



Патогенетические факторы развития позиционнозависимых изменений сатурации кислорода

Тонян А.Г.¹, Хан В.В.², Халафян А.А.³, Бунякин А.В.³, Авакян Ш.Н.⁴, Лымарь М.С.⁵

¹Городская поликлиника № 10, Краснодар, Россия

²Центр традиционной медицины «Доктор Хан», Краснодар, Россия

³Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

⁴ООО медицинский центр «Нефрос», Краснодар, Россия

⁵Центр общественного здоровья и медицинской профилактики, Краснодар, Россия

Резюме

Известно, что насыщение кислородом периферической крови определяется эффективностью работы сердца, состоянием микроциркуляторного русла, поэтому позиционнозависимые колебания систолического АД, давления в левой почечной и в левой надпочечниковой вене, опосредованные всплески гормонов коры надпочечника могут влиять на SO_2 . Есть все основания полагать, что в разных статических положениях SO_2 будет меняться.

Цель. Изучить позиционно-зависимые изменения сатурации кислорода на основе изучения патогенетического влияния венозного кровотока в «бассейне» левой почечной вены на общую гемодинамику и гормоны коры надпочечника.

Материал и методы. Разработана методика полипозиционной оценки нарушений сатурации кислорода в шести статических состояниях: стоя, сидя, на спине, на животе, на правом боку, на левом боку. Проведена статистическая обработка данных, которая позволила определить взаимоотношения показателей между собой.

Результаты. Полипозиционные исследования гемодинамических показателей сатурации кислорода (SpO_2) в шести статических состояниях выявили вариативность взаимоотношений данных групп при их сравнении. Корреляция оказалась высокой, статистически значимой между систолическим (САД) и диастолическим (ДАД) артериальным давлением, умеренной между пульсом (Ps) и САД, пульсом и ДАД, слабой между пульсом и сатурацией. Группы разделения по положениям тела относительно пульса, систолического и диастолического АД, не имели кластерную структуру. В прон-позиции SpO_2 имела минимальное значение, достоверно отличалась от данных в остальных положениях.

Заключение. Положение тела – один из патогенетически значимых факторов регулирования насыщения кислородом крови, что может помочь в лечении и реабилитации больных с дыхательной недостаточностью (COVID-19). Полипозиционное в шести статических состояниях измерение сатурации может определить новый, более эффективный алгоритм ведения пациентов с дыхательной недостаточностью как при лечении, так и во время реабилитации.

Ключевые слова: пульс, давление, кровотоки, сатурация, аортomezентериальный «пинцет», дегидроэпиандростерон, тестостерон, прон-позиция

Источник финансирования: Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Тонян А.Г., Хан В.В., Халафян А.А., Бунякин А.В., Авакян Ш.Н., Лымарь М.С. Патогенетические факторы развития позиционнозависимых изменений сатурации кислорода. *Вестник восстановительной медицины*. 2021; 20 (3): 77-90. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-3-77-90>

Для корреспонденции: Тонян Арсен Грантович, e-mail: tonyanag@rambler.ru

Статья получена: 15.03.2021

Статья принята к печати: 16.06.2021

Pathogenetic Development Factors of Position-dependent Changes in Oxygen Saturation

Arsen G. Tonyan¹, Vladislav V. Khan², Alixan A. Khalafyan³, Alexey V. Bunyakin³, Shakro N. Avakyan⁴, Maxim S. Lyamar⁵

¹City polyclinic No. 10, Krasnodar, Russian Federation

²Center of Traditional Medicine «Dr. Khan», Krasnodar, Russian Federation

³Kuban State University, Krasnodar, Russian Federation

⁴Medical Center «Nefros», Krasnodar, Russian Federation

⁵Center for Public Health and Medical Prevention, Krasnodar, Russian Federation

Abstract

It is known that the oxygen saturation of the peripheral blood is determined by the efficiency of the heart, the state of the microcirculatory bed, so position-dependent fluctuations in systolic blood pressure, pressure in the left renal and left adrenal veins, mediated bursts of hormones of the adrenal cortex can affect SO_2 . There is every reason to believe that SO_2 will change in different static positions.

Aim. To study position-dependent changes in oxygen saturation based on the study of the pathogenetic effect of venous blood flow in the “pool” of the left renal vein on the general hemodynamics and hormones of the adrenal cortex.

Material and methods. A method for the polypositional assessment of oxygen saturation disturbances in six static states has been developed: standing, sitting, on the back, on the abdomen, on your right side, on your left side. Statistical data processing was carried out, which made it possible to determine the relationship between the indicators.

Results. Polypositional studies of oxygen saturation hemodynamic parameters (SpO_2) in six static states revealed the variability of the relationships of these groups when comparing them. The correlation was high, statistically significant between diastolic (DBP) and systolic (SBP) pressure, moderate between pulse (Ps) and SBP, pulse and DBP, weak between pulse and saturation. The groups divided by body positions relative to the pulse, SBP and DBP did not have a cluster structure. In the pron-position, SO_2 had a minimal value, significantly different from the data in the other positions.

Conclusion. Body position is one of the pathogenetically significant factors regulating blood oxygen saturation, which can help in the treatment and rehabilitation of patients with respiratory failure (COVID-19). Polypositional saturation measurement in six static states can determine a new, more effective algorithm for the management of patients with respiratory failure, both during treatment and during rehabilitation.

Keywords: pulse, pressure, blood flow, saturation, aortomesenteric “tweezers”, dehydroepiandrosterone, testosterone, pron-position

Acknowledgments: The study had no sponsorship.

