нарушения двигательных функций при сосудистых поражениях головного мозга. Москва: МЕДГИЗ, 1953. 401 с.
8. Виничук С. М. Инверсия рефлекса Бабинского в зависимости от исходного положения нижней конечности и механизм ее возникновения. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/inversiya-refleksa-babinskogo-v-zavisimosti-ot-ishodnogo-polozheniya-nizhney-konechnosti-i-mehanizm-ee-vozniknoveniya> (дата обращения: 19.01.2024).
9. Нумман М. Патологические рефлексы (клинико-нейровизуализационные корреляции): автореф. дис. канд. мед. наук. URL: <https://medical-diss.com/medicina/patologicheskie-refleksy>.
10. Roby-Brami A., Ghenassia J. R., Bussel B. Electrophysiological study of the Babinski sign in paraplegic patients // *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. 1989. Vol. 52, № 12. P. 1390–1397. doi: 10.1136/jnnp.52.12.1390.
11. Мартынов Ю. С., Шувахина Н. А., Малкина М. С. и др. О патологических рефлексах (сообщение второе). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-patologicheskikh-refleksah-soobschenie-vtoroe> (дата обращения: 14.01.2024).
12. Кроль М. Б. Невропатологические синдромы. Харьков: Гос. мед. изд-во УССР, 1933. 528 с.
13. Никифоров А. С. Неврология. Полный толковый словарь. Москва: Эксмо, 2010. 464 с.
14. Brunnstrom S., Lehmkuhl L. D. Brunnstrom's Clinical Kinesiology. 6th rev. ed. Philadelphia: F. A. Davis Company, 2012. 575 p.

15. Eftekhar A., Norton J. J. S., McDonough C. M. Retraining Reflexes: Clinical Translation of Spinal Reflex Operant Conditioning // *Neurotherapeutics*. 2018. № 15. P. 669–683. doi: 10.1007/s13311-018-0643-2.

References

1. Li S. Spasticity, Motor Recovery, and Neural Plasticity after Stroke. *Frontiers in Neurology*. 2017; 8: 120. doi: 10.3389/fneur.2017.00120.
2. Sunnerhagen K. S., Opheim A., Murphy M. Onset, time course and prediction of spasticity after stroke or traumatic brain injury. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2019; 62 (6): 431–434. doi: 10.1016/j.rehab.2018.04.004.
3. Trompetto C., Marinelli L., Mori L. et al. Pathophysiology of Spasticity: Implications for Neurorehabilitation. *BioMed Research International*. 2014; 354906. doi: 10.1155/2014/354906.
4. Ko H. Y. Revisit Spinal Shock: Pattern of Reflex Evolution during Spinal Shock. *Korean Journal of Neurotrauma*. 2018; 14 (2): 47–54. doi: 10.13004/kjnt.2018.14.2.47.
5. Sheean G. The pathophysiology of spasticity. *European Journal of Neurology*. 2002; 9: 53–61. doi: 10.1046/j.1468-1331.2002.0090s1003.x.
6. Damulin I. V., Ekusheva E. V. The analysis of sensomotor disorders in late recovery and residual periods after ischemic stroke. *Rossiyskiy meditsinskiy zhurnal = Medical Journal of the Russian Federation*. 2016; 22 (4): 184–189. doi: 10.18821/0869-2106-2016-22-4-184-189 (In Russ.).
7. Bogolepov N. K. Narusheniya dvigatelnykh funktsiy pri sosudistyykh porazheniyakh golovnogo mozga = Disturbances of motor functions in vascular lesions of the brain. Moscow: MEDGIZ; 1953: 401 p. (In Russ.).
8. Vinichuk S. M. Inversiya refleksa Babinskogo v zavisimosti ot iskhodnogo polozheniya nizhney konechnosti i mekhanizma yeye vozniknoveniya = Inversion of the Babinski reflex depending on the initial position of the lower limb and the mechanism of its occurrence. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/inversiya-refleksa-babinskogo-v-zavisimosti-ot-ishodnogo-polozheniya-nizhney-konechnosti-i-mekhanizm-ee-vozniknoveniya> (accessed: 19.01.2024) (In Russ.).
9. Numman M. Patologicheskiye refleksy (kliniko-nevrovizualizatsionnyye zakonomernosti) = Pathological reflexes (clinical neuroimaging correlations). Abstract of thesis of Candidate of Medical Sciences. URL: <https://medical-diss.com/medicina/patologicheskie-refleksy> (In Russ.).
10. Roby-Brami A., Ghenassia J. R., Busset B. Electrophysiological study of the Babinski sign in paraplegic patients. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. 1989; 52 (12): 1390–1397. doi: 10.1136/jnnp.52.12.1390.
11. Martynov Yu. S., Shuvakhina N. A., Malkina M. S. et al. O patologicheskikh refleksakh (soobscheniye vtoroye) = About pathological reflexes (second message). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-patologicheskikh-refleksah-soobschenie-vtoroe> (accessed: 14.01.2024) (In Russ.).
12. Krol' M. B. Nevropatologicheskiye sindromy = Neuropathological syndromes. Kharkov: State Medical Publ. House of the Ukrainian SSR; 1933: 528 p. (In Russ.).
13. Nikiforov A. S. Nevrologiya. Polnyy tolkovyy slovar = Neurology. Complete explanatory dictionary. Moscow: Eksmo; 2010: 464 p. (In Russ.).
14. Brunnstrom S., Lehmkuhl L. D. Brunnstrom's Clinical Kinesiology. 6th rev. ed. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2012: 575 p.
15. Eftekhar A., Norton J. J. S., McDonough C. M. Retraining Reflexes: Clinical Translation of Spinal Reflex Operant Conditioning. *Neurotherapeutics*. 2018; 15: 669–683. doi: 10.1007/s13311-018-0643-2.

Информация об авторах

К. Б. Петров, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лечебной физкультуры и физиотерапии, Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей, Новокузнецк, Россия, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6246-8811>, e-mail: kon3048006@yandex.ru;

Т. В. Митичкина, кандидат медицинских наук, доцент кафедры лечебной физкультуры и физиотерапии, Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей, Новокузнецк, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6510-0369>, e-mail: tanya_mi2005@mail.ru;

Н. А. Ивонина, кандидат медицинских наук, доцент кафедры лечебной физкультуры и физиотерапии, Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей, Новокузнецк, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8713-4532>, e-mail: nan64@mail.ru.

Information about the authors

K. B. Petrov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department, Novokuznetsk State Institute of Further Training of Physicians, Novokuznetsk, Russia, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6246-8811>, e-mail: kon3048006@yandex.ru;

T. V. Mitichkina, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department, Novokuznetsk State Institute of Further Training of Physicians, Novokuznetsk, Russia, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6510-0369>, e-mail: tanya_mi2005@mail.ru;

N. A. Ivonina, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department, Novokuznetsk State Institute of Further Training of Physicians, Novokuznetsk, Russia, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8713-4532>; e-mail: nan64@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 28.08.2024; одобрена после рецензирования 02.09.2024; принята к публикации 16.09.2024.

The article was submitted 28.08.2024; approved after reviewing 02.09.2024; accepted for publication 16.09.2024.