

КАРДИОЛОГИЯ CARDIOLOGY

УДК 616-085

DOI 10.52575/2687-0940-2022-45-1-55-64

Влияние дефицита электролитов на нарушения ритма сердца на фоне новой коронавирусной инфекции (обзор литературы)

Вишневецкий В.И., Панина Ю.Н., Вишневецкий М.В.

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева,
Россия, 302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, д. 95
E-mail: vishnevsky.orel@mail.ru

Аннотация. Значительный электролитный дисбаланс из-за полиорганной недостаточности и некоторых лекарств, используемых для лечения тяжелых инфекций COVID-19, провоцирует аритмию. Во многих исследованиях сообщается, что COVID-19 всегда сопровождают электролитные нарушения. В работе использованы общенаучные методы исследования, в частности анализ зарубежных научных публикаций 2019–2021 годов из баз данных Pubmed, Medline, Google Scholar, индуктивный и дедуктивный метод. Клиницисты, ведущие пациентов с коронавирусом, должны быть осведомлены о потенциальных побочных эффектах сердечно-сосудистых заболеваний при применении различных методов лечения вирусной инфекции. Сделан вывод, что, если первоначальные электрокардиографические исследования показывают умеренное удлинение интервала QTc, лечение может быть назначено при условии оптимизации приема лекарств и введения электролитов. Если отмечено удлинение интервала QTc, необходимо избегать приема препаратов, которые могут продлить этот интервал в дальнейшем, или проконсультироваться со специалистом, чтобы иметь возможность лечить пациента с необходимыми мерами предосторожности.

Ключевые слова: электролитный дисбаланс, COVID-19, побочные эффекты, нарушение ритма сердца, тахикардия, удлинение интервала QTc, ренин-ангиотензин-альдостероновая система

Для цитирования: Вишневецкий В.И., Панина Ю.Н., Вишневецкий М.В. 2022. Влияние дефицита электролитов на нарушения ритма сердца на фоне новой коронавирусной инфекции. Актуальные проблемы медицины. 45 (1): 55–64. DOI: 10.52575/2687-0940-2022-45-1-55-64

The effect of electrolyte deficiency on cardiac arrhythmias against the background of a new coronavirus infection (review)

Valerii I. Vishnevskij, Julia N. Panina, Matvei V. Vishnevskij

Orel State University named after I.S. Turgenev,
95 Komsomolskaya St., Orel 302026, Russia
E-mail: vishnevsky.orel@mail.ru

Abstract. A significant electrolyte imbalance due to multiple organ failure and some medications used to treat severe COVID-19 infections provokes arrhythmia. Many studies report that COVID-19 is always accompanied by electrolyte disturbances. The work uses general scientific research methods, in particular, the analysis of foreign scientific publications of 2019–2021 from the databases Pubmed, Medline, Google Scholar, inductive and deductive method. Clinicians leading patients with coronavirus should be aware of the potential side effects of cardiovascular diseases when using various methods of treating viral infection. It is concluded that if initial electrocardiographic studies show a moderate prolongation of the



QTc interval, treatment can be prescribed provided that medication intake and administration of electrolytes are optimized. If there is an elongation of the QTc interval, it is necessary to avoid taking medications that may prolong this interval in the future, or consult a specialist to be able to treat the patient with the necessary precautions.

Keywords: electrolyte imbalance, COVID-19, side effects, cardiac arrhythmia, tachyarrhythmias, prolongation of the QTc interval, renin-angiotensin-aldosterone system

For citation: Vishnevskij V.I., Panina J.N., Vishnevskij M.V. 2022. The effect of electrolyte deficiency on cardiac arrhythmias against the background of a new coronavirus infection Challenges in Modern Medicine. 45 (1): 55–64 (in Russian). DOI: 10.52575/2687-0940-2022-45-1-55-64

Введение

Различные нарушения сердечно-сосудистой системы (ССС) являются частым осложнением у пациентов, госпитализированных с инфекцией COVID-19, и связаны с более высоким риском смерти [Shi et al., 2020]. Значительный электролитный дисбаланс из-за полиорганной недостаточности и некоторых лекарственных средств, используемых для лечения тяжелых форм коронавирусной инфекции, провоцирует нарушения ритма сердца. Во многих исследованиях сообщается, что COVID-19 всегда сопровождают электролитные нарушения. В целом сердечные аритмии в структуре иных осложнений являются довольно частыми клиническими проявлениями, однако в появляющейся литературе крайне мало информации об этиопатогенетической природе и классификации этих аритмогенных событий. Аритмии являются сложными и многофакторными у пациентов с COVID-19 и могут быть результатом метаболических нарушений, гипоксии, ацидоза, дисбаланса внутрисосудистого объема, нейрогормонального и катехоламинергического стресса [Kuipers et al., 2014].

Цель данной статьи – исследовать влияние дефицита электролитов на нарушения ритма сердца на фоне новой коронавирусной инфекции, а также влияние ряда лекарственных препаратов, применяемых в лечении COVID-19, на длительность интервала QT. Методы исследования: в работе использованы общенаучные методы исследования, в частности анализ зарубежных научных публикаций 2019–2021 годов из баз данных Pubmed, Medline, Google Scholar, индуктивный и дедуктивный метод.

Основная часть

При COVID-19 в настоящее время описаны различные модели поражения сердечно-сосудистой системы:

– сердечно-сосудистые заболевания могут представлять собой ранее существовавшую патологию, которая впервые клинически проявляется/актуализируется или осложняется и декомпенсируется во время процесса инфицирования COVID-19;

– заболевания сердца и сосудов могут представлять собой вторичное поражение сердечно-сосудистой системы, которое возникает из-за системной воспалительной реакции при COVID-19;

– сердечно-сосудистая система может испытывать функциональную перегрузку из-за процесса лечения COVID-19; в частности из-за побочных эффектов некоторых лекарственных препаратов или вторичных внутрибольничных инфекций и осложнений.

Для понимания механизма влияния электролитного дисбаланса на ритм сердца целесообразно предварительно кратко рассмотреть общие механизмы, ответственные за сердечно-сосудистые осложнения при COVID-19 [Bansal, 2020].

1. Прямое повреждение миокарда – SARS-CoV-2 проникает в клетки человека путем связывания с ангиотензинпревращающим ферментом 2 (ACE2), мембраносвязанной аминопептидазой, которая экспрессируется в сердце и легких. ACE2 играет важную роль в

нейрогуморальной регуляции сердечно-сосудистой системы как при нормальном здоровье, так и при патологии. Связывание SARS-CoV-2 с ACE2 может приводить к изменению сигнальных путей ACE2, что приводит к острому повреждению миокарда и легких [Bansal, 2020].

2. Системное воспаление – более тяжелые формы COVID-19 характеризуются острой системной воспалительной реакцией и цитокиновым штормом, что может привести к повреждению нескольких органов и полиорганной недостаточности. Исследования показали высокий уровень провоспалительных цитокинов у пациентов с тяжелым/критическим течением COVID-19 [Huang et al., 2020].

3. Повышенная кардиометаболическая потребность, связанная с системной инфекцией, в сочетании с гипоксией, вызванной острым респираторным заболеванием, может нарушить соотношение потребности миокарда с количеством поступающего кислорода и привести к острому повреждению миокарда.

4. Разрыв бляшки и коронарный тромбоз. Системное воспаление, а также повышенное напряжение в сосудах из-за увеличения коронарного кровотока могут ускорить разрыв бляшки, что приведет к острому инфаркту миокарда. Протромботическая среда, созданная системным воспалением, еще больше увеличивает риск.

5. Побочные эффекты различных методов лечения. Различные противовирусные препараты, кортикостероиды и другие методы лечения, направленные на лечение COVID-19, также могут оказывать пагубное воздействие на сердечно-сосудистую систему.

6. Электролитный дисбаланс может возникнуть при любом критическом системном заболевании и вызвать аритмию, особенно у пациентов с базовым сердечным заболеванием. Кальций, калий и магний могут способствовать развитию аритмий, поскольку эти катионы играют важную роль в развитии потенциала действия желудочков и распространении электрического импульса. Особое беспокойство вызывает гипокалиемия при COVID-19 из-за взаимодействия SARS-CoV-2 с ренин-ангиотензин-альдостероновой системой (далее – РАС, RAS). Гипокалиемия увеличивает уязвимость к различным тахикардиям [Li et al., 2020].

Остановимся на этом вопросе более подробно. Значительный электролитный дисбаланс из-за полиорганной недостаточности и некоторых лекарств, используемых для лечения тяжелых инфекций COVID-19, провоцирует аритмию. Во многих исследованиях сообщается, что COVID-19 всегда сопровождается электролитными нарушениями. Lippi с соавторами провели метаанализ для выявления связи между электролитным дисбалансом и тяжестью COVID-19. Они сообщили, что гипокалиемия, гипонатриемия и гипокальциемия были связаны с тяжелой формой COVID-19 [Lippi et al., 2020].

Существует несколько причин нарушения электролитного баланса у пациентов с COVID-19. Первый – это измененная активация RAS из-за подавления ACE2. В процессе проникновения вируса и его репликации, ACE2 истощается и подавляется. Это вызывает потерю антагонизирующей функции ACE2 по отношению к классическому пути RAS и смещает баланс RAS в сторону пути ACE/Ang II. Ang II активирует AT1R, а AT1R индуцирует реабсорбцию натрия и воды почками. Кроме того, повышенный уровень альдостерона вызывает повышенную экскрецию калия с мочой.

Во-вторых, SARS-CoV-2 может напрямую проникать в клетки почечных канальцев, вызывая дисфункцию канальцев. Известно, что эпителиальные клетки и подоциты проксимальных извитых канальцев коэкспрессируют ACE2 и TMPRSS2 (мембрано-связанная сериновая протеаза). Следовательно, эти клетки подвержены вирусной инвазии.

Частицы вируса также были идентифицированы в проксимальных канальцах и подоцитах почек с помощью просвечивающего электронного микроскопа. В-третьих, желудочно-кишечная инфекция также способствует нарушению электролитного баланса.

Эти механизмы действуют совместно, что приводит к различным электролитным нарушениям [Lippi et al., 2020].



Рассмотрим более подробно различные виды электролитных нарушений. Гипокалиемия при COVID-19 преимущественно вызвана повышенной концентрацией альдостерона, что, в свою очередь, вызывает повышенную потерю калия с мочой. В раннем эпидемиологическом исследовании из Китая гипокалиемия ($\leq 3,5$ ммоль/л) присутствовала у 54 % (95 из 175) пациентов с COVID-19 при поступлении. В частности, 18 % пациентов имели тяжелую гипокалиемию (< 3 ммоль/л) и имели большие воспалительные индексы, такие как повышение лактатдегидрогеназы, С-реактивного белка и креатинкиназы.

Доля тяжелой гипокалиемии была выше у пациентов в тяжелом или критическом состоянии, чем у пациентов с легкой или средней степенью заболевания. При тяжелой форме COVID-19 активация классического пути RAS увеличивает уровень альдостерона, поэтому тяжесть заболевания связана со степенью ответа на заместительную терапию калия при гипокалиемии [Chen et al., 2020].

Сердце является органом, уязвимым для вторжения SARS-CoV-2 из-за высокой экспрессии ACE2. Гипокалиемия может вызвать желудочковую аритмию, которая является потенциально опасной для жизни [Crop et al., 2007]. Известно, что частота фибрилляции желудочков у пациентов с гипокалиемией в 5 раз выше, чем у пациентов с гиперкалиемией [Clausen et al., 1988]. Сообщалось, что у госпитализированных пациентов с COVID-19 фибрилляция желудочков или желудочковая тахикардия наблюдались у 14 % пациентов [Shao et al., 2020]. Принимая во внимание эти риски, у пациентов с COVID-19 и гипокалиемией следует поддерживать уровень калия выше 4 ммоль/л. Отмечено, что тахикардия сохранялась у 40 % пациентов при динамическом наблюдении даже после выписки.

Гипонатриемия является вторым наиболее частым нарушением электролитного баланса среди пациентов с COVID-19 и в основном вызывается синдромом неадекватной секреции антидиуретического гормона (SIADH) [Aggarwal et al., 2020]. Итальянское исследование оценило клиническое влияние гипонатриемии на COVID-19. Гипонатриемия была связана с более тяжелыми исходами, такими как поступление в ОИТ или смерть, а концентрация натрия в сыворотке продемонстрировала обратную корреляцию с ИЛ-6.

Кроме того, когда тоцилизумаб, гуманизированное моноклональное антитело против рецептора ИЛ-6, вводили пациентам с гипонатриемией, концентрация натрия в сыворотке крови повышалась через 48 часов. Это также подтверждает корреляцию между гипонатриемией и ИЛ-6 у пациентов с тяжелой формой COVID-19 [Berni et al., 2020].

Ионы кальция (Ca^{2+}) играют решающую роль в слиянии мембран и проникновении вируса [Straus et al., 2020]. Оптимальный уровень кальция в сыворотке и тип измерения кальция остаются неясными, поскольку современные рекомендации сконцентрированы в первую очередь на снижение риска кальцификации сосудов [Ketteler et al., 2017].

В нескольких исследованиях сообщается, что гипокальциемия является независимым фактором риска тяжелого течения заболевания и длительной госпитализации у пациентов с COVID-19 [Di Filippo et al., 2020]. Предыдущие исследования представили несколько объяснений корреляции между гипокальциемией и тяжестью заболевания. Во-первых, более низкая концентрация кальция может отражать более высокую вирусную нагрузку и приводить к более длительному периоду выделения вируса. Во-вторых, концентрация кальция в сыворотке связана с защитной способностью против патогенных микроорганизмов. Наблюдательные исследования у пациентов в реанимационных отделениях продемонстрировали связь концентраций кальция и калия с риском аритмий и аритмических событий. Например, низкая концентрация кальция была связана с более длинным скорректированным интервалом QT (QTc) (> 440 мс); больший градиент кальция в сыворотке был связан с более высоким риском внезапной остановки сердца [Pun et al., 2013], а низкая концентрация калия была связана с повышенным риском внезапной остановки сердца. Уровень ионизированного кальция является заданной точкой для физиологических действий, включая электрофизиологию и сокращение мышц, и может быть более ценным показателем.

Помимо вышесказанного, нельзя недооценивать роль магния, который является кофактором 300 ферментативных реакций в организме. Он активирует АТФазу, которая обеспечивает функционирование насоса $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-АТФаза}$ и способствует внутриклеточному переносу катионов, включая калий и кальций. Гипомагниемия часто может возникать одновременно с гипокалиемией и гипокальциемией. Многие неблагоприятные сердечно-сосудистые эффекты дисбаланса магния могут быть больше связаны с рефрактерной гипокалиемией и гипокальциемией. Следовательно, при коррекции других электролитов важно контролировать уровень магния в физиологическом диапазоне. При тяжелой гипомагниемии может наблюдаться усиление автоматизма, что способствует развитию аритмии TdP (особая форма полиморфной желудочковой тахикардии, связанная с удлинением интервала QT), в то время как гипермагниемия может вызвать брадикардию, АВ-блокаду 1-й степени и удлинение интервала QT [Леонова, 2020]. В исследовании авторов, интервал QT и отклонения зубца Т стабилизировались после добавления в терапевтический комплекс магния; степень улучшения положительно коррелировала с уровнем сывороточного магния. Это может указывать на возможную кардиозащитную роль магния в восстановлении и поддержании электрической стабильности миокарда [Леонова, 2020]. Сам по себе магний не влияет на скоростную адаптацию периода реполяризации. Однако, являясь кофактором активности натрий-калиевой АТФ-азы, он, облегчая приток калия в клетки, стабилизирует мембранный потенциал, корректируя неадекватный процесс реполяризации [Umapathi et al., 2020].

Как следует из вышеизложенного, представляется важным исследование электролитного баланса в аспекте возникновения сердечных аритмий при коронавирусной инфекции. Опрос, организованный Обществом сердечного ритма (HRS) и направленный более чем 1 100 специалистам по кардиологической электрофизиологии по всему миру, показал, что фибрилляция предсердий была наиболее распространенной аритмией у госпитализированных пациентов с COVID, представленных у 142 (21 %), трепетание предсердий – у 37 (5,4 %), стойкую предсердную тахикардию – 24 (3,5 %) и пароксизмальную наджелудочковую тахикардию – 39 (5,7 %) из 683 респондентов [Gopinathannair et al., 2020].

Сердечные аритмии, в том числе впервые возникшая фибрилляция предсердий, блокада сердца и желудочковые аритмии широко распространены – они встречаются у 17 % госпитализированных пациентов и 44 % пациентов в отделениях интенсивной терапии в исследовании 138 пациентов из провинции Ухань. В многоцентровой когорте Нью-Йорка 6 % из 4 250 пациентов с COVID-19 имели удлиненный скорректированный QT (QTc) > 500 мс на момент госпитализации [Richardson et al., 2020].

В исследовании Goyal и соавторов среди 393 пациентов с COVID-19 из отдельной когорты Нью-Йорка предсердные аритмии были более распространены среди пациентов, которым требовалась искусственная вентиляция легких, чем среди тех, кому не требовалась (17,7 % против 1,9 %) [Goyal et al., 2020].

Отчеты из Ломбардии показывают увеличение почти на 60 % частоты внебольничных остановок сердца во время пандемии COVID-19 2020 и 2021 годов по сравнению с аналогичным периодом времени в 2019 году. В недавнем исследовании, в котором участвовало почти 148 пациентов, почти одна десятая часть сообщила о регулярном учащенном сердцебиении во время течения коронавирусной инфекции [Baldi et al., 2020].

У пациентов с COVID-19 наблюдается несколько проявлений аритмий. Брадиаритмии описаны в литературе несколькими авторами. Сообщалось о преходящей полной атриовентрикулярной (AV) блокаде, требующей сердечно-легочной реанимации, у пациента с COVID-19, в другом случае – преходящей AV-блокады высокой степени, которая, как предполагалось, возникла в результате субклинического миокардита [Kir et al., 2020]. В серии случаев He с соавторами у пациентов с COVID-19 была обнаружена преходящая полная AV-блокада наряду с временным возникновением Q3S1, что свидетельствует о



преходящей легочной гипертензии, вторичной по отношению к острому респираторному дистресс-синдрому. Наряду со случаями брадиаритмий у пациентов с COVID-19 были зарегистрированы тахиаритмии, включая фибрилляцию предсердий, трепетание предсердий, наджелудочковые тахикардии, а также желудочковые аритмии. Случаю мультифокальной желудочковой тахикардии предшествовали по данным ЭКГ эпизоды подъема сегмента ST у пациента с COVID-19 [He et al., 2020]. По данным Birchak и соавторов, в случае острой двусторонней тромбоземболии легочной артерии у пациентов с COVID-19 позже развивается стойкая мономорфная желудочковая тахикардия с обмороком, требующим кардиоверсии [Birchak et al., 2020]. Кроме того, некоторые из «перепрофилированных лекарств», используемых для лечения COVID-19, имеют известный риск удлинения интервала QTc, что может привести к torsades de pointes (TdP). Бругада-подобная картина ЭКГ при поступлении была описана у пациента с COVID-19, у которого позже был кратковременный эпизод наджелудочковой тахикардии [Vidovich, 2020].

Клиницисты, ведущие пациентов с коронавирусом, должны быть осведомлены о потенциальных побочных эффектах ряда медикаментозных средств, применяемых в лечении вирусной инфекции. Различные антиретровирусные препараты взаимодействуют с сердечными препаратами, что необходимо учитывать и вносить соответствующие изменения в дозовый режим. На основании предварительных данных хлорохин/гидроксихлорохин и азатиоприн были предложены в качестве возможных терапевтических вариантов лечения COVID-19. Оба эти препарата удлиняют интервал QTc, поэтому при их назначении необходимо соблюдать осторожность. Их комбинации лучше избегать. Даже при использовании только хлорохина/гидроксихлорохина оправдана ежедневная запись ЭКГ для контроля интервала QT, особенно у пациентов с нарушением функции печени или почек и у тех, кто получает другой препарат, способный удлинить интервал QT [Information for clinicians..., 2021].

У пациентов с диагнозом COVID-19 для предотвращения удлинения интервала QT доказала свою эффективность стратегия поддержания уровней калия и магния выше 4 мэкв/л и 3 мг/дл соответственно. Это достигалось добавлением этих электролитов в состав инфузионной терапии. Больным с коронавирусной инфекцией при поступлении в стационар оценивали исходное значение QTc, которое рассчитывали по формуле Базетта. Среднее значение QTc до лечения \pm стандартное отклонение составило 417 ± 22 мсек. Лечение COVID-19 было начато при значении $QTc \geq 460$ мсек. Контролировались исходные значения калия и магния и на протяжении всего лечения, чтобы поддерживать их уровни выше упомянутых пороговых значений, предложенных национальным протоколом лечения пациентов с COVID-19. Интервалы QTc оценивались через день, чтобы отслеживать их удлинение. Полученные авторами результаты подтверждают необходимость тщательного мониторинга и коррекции электролитов во время лечения пациентов с инфекцией COVID-19, особенно у пациентов, принимающих (или принимавших) препараты, удлиняющие интервал QTc [Habibzadeh et al., 2020].

Наиболее частый неблагоприятный фон для развития аритмий создают нарушения электролитного баланса, нередко связанные с заболеваниями ятрогенного характера.

Чтобы максимально снизить риск развития нарушений сердечного ритма, которые могут оказать неблагоприятное влияние на исход заболевания, Sapp J.L. et al. (2020) приводят следующие рекомендации [Sapp et al., 2020]:

1) не назначать (если больной уже принимает – прекратить прием) лекарственные препараты, которые могут удлинять интервал QTc;

2) определить пациентов с низким риском развития аритмий, которые не нуждаются в динамическом измерении интервала QTc (отсутствие в анамнезе удлинения интервала QTc или необъяснимых обмороков, в семейном анамнезе – преждевременная сердечная смерть или лекарственная терапия, которая может удлинить интервал QTc).

Заключение

Ряд катионов – калий, магний и кальций – играют важную роль в развитии потенциала действия желудочков и распространении электрического импульса. Снижение их концентрации может способствовать развитию аритмий. В большинстве исследований, посвященных коронавирусной инфекции, сообщается, что COVID-19 всегда сопровождается электролитными нарушениями. Дисбаланс электролитов плазмы крови (гипокалиемия, гипомagneмизация и гипокальциемия) напрямую связан со степенью тяжести заболевания. Исходя из этого, больным COVID-19 показаны определение, тщательный мониторинг концентрации электролитов плазмы крови, коррекция электролитных нарушений при лечении пациентов с коронавирусной инфекцией.

Измерение интервала QT (по данным ЭКГ) является обязательным до назначения медикаментозной терапии. При умеренном удлинении интервала QTс лечение может быть назначено при условии назначения лекарств, существенно не влияющих на длительность интервала QTс, и коррекции электролитного дисбаланса. При значительном удлинении интервала QTс необходимо избегать назначения препаратов, которые могут удлинять интервал QTс.

Список литературы

- Леонова МВ. 2020. Лекарственно-индуцированные аритмии. Медицинский совет 2020; 21: 214–224.
- Aggarwal S., Garcia-Telles N., Aggarwal G., Lavie C., Lippi G., Henry B. 2020. Clinical features, laboratory characteristics, and outcomes of patients hospitalized with coronavirus disease 2019 (COVID-19): early report from the United States. *Diagnosis* 2020; 2: 91–96.
- Baldi E., Sechi G., Mare C., Canevari F., Brancaglione A., Primi R., Klersy C., Palo A., Contri E., Ronchi V., Beretta G., Reali F., Parogni P., Facchin F., Bua D., Rizzi U., Bussi D., Ruggeri S., Visconti L., Savastano S., Lombardia CARE Researchers. 2020. Out-of-hospital cardiac arrest during the Covid-19 outbreak in Italy. *New England Journal of Medicine* 2020; 383 (5): 496–498.
- Bansal M. 2020. Cardiovascular disease and COVID-19. *Diabetes & Metabolic Syndrom. Clinical Research & Reviews* 2020; 3: 247–250.
- Berni A., Malandrino D., Parenti G., Maggi M., Poggesi L., Peri A. 2020. Hyponatremia, IL-6, and SARS-CoV-2 (COVID-19) infection: may all fit together? *Journal of endocrinological investigation* 2020; 43: 1137–1139.
- Birchak J., Khan A., Singh G., Schuger C., Maskoun W. 2020. An unusual case of sustained ventricular tachycardia from acute pulmonary embolism. *Journal of the American College of Cardiology* 2020; 75: 2820–2820.
- Chen D., Li X., Song Q., Hu C., Su F., Dai J., Ye Y., Huang J., Zhang X. 2020. Assessment of hypokalemia and clinical characteristics in patients with coronavirus disease 2019 in Wenzhou, China. *JAMA network open* 2020; 3 (6): e2011122-e2011122.
- Clausen T., Brocks K., Ibsen H. 1988. Hypokalemia and ventricular arrhythmias in acute myocardial infarction. *Acta medica Scandinavica* 1988; 6: 531–537.
- Crop M., Hoorn E., Lindermans J., Zietse R. 2007. Hypokalaemia and subsequent hyperkalaemia in hospitalized patients. *Nephrology Dialysis Transplantation* 2007; 22: 3471–3477.
- Di Filippo L., Formenti A., Rovere-Querirni P., Carlucci M., Conte C., Ciceri F., Zangrillo A., Giustina A. 2020. Hypocalcemia is highly prevalent and predicts hospitalization in patients with COVID-19. *Endocrine* 2020; 3: 475–478.
- Gopinathannair R., Merchant F., Lakkireddy D., Etheridge S., Feigofsky S., Han J., Kabra R., Natale A., Poe S., Saha S., Russo A. 2020. COVID-19 and cardiac arrhythmias: a global perspective on arrhythmia characteristics and management strategies. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology* 2020; 59: 329–336.
- Goyal P., Choi J., Pinheiro L., Schenck E., Chen R., Jabri A., Satlin M., Campion T., Nahid M., Ringel J., Hoffman K., Alshak M., Li H., Wehmeyer G., Rajan M., Reshetnyak E., Hupert N., Horn E., Martinez F., Gulick R., Safford M. 2020. Clinical characteristics of COVID-19 in New York city. *New England Journal of Medicine* 2020; 382 (24): 2372–2374.



- Habibzadeh P., Moghadami M., Lankarani K. 2020. The effect of potential therapeutic agents on QT interval in patients with COVID-19 Infection: The importance of close monitoring and correction of electrolytes. *Med Hypotheses* 2020; 143: 109847.
- He J., Wu B., Chen Y., Tang J., Liu Q., Zhou S., Chen C., Qin Q., Huang K., Lv J., Chen Y., Peng D. 2020. Characteristic electrocardiographic manifestations in patients with COVID-19. *Canadian Journal of Cardiology* 2020; 36 (6): 966. e1-966.
- Huang C., Wang Y., Li X., Ren L., Zhao J., Hu Y., Zhang L., Fan G., Xu J., Gu X., Chang Z., Yu T., Xia J., Wei Y., Wu W., Xie X., Yin W., Li H., Liu M., Xiao Y., Gao H., Guo L., Xie J., Wang G., Jiang R., Gao Z., Jin Q., Wang J., Cao B. 2020. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The lancet* 2020; 395 (10223): 497–506.
- Information for clinicians on therapeutic options for COVID-19 patients. 2021. Available at: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/therapeutic-options.html>, Accessed 28nd Nov 2021.
- Ketteler M., Block G., Evenepoel P., Fukagawa M., Herzog C., McCann L., Moe S., Shroff R., Tonelli M., Toussaint N., Vervloet M., Leonard M. 2017. Executive summary of the 2017 KDIGO Chronic Kidney Disease–Mineral and Bone Disorder (CKD-MBD) Guideline Update: what’s changed and why it matters. *Kidney international* 2017; 92 (1): 26–36.
- Kir D., Mohan C., Sancassani R. 2020. Heart brake: an unusual cardiac manifestation of COVID-19. *Case Reports* 2020; 2 (9): 1252–1255.
- Kuipers S., Klouwenberg P., Cremer O. 2014. Incidence, risk factors and outcomes of new-onset atrial fibrillation in patients with sepsis: a systematic review. *Critical care*. 2014; 6: 1–9.
- Li X., Chen D., Hu C., Su F., Dai J., Ye Y., Huang J., Zhang X. 2020. Hypokalemia and clinical implications in patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *MedRxiv* 2020; 25: 3120–3128.
- Lippi G., South A., Henry B. 2020. Electrolyte imbalances in patients with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Annals of clinical biochemistry* 2020; 57(3): 262–265.
- Pun P., Horton J., Middleton J. 2013. Dialysate calcium concentration and the risk of sudden cardiac arrest in hemodialysis patients. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology* 2013; 5: 797–803.
- Richardson S., Hirsch J., Nrasimhan M., Crawford J., McGinn T., Davidson K., Barnaby D., Becker L., Chelico J., Cohen S., Cookingham J., Coppa K., Gitlin J., Hajizadeh N., Harvin T., Hirschwerk D., Kim E., Kozel Z., Marrast L., Mogavero J., Osorio G., Qiu M., Zanos T. 2020. Presenting characteristics, comorbidities, and outcomes among 5700 patients hospitalized with COVID-19 in the New York City area. *Jama* 2020; 20: 2052–2059.
- Sapp J., Alqarawi W., MacIntyre C., Tadros R., Steinberg C., Roberts J., Laksman Z., Healey J., Krahn A. 2020. Guidance on minimizing risk of drug-induced ventricular arrhythmia during treatment of COVID-19: a statement from the Canadian Heart Rhythm Society. *Canadian Journal of Cardiology* 2020; 36 (6): 948–951.
- Shao F., Xu S., Ma X., Xu Z., Lyu J., Ng M., Cui H., Yu C., Zhang Q., Sun P., Tang Z. 2020. In-hospital cardiac arrest outcomes among patients with COVID-19 pneumonia in Wuhan, China. *Resuscitation* 2020; 151: 18–23.
- Shi S., Qiu M., Shen B., Cai Y., Liu T., Yang F., Gong W., Liu X., Liang J., Zhao Q., Huang H., Yang B., Huang C. 2020. Association of cardiac injury with mortality in hospitalized patients with COVID-19 in Wuhan, China. *JAMA cardiology* 2020; 7: 802–810.
- Straus M., Tang T., Lai A., Flegel A., Bidon M., Freed J., Danial S., Whittaker G. 2020. Ca²⁺ ions promote fusion of Middle East respiratory syndrome coronavirus with host cells and increase infectivity. *Journal of virology* 2020; 94(13): e00426-20.
- Umaphathi K.K., Lee S., Jacobson J., Jandeska S., Nguyen H. 2020. Magnesium Supplementation Shortens Hemodialysis-Associated Prolonged QT. *Cureus* 2020; 12: 170–177.
- Vidovich M.I. 2020. Transient Brugada-like ECG pattern in a patient with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *JACC. Case reports* 2020; 9: 1245–1249.

References

- Leonova MV. 2020. Lekarstvenno-inducirovannye aritmii [Drug-induced arrhythmias]. *Medicinskij sovet* 2020; 21: 214–224.

- Aggarwal S., Garcia-Telles N., Aggarwal G., Lavie C., Lippi G., Henry B. 2020. Clinical features, laboratory characteristics, and outcomes of patients hospitalized with coronavirus disease 2019 (COVID-19): early report from the United States. *Diagnosis* 2020; 2: 91–96.
- Baldi E., Sechi G., Mare C., Canevari F., Brancaglione A., Primi R., Klersy C., Palo A., Contri E., Ronchi V., Beretta G., Reali F., Parogni P., Facchin F., Bua D., Rizzi U., Bussi D., Ruggeri S., Visconti L., Savastano S., Lombardia CARE Researchers. 2020. Out-of-hospital cardiac arrest during the Covid-19 outbreak in Italy. *New England Journal of Medicine* 2020; 383 (5): 496–498.
- Bansal M. 2020. Cardiovascular disease and COVID-19. *Diabetes & Metabolic Syndrom. Clinical Research & Reviews* 2020; 3: 247–250.
- Berni A., Malandrino D., Parenti G., Maggi M., Poggesi L., Peri A. 2020. Hyponatremia, IL-6, and SARS-CoV-2 (COVID-19) infection: may all fit together? *Journal of endocrinological investigation* 2020; 43: 1137–1139.
- Birchak J., Khan A., Singh G., Schuger C., Maskoun W. 2020. An unusual case of sustained ventricular tachycardia from acute pulmonary embolism. *Journal of the American College of Cardiology* 2020; 75: 2820–2820.
- Chen D., Li X., Song Q., Hu C., Su F., Dai J., Ye Y., Huang J., Zhang X. 2020. Assessment of hypokalemia and clinical characteristics in patients with coronavirus disease 2019 in Wenzhou, China. *JAMA network open* 2020; 3 (6): e2011122-e2011122.
- Clausen T., Brocks K., Ibsen H. 1988. Hypokalemia and ventricular arrhythmias in acute myocardial infarction. *Acta medica Scandinavica* 1988; 6: 531–537.
- Crop M., Hoorn E., Lindermans J., Zietse R. 2007. Hypokalaemia and subsequent hyperkalaemia in hospitalized patients. *Nephrology Dialysis Transplantation* 2007; 22: 3471–3477.
- Di Filippo L., Formenti A., Rovere-Querirni P., Carlucci M., Conte C., Ciceri F., Zangrillo A., Giustina A. 2020. Hypocalcemia is highly prevalent and predicts hospitalization in patients with COVID-19. *Endocrine* 2020; 3: 475–478.
- Gopinathannair R., Merchant F., Lakkireddy D., Etheridge S., Feigofsky S., Han J., Kabra R., Natale A., Poe S., Saha S., Russo A. 2020. COVID-19 and cardiac arrhythmias: a global perspective on arrhythmia characteristics and management strategies. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology* 2020; 59: 329–336.
- Goyal P., Choi J., Pinheiro L., Schenck E., Chen R., Jabri A., Satlin M., Campion T., Nahid M., Ringel J., Hoffman K., Alshak M., Li H., Wehmeyer G., Rajan M., Reshetnyak E., Hupert N., Horn E., Martinez F., Gulick R., Safford M. 2020. Clinical characteristics of COVID-19 in New York city. *New England Journal of Medicine* 2020; 382 (24): 2372–2374.
- Habibzadeh P., Moghadami M., Lankarani K. 2020. The effect of potential therapeutic agents on QT interval in patients with COVID-19 Infection: The importance of close monitoring and correction of electrolytes. *Med Hypotheses* 2020; 143: 109847.
- He J., Wu B., Chen Y., Tang J., Liu Q., Zhou S., Chen C., Qin Q., Huang K., Lv J., Chen Y., Peng D. 2020. Characteristic electrocardiographic manifestations in patients with COVID-19. *Canadian Journal of Cardiology* 2020; 36 (6): 966. e1-966.
- Huang C., Wang Y., Li X., Ren L., Zhao J., Hu Y., Zhang L., Fan G., Xu J., Gu X., Chang Z., Yu T., Xia J., Wei Y., Wu W., Xie X., Yin W., Li H., Liu M., Xiao Y., Gao H., Guo L., Xie J., Wang G., Jiang R., Gao Z., Jin Q., Wang J., Cao B. 2020. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The lancet* 2020; 395 (10223): 497–506.
- Information for clinicians on therapeutic options for COVID-19 patients. 2021. Available at: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/therapeutic-options.html>, Accessed 28nd Nov 2021.
- Ketteler M., Block G., Evenepoel P., Fukagawa M., Herzog C., McCann L., Moe S., Shroff R., Tonelli M., Toussaint N., Vervloet M., Leonard M. 2017. Executive summary of the 2017 KDIGO Chronic Kidney Disease–Mineral and Bone Disorder (CKD-MBD) Guideline Update: what’s changed and why it matters. *Kidney international* 2017; 92 (1): 26–36.
- Kir D., Mohan C., Sancassani R. 2020. Heart brake: an unusual cardiac manifestation of COVID-19. *Case Reports* 2020; 2 (9): 1252–1255.
- Kuipers S., Klouwenberg P., Cremer O. 2014. Incidence, risk factors and outcomes of new-onset atrial fibrillation in patients with sepsis: a systematic review. *Critical care*. 2014; 6: 1–9.



- Li X., Chen D., Hu C., Su F., Dai J., Ye Y., Huang J., Zhang X. 2020. Hypokalemia and clinical implications in patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *MedRxiv* 2020; 25: 3120–3128.
- Lippi G., South A., Henry B. 2020. Electrolyte imbalances in patients with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Annals of clinical biochemistry* 2020; 57(3): 262–265.
- Pun P., Horton J., Middleton J. 2013. Dialysate calcium concentration and the risk of sudden cardiac arrest in hemodialysis patients. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology* 2013; 5: 797–803.
- Richardson S., Hirsch J., Nrasimhan M., Crawford J., McGinn T., Davidson K., Barnaby D., Becker L., Chelico J., Cohen S., Cookingham J., Coppa K., Gitlin J., Hajizadeh N., Harvin T., Hirschwerk D., Kim E., Kozel Z., Marrast L., Mogavero J., Osorio G., Qiu M., Zanos T. 2020. Presenting characteristics, comorbidities, and outcomes among 5700 patients hospitalized with COVID-19 in the New York City area. *Jama* 2020; 20: 2052–2059.
- Sapp J., Alqarawi W., MacIntyre C., Tadros R., Steinberg C., Roberts J., Laksman Z., Healey J., Krahn A. 2020. Guidance on minimizing risk of drug-induced ventricular arrhythmia during treatment of COVID-19: a statement from the Canadian Heart Rhythm Society. *Canadian Journal of Cardiology* 2020; 36(6): 948–951.
- Shao F., Xu S., Ma X., Xu Z., Lyu J., Ng M., Cui H., Yu C., Zhang Q., Sun P., Tang Z. 2020. In-hospital cardiac arrest outcomes among patients with COVID-19 pneumonia in Wuhan, China. *Resuscitation* 2020; 151: 18–23.
- Shi S., Qiu M., Shen B., Cai Y., Liu T., Yang F., Gong W., Liu X., Liang J., Zhao Q., Huang H., Yang B., Huang C. 2020. Association of cardiac injury with mortality in hospitalized patients with COVID-19 in Wuhan, China. *JAMA cardiology* 2020; 7: 802–810.
- Straus M., Tang T., Lai A., Flegel A., Bidon M., Freed J., Danial S., Whittaker G. 2020. Ca²⁺ ions promote fusion of Middle East respiratory syndrome coronavirus with host cells and increase infectivity. *Journal of virology* 2020; 94 (13): e00426-20.
- Umapathi K.K., Lee S., Jacobson J., Jandeska S., Nguyen H. 2020. Magnesium Supplementation Shortens Hemodialysis-Associated Prolonged QT. *Cureus* 2020; 12: 170–177.
- Vidovich M.I. 2020. Transient Brugada-like ECG pattern in a patient with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *JACC. Case reports* 2020; 9: 1245–1249.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Валерий Иванович Вишнеvский, доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедры внутренних болезней, медицинский институт ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орёл, Россия

Valerii I. Vishnevskij, doctor of medical sciences, professor, head of the Department of Internal Diseases of Medical Institute of OSU named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

Юлия Николаевна Панина, кандидат медицинских наук, доцент кафедры внутренних болезней, медицинский институт ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орёл, Россия

Julia N. Panina, Candidate of medical sciences, of the Medical institute of OSU named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

Матвей Вадимович Вишнеvский, студент, медицинский институт ОГУ имени И.С. Тургенева, г. Орёл, Россия

Matvei V. Vishnevskij, student of the Medical institute of OSU named after I.S. Turgenev, Orel, Russia