



Роль биотехнических исследований и разработок космической медицины в развитии общей медицины и повышении качества жизни

Ю.А. Васин

канд. техн. наук, доцент кафедры
614 ФГБОУ ВО «Московский
авиационный институт (национальный
исследовательский университет)»; Москва
e-mail: bts614@mail.ru

Л.Б. Строгонова

д-р техн. наук, профессор, профессор
кафедры 614 ФГБОУ ВО «Московский
авиационный институт (национальный
исследовательский университет)»; Москва
e-mail: prstrogonova@mail.ru

А.И. Ульянов

аспирант кафедры 614 ФГБОУ ВО
«Московский авиационный институт
(национальный исследовательский
университет)»; Москва
e-mail: alek.ulyankin2013@yandex.ru
ORCID ID: 0009-0004-0972-8433

Т.И. Ибрагимов

д-р мед. наук, профессор кафедры
пропедевтики ортопедической
стоматологии ФГБОУ ВО «Российский
университет медицины» Минздрава
России; Москва
e-mail: prof_ibragimov@mail.ru
ORCID ID: 0009-0008-6659-7125

Г.Ф. Мамедова

канд. мед. наук, ассистент кафедры
ортопедической стоматологии и
гнатологии ФГБОУ ВО «Российский
университет медицины» Минздрава
России; Москва
e-mail: mamedova-qamar@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-6541-2327

В.В. Бровко

канд. мед. наук, доцент кафедры
пропедевтики ортопедической
стоматологии ФГБОУ ВО «Российский
университет медицины» Минздрава
России; Москва
e-mail: Brovkovik@mail.ru
ORCID ID: 0009-0008-2716-0334

Аннотация. Рассматриваются совместные исследования, материалы, методы, аппаратура и математическая обработка ограниченной выборки в космической и клинической медицине (стоматология) с целью повышения качества исследований.

Ключевые слова: гальваноз, ферменты, ограниченная выборка.

Summary. The article considers joint research, materials, methods, equipment and mathematical processing of a limited sample in space and clinical medicine (dentistry) in order to improve the quality of research.

Keywords: galvanosis, enzymes, limited sample.

Космическая медицина не только использует инновационные идеи из общей клинической медицины, но и дает толчок к развитию новых направлений. Высоко оценивается научным сообществом роль медицинского контроля космонавтов в развитии телемедицинского направления общей медицины. Особенно ярко проявляется данное направление при чрезвычайных ситуациях, связанных с оказанием высокопрофессиональной медицинской помощи в кратчайшие сроки. Или, например, незаменимая роль отдельных разделов телемедицины при пандемии ковида. Есть и менее известные широкой научной общественности разделы, например, использование специальных нагрузочных костюмов для лечения и реабилитации детей



с ДЦП, предложенных академиком И.Б. Козловской еще в 1989 г. и широко использующиеся в наше время. Дети с этим тяжелым недугом вступили во взрослую жизнь реабилитированными и адаптированными. Существуют также инновационные системы реабилитации пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями (инфарктами и инсультами) на основе тренажеров и реабилитационных средств для космонавтов: центрифуга короткого радиуса и иммерсионные ванны. Эти два метода успешно применяются в санаториях УДП «Загорские дали» и «Волжский утес». Методы также об-

суждались в наших журналах, например «Качество и жизнь» № 3(23). На рис. 1 представлены иммерсионная исследовательская ванна в ГНЦ РФ ИМБП РАН и реабилитационная ванна в санатории УДП «Загорские дали». Исследования в ГНЦ РФ ИМБП РАН проводились специалистами Института совместно со студентами и аспирантами Московского авиационного института.

В настоящее время разрабатываются средства и методики, позволяющие обеспечить качественное долговременное пребывание космонавтов на обитаемой лунной базе. Остановимся на одной из



Рисунок 1. «Сухая» иммерсионная исследовательская ванна в ГНЦ РФ ИМБП РАН и реабилитационная ванна в санатории УДП «Загорские дали»

Источник: [1]

них, предлагаемые для целей космической медицины и общего здравоохранения объединенной научной группой Московского авиационного института (МАИ) и Российского университета медицины (РУМ).

Сохранение здоровых зубов является одним из важнейших признаков высокого качества жизни – они обеспечивают полноценность питания, эстетический внешний вид, активный образ жизни. Кроме того, именно ротовая полость с биологическими жидкостями, интерес к изучению уникальных свойств которых и связанных с ними диагностических возможностей, значительно возрос, обеспечивают первичную обработку пищевых продуктов во время питания и впоследствии – стабильную работу ЖКТ. Космическая медицина также обращает внимание на данную проблему ввиду неблагоприятного влияния на пищеварение космонавта условий микрогравитации. Специалистами получены новые данные о функциях и составе ротовой жидкости у здоровых людей и при различных стоматологических вмешательствах [2]. Исследование биохимических показателей ротовой жидкости позволяет выявлять причины развития и доклинические проявления непереносимости различной этиологии к протезам и другим внешним и внутренним причинам стоматологического

вмешательства и избегать нежелательного дискомфорта пациента, тем самым повышая качество его жизни. А разработки, выполненные для исследований в области космической медицины, позволят быстро, с высоким качеством и не причиняя дискомфорта пациенту получить ответы на диагностические, профилактические и лечебные вопросы у конкретных пациентов.

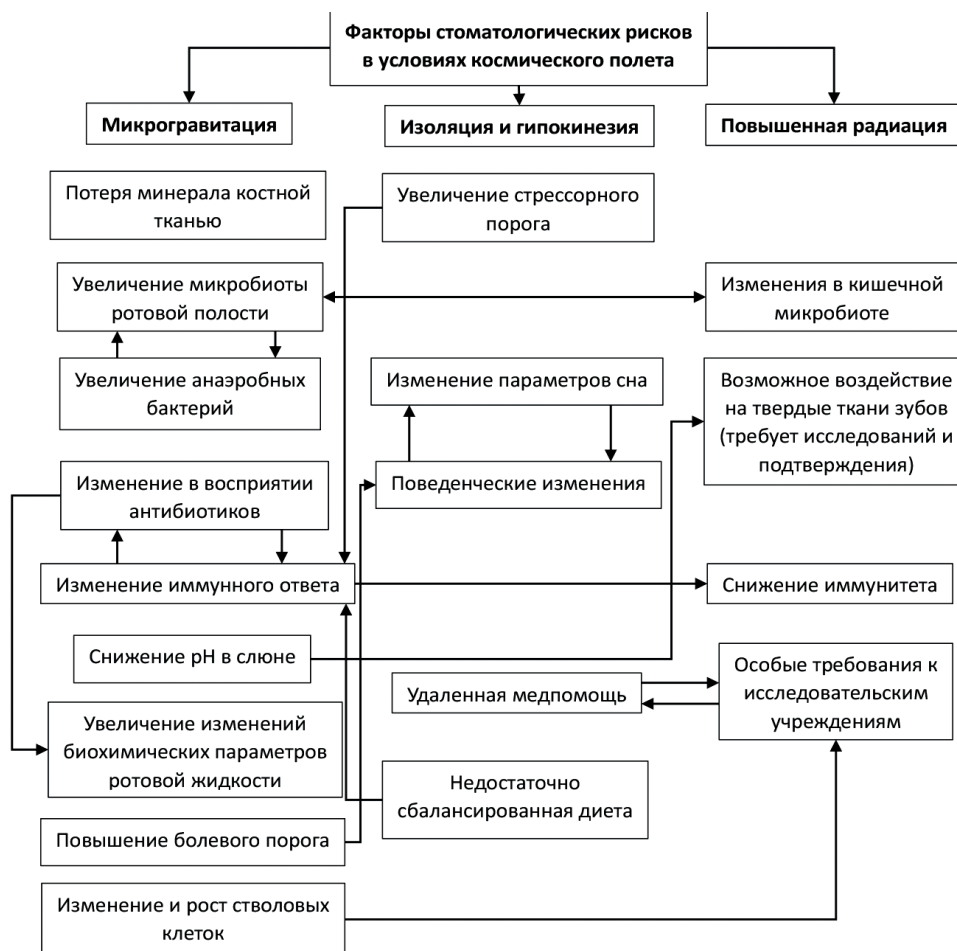
Исследование разделов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и пищеварения в условиях микрогравитации

Пребывание в условиях длительного пилотируемого космического полета сопровождается изменением функциональной активности многих систем организма, в том числе системы пищеварения, в которой происходит ряд функциональных изменений, вызванных эффектами микрогравитации. Объективный экспресс-контроль состояния желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) в условиях космического полета является сложной задачей, решение которой даже в условиях клиники требует привлечения большого количества оборудования и специалистов. Космический медицинский эксперимент (КЭ) «Спланх» направлен на исследование особенностей изменений структурно-функционального состояния пищеварительной системы,

возникающих в условиях космического полета. Первый этап КЭ включал исследование в невесомости электрической активности различных отделов ЖКТ с использованием комплекта «СПЛАНХ-1» российскими космонавтами. Биохимические параметры исследовались при помощи приборов системы «РЕФЛОТРОН» [3]. Однако стоматологические проблемы в космосе связаны не только с ЖКТ, но и с другими системами организма космонавтов. (рис. 2)

Большинство из перечисленных рисков недостаточно изучены не только в космосе, но и на Земле.

Рисунок 2. Факторы стоматологических рисков в условиях космического полета





Занимаясь подготовкой к космическим экспериментам, объединенная исследовательская группа МАИ и РУМ сочла возможным применить инновационную разработку в области космической исследовательской техники и математической обработки экспериментальных материалов для решения актуальной проблемы клинической стоматологии и ортопедии.

Наземные клинические исследования

По многочисленным данным отечественных и зарубежных ученых, конструкции в полости рта, изготовленные из металлов и других конструкционных материалов (в том числе пломбы, вкладки, штифты, искусственные коронки, мостовидные протезы, ортодонтические аппараты) могут оказывать патологическое воздействие на организм человека, тем самым провоцируя появление заболеваний слизистой оболочки полости рта (СОПР), усугублять имеющиеся хронические заболевания, а также вызывать явление гальванизма и как следствие – гальваноз.

Среди причин непереносимости стоматологических конструкций отмечают их конструкционные и технические особенности изменения физических условий в полости рта: специфические физические факторы (например, гальванические эффекты), биохимические взаимодействия ионов металлов, отрицательные внешние факторы, микробные и механические раздражения, психогенные факторы. Это обусловлено тем, что (несмотря на значительные достижения в области стоматологического материаловедения за последние годы) ни один из производимых материалов не может быть признан идеальным. Идеальный материал для ортопедической стоматологии должен полностью отвечать следующим требованиям: быть биоинертным, противостоять всем возможным воздействиям среды полости рта, обеспечивать прочную и постоянную связь со структурой твердых тканей зуба, полностью воспроизводить их внешний вид, обладать комплексом физико-механических свойств, соответствующих свойствам восстанавливаемых натуральных тканей и, более того, способствовать их оздоровлению и регенерации. Биологическая совместимость подразумевает, что имеет место наличие взаимосвязи между материалом и функциями, которые он выполняет. Изменение любой составляющей влечет за собой изменение биологической совместимости материала. Понимание природы и механизмов взаимодействия всех компонентов позволит практикующим врачам принимать обоснованные решения о целесообразности использования того или иного материала в конкретной клинической ситуации.

У здорового человека действие материалов зубных протезов находится в пределах его адаптационных возможностей. Однако если эти возможности снижены (пожилой возраст, общесоматические заболевания), то может развиваться ряд заболеваний (стоматиты, дисбактериоз, кандидоз и другие патологические изменения). Пациенты с симптомами гальваноза занимают уникальную нишу в системе здравоохранения, так как их направляют от одного врача к другому в поисках решения клинических проблем. Лечение таких больных не всегда эффективно. Часто заболевание остается не только неизлечимым, но и плохо диагностируемым, при этом очень важны и комплексная диагностика, и последующее адекватное лечение. В литературных источниках указывают на 13–43% случаев обращения в отделение ортопедической стоматологии с данными патологиями. Основными патогенетическими факторами развития гальваноза служат гальванические токи, коррозия металлов и патологическое изменение слюны. Характерные жалобы при гальванозе в полости рта: металлический вкус, чувство кислоты, извращение вкуса, жжение языка, сухость в полости рта. Отмечаются изменения неврологического статуса: раздражительность, бессонница, головные боли, канцерофобия, общая слабость организма и др. Указанные жалобы и симптомокомплексы снижают работоспособность и качество жизни пациента.

Физические и биохимические особенности процесса

Согласно признанной мембранно-ионной теории Ходжкина, Хаксли, Катца (1949–1952 гг.), наличие электрических потенциалов в живых клетках обусловлено неравенством концентраций Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- внутри и вне клетки и различной проницаемости для них поверхностной мембраны [4]. Такими раздражителями в полости рта могут служить микроэлементы Fe, Ni, Cr, Ti, Cu, Mn и другие, поступающие в смешанную слюну в результате электрохимических процессов при гальванозе. При этом отмечается увеличение разности потенциалов (РП) между металлами зубных протезов и слизистой оболочкой полости рта (СОПР). Ионы солей тяжелых металлов, возникающие вследствие коррозии сплавов и являющиеся причиной возникновения гальванических токов, могут приводить к общей интоксикации организма и аллергическим реакциям. Большинство химических веществ реализуют токсическое действие путем нарушения ферментативных систем. Известно около 100 ферментов, активность которых может тормозиться при блокировании в их молекулах SH-групп. В результате реакции ионов металлов

с SH-группами образуются слабо диссоциирующие нерастворимые соединения-меркаптиды. Сульфгидрильные группы белков и аминокислоты могут легко окисляться, а при взаимодействии металлов с окислительно-восстановительными системами клетки – изменять валентность. При этом переход в состояние низшей валентности обычно связывают с уменьшением токсичности металлов. Однако длительное пользование протезами может приводить к токсическому раздражению рецепторного аппарата слизистых оболочек органов рта субпороговыми дозами микропримесей металлов. Микроэлементы, поступающие в слюну из металлических протезов, заглатываются, всасываются через слизистую оболочку желудка и с током крови поступают в печень, вызывая обострение заболеваний печени и желудка [5].

Следовательно, при помощи специально обоснованной экспериментальной выборки требуется исследовать изменения наиболее вероятно-информативных биохимических параметров совместно с динамическими изменениями pH в уязвимой части ротовой полости.

Математические методы обработки результатов исследования

Для анализа результатов медико-биологических экспериментов с малой выборкой, что свойственно для экспериментов, проводящихся в условиях микрогравитации, используют:

- дисперсионный анализ (ДА) – это статистический метод анализа результатов наблюдений, зависящих от нескольких одновременно действующих факторов;

- факторный анализ (ФА), производимый на основе сравнения дисперсий. Факторами обычно называют условия, которые влияют на результат эксперимента. При этом общая вариация результатов наблюдений разбивается на сумму вариаций, соответствующих раздельному влиянию факторов, их совместному влиянию, и остаточную вариацию, учитывающую влияние всех неучтенных факторов и (или) ошибки наблюдений.

В нашем случае следует на основе патофизиологического метода определить возможные совместные и раздельные влияния исследуемых факторов.

Статистические связи между переменными изучаются методами корреляционного (КА) и регрессионного анализа (РА).

Основными задачами корреляционного анализа являются выявление связи между переменными и оценка тесноты этой связи. Для проведения такого анализа на малой выборке воспользуемся понятием однородности экспериментальной группы. А именно: пол, возраст, уровень физиологического состояния, внешние и внутренние воздействия и т.д. В условиях медико-биологических исследований в космическом полете это требование выполнить возможно, для наземных исследований необходимо грамотное планирование эксперимента. Примеры обработки экспериментальных данных: установление формы зависимости, определение уравнения зависимости по экспериментальным данным, прогноз среднего значения зависимой переменной при заданном значении независимой переменной приведены и ранее обсуждены авторами в [6, 7] и представлены на рис. 3.

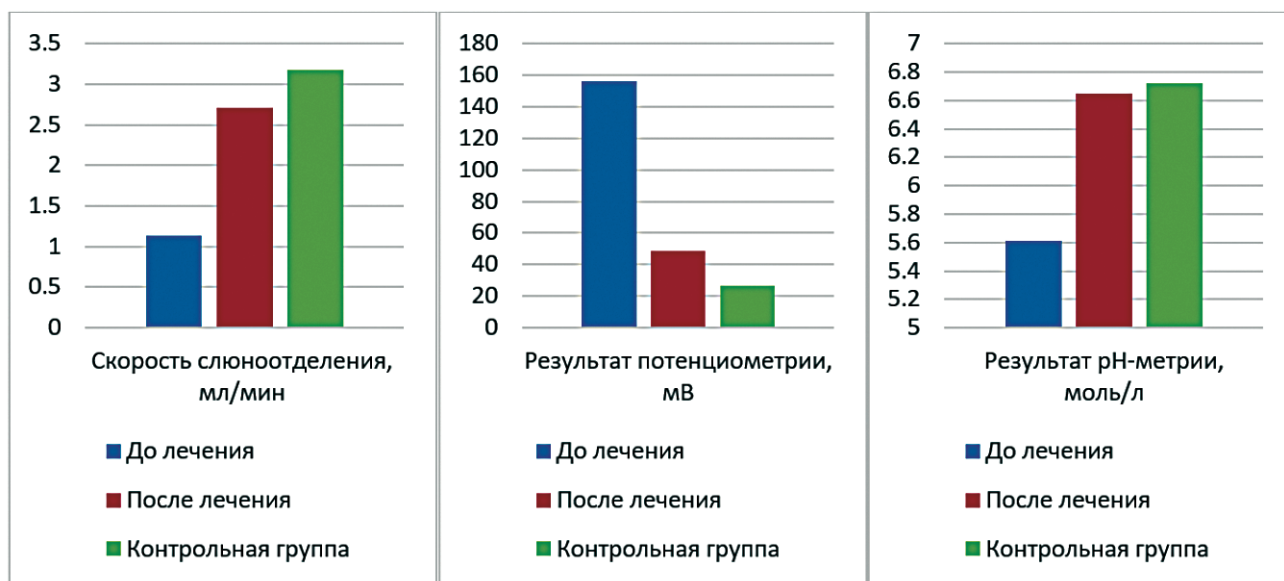


Рисунок 3. Сравнения эффективности лечения по показателям потенциометрии, pH-метрии, скорости слюноотделения

Источник: [7]



Экспериментальная аппаратура

Аппаратура для медико-биологического обеспечения космического полета и биотехнического обеспечения долговременного пребывания человека в космосе должна обладать рядом специфических требований, предъявляемых к космической аппаратуре. Однако есть ряд требований, предъявляемых к биомедицинской космической аппаратуре, которые будут не лишними для эксплуатации данных технических устройств и в земных условиях. А именно: точность и воспроизводимость результатов в любых условиях окружающей среды, в которой может находиться человек. Кроме того, сам космонавт должен быть способен выполнять краткую, доступную и достаточную для неспециалиста методику пользования аппаратурой. Аппаратура не должна доставлять космонавту и пациенту дискомфорт и психологические неудобства. В условиях меняющегося климата Земли и в условиях космических экспедиций наблюдается значительный рост микробиологических рисков. Данная проблема требует особого отношения ввиду того, что она до сих пор не имеет законченного удовлетворительного ответа на нее.

Для решения поставленных в исследованиях задач предлагается использование спектрофотометрической аппаратуры совместно с методом, известным как «сухая химия», – прибора типа «Сплат», адаптированного для исследований в ротовой полости. Измерения производятся при использовании одноразовой каппы. Образцы аппаратуры (а в дальнейшем и серийное производство) изготавливаются на предприятии ФА «Роскосмос».

Заключение

Изначальная разработка биомедицинской аппаратуры для клинической медицины с учетом требований, предъявляемых к медицинской аппаратуре, использующейся в космических полетах, видится авторам перспективной.

Исследование на стыке различных областей науки и техники позволяет ускоренно внедрять инновационные методы в практику.

Дальнейшее исследование повысит качество постановки диагноза и пути оказания помощи пациенту (космонавту). Таким образом будут реализованы медико-психологические и технические методы решения проблемы.

Источники

1. В МАИ разрабатывают устройство для оценки уровня стресса [Электронный ресурс]. МАИ. 2022. 10 января. URL: <https://mai.ru/press/news/detail.php?ID=163038>
2. Mellado-Valero A., Muñoz A.I., Pina V.G., Sola-Ruiz M.F. Electrochemical Behaviour and Galvanic Effects of Titanium Implants Coupled to Metallic Suprastructures in Artificial Saliva. *Materials (Basel)*. 2018. Jan 22. No. 11(1). P. 171. URL: <https://doi.org/10.3390/ma11010171>

3. Строгонова Л.Б. Медицинский контроль состояния жидких сред организма человека в экстремальных условиях космического полета: Автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 05.26.02, 14.00.32 / Моск. авиац. ин-т. М., 2002. 50 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002867553>

4. Ибрагимов Т.И., Строгонова Л.Б., Мамедова Г.Ф., Бровко В.В., Ульянов А.И. Изменение концентрации ферментов в смешанной слюне при клинических проявлениях гальваноза в полости рта: Обзор литературы // *Эндодонтия Today*. 2023. № 21(4). С. 320–326. URL: <https://doi.org/10.36377/1683-2981-2023-21-4-320-326>

5. Майборода Ю.Н., Гоман М.В., Урясьева Э.В. Непереносимость материалов протезных конструкций // *Медицинский вестник Северного Кавказа*. Ставрополь, 2014. Т. 9. № 3. С. 286–291. URL: <https://doi.org/10.14300/mnnc.2014.09082>

6. Васин Ю.А., Строгонова Л.Б., Ульянов А.И., Ибрагимов Т.И., Мамедова Г.Ф., Бровко В.В. Особенности применения математического анализа малых групп в стоматологической практике // *Научно-технический вестник Поволжья*. Казань, 2024. № 7. С. 130–134. URL: https://ntvp.rtu.ru/files/HTBП_7_2024.php

7. Строгонова Л.Б., Ибрагимов Т.И., Мамедова Г.Ф., Бровко В.В., Ульянов А.И., Ашрапова Л.Р. Оптимизация комплексной реабилитации пациентов с непереносимостью металлических конструкций в полости рта и совершенствование диагностики гальваноза // *Проблемы стоматологии*. 2024. № 2. С. 196–202. URL: <https://doi.org/10.18481/2077-7566-2024-20-2-196-202>

References

1. MAI is developing a device for assessing stress levels [Electronic resource]. MAI. 2022. January 10. URL: <https://mai.ru/press/news/detail.php?ID=163038>
2. Mellado-Valero A., Muñoz A.I., Pina V.G., Sola-Ruiz M.F. Electrochemical Behaviour and Galvanic Effects of Titanium Implants Coupled to Metallic Suprastructures in Artificial Saliva. *Materials (Basel)*. 2018. Jan 22. No. 11(1). P. 171. URL: <https://doi.org/10.3390/ma11010171>
3. Stroganova L.B. Medical monitoring of the state of human body fluids under extreme conditions of space flight: Abstracts from the diss... Doctor of Technical Sciences: 05.26.02, 14.00.32/Moscow Aviation Institute, M., 2002. 50 p. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002867553>
4. Ibragimov T.I., Stroganova L.B., Mamedova G.F., Brovko V.V., Ulyankin A.I. Changes in the concentration of enzymes in mixed saliva during clinical manifestations of galvanosis in the oral cavity: Literature Review// *Endodontics Today*. 2023. No. 21(4). P. 320–326. URL: <https://doi.org/10.36377/1683-2981-2023-21-4-320-326>
5. Mayboroda Yu.N., Goman M.V., Uryasyeva E.V. Intolerance to prosthetic materials//*Medical Bulletin of the North Caucasus*. Stavropol, 2014. V. 9. No. 3. P. 286–291. URL: <https://doi.org/10.14300/mnnc.2014.09082>
6. Vasin Y.A., Stroganova L.B., Ulyankin A.I., Ibragimov T.I., Mamedova G.F., Brovko V.V. Features of the use of mathematical analysis of small groups in dental practice//*Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region*. Kazan, 2024, No. 7. P. 130–134. URL: https://ntvp.rtu.ru/files/HTBП_7_2024.php
7. Stroganova L.B., Ibragimov T.I., Mamedova G.F., Brovko V.V., Ulyankin A.I., Ashrapova L.R. Optimizing the comprehensive rehabilitation of patients with intolerance to metal structures in the oral cavity and improving the diagnosis of galvanosis//*Dental problems*. 2024. No. 2 P. 196–202. URL: <https://doi.org/10.18481/2077-7566-2024-20-2-196-202>