Conflict of interest: The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Tonyan A.G., Khan V.V., Khalafyan A.A., Bunyakin A.V., Avakyan S.N., Lyamar M.S. Pathogenetic Development Factors of Position-dependent Changes in Oxygen Saturation. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2021; 20 (3): 77-90. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-3-77-90>

For correspondence: Arsen G. Tonyan, e-mail: tonyanag@rambler.ru

Received: March 15, 2021

Accepted: Jun 16, 2021

Во временных методических рекомендациях Министерства здравоохранения Российской Федерации от 3 июля 2020 г. предлагают прон-позицию (положение на животе) в течение 12–16 часов, как высокоэффективную, объясняя это формированием гравитационных ателектазов в дорсальных отделах легких и развивающейся гипоксемией [1–3]. Последние программы реабилитации, в частности, предлагаемые Федерацией анестезиологов и реаниматологов, предполагают включение комбинации маневров позиционирования, вертикализации и мобильности без упоминания о прон-позиции [4, 5]. При проведении ИВЛ у пациентов с ОРДС (острый респираторный дистресс-синдром) вследствие НКИ (новой коронавирусной инфекции) COVID-19 рекомендовано использование положения больного лежа на животе в течение не менее 16 часов в сутки для улучшения оксигенации и возможного снижения летальности (УДД (уровень достоверности доказательств) – 2, УУР (уровень убедительности результатов) – А) [6]. Также благоприятным является переменное положение на правом и левом боку (lateral decubitus) с противоположной укладкой [7, 8].

Оценена роль ренин-ангиотензин-альдостероновой системы во взаимодействии с коронавирусом SARS-

COV-2 [9]. С целью предотвращения цитокинового шторма стали применять озонотерапию [10]. Раннее назначение антикоагулянтной терапии оказалось эффективным у пациентов с COVID-19 при возникновении внутригоспитального ишемического инсульта [11]. То есть, можно предположить, что степень насыщения кислородом крови, ответ эндокринной и свертывающей системы имеют отделенную взаимосвязь.

Одним их вариантов нарушений магистрального венозного кровотока почек является артериальная гипертензия, как следствие, повышение давления в левой почечной вене. У больных с АГ 2 степени сочетанная магнитотерапия вызывает гипотензивный эффект, который сопровождается благоприятной перестройкой основных показателей центральной гемодинамики при гиперкинетическом типе гемоциркуляции [12]. Широко применяется медикаментозное лечение и физио-бальнео-климато-терапия артериальной гипертензии [13, 14].

Венозная почечная гипертензия слева из-за сдавления левой почечной вены аорто-мезентериальным «пинцетом», приводит к развитию ретроградного тока крови по левой яичковой вене, при этом, как следствие, возникает варикоцеле [15]. Следовательно, наличие варикоцеле можно

рассматривать как признак гипертензии в левой почечной вене. Несмотря на пристальное внимание ученых к гипертензии в системе левой почечной вены, использование современных методов обследования (ангиография, флеботонометрия, доплерография), вопрос о тактике лечения варикоцеле в сочетании с регионарной почечной веной гипертензией остается в настоящее время открытым и требует дальнейшего изучения [16–18]. Но не всегда даже современные методы исследования дают логический ответ на изучаемые, казалось бы, очевидные явления [19]. Исследование данной проблемы выявило повышение давления в левой почечной вене в одном или нескольких статических состояниях, что проявлялось в виде варикоцеле [24].

Считается, что работа больших мышечных групп, активные движения во всех суставах, присасывающее действие диафрагмы, чередование напряжения и расслабления, правильный ритм движений и дыхания при физических упражнениях в бассейне активизируют резервные механизмы организма, облегчают работу сердца, улучшают кровообращение, стимулируют регионарные лимфатические узлы и коллекторы [20–22]. Однако данных о приоритетности определенного положения тела при индивидуальном подходе в лечении гемодинамических нарушений нет, хотя давно известно, что причиной недостаточной преднагрузки на сердце (вследствие падения общего венозного возврата без абсолютного снижения объема циркулирующей крови) может быть изменение положения тела [23].

Известно, что характер изменений в почечных венах влияет на повышение систолического артериального давления (САД) [24]. В системе левой почечной вены (ПВ), как и в системе правой ПВ, в зависимости от положения тела меняется скорость кровотока, что создает определенную амплитуду колебаний давления крови. В левой почечной вене такие показатели как скорость кровотока, давление и диаметр самой вены непостоянны. Как следствие колебаний давления левой ПВ в надпочечниковой вене возникает многообразие взаимоотношений дегидроэпиандростерона (ДГЭА) и тестостерона (Т). Систематизация этих данных с применением математической модели позволила сформулировать уравнение гемодинамического энергобаланса [25].

Насыщение кислородом периферической крови определяется эффективностью работы сердца, состоянием микроциркуляторного русла, поэтому позиционно-зависимые колебания систолического АД, давления в левой почечной и в левой надпочечниковой вене, опосредованные всплески гормонов коры надпочечника могут влиять на сатурацию кислородом гемоглобина (SpO_2). Есть все основания полагать, что в разных статических положениях SpO_2 будет меняться, и для каждого пациента может быть своя индивидуальная максимальная или минимальная позиционно-зависимая сатурация кислорода.

Цель исследования

Изучить позиционно-зависимые изменения сатурации кислорода на основе изучения патогенетического влияния венозного кровотока в «бассейне» левой почечной вены на общую гемодинамику и гормоны коры надпочечника.

Материал и методы

Проведено контролируемое исследование на базе ООО медицинского центра «Нефрос», центра традиционной медицины «Доктор Хан» и центра общественного здоровья и медицинской профилактики Министерства здравоохранения Краснодарского края.

Объект исследования: обследованы 10 мужчин (здоровых клинически и лабораторно) контрольной группы и 16 человек основной группы с признаками повышения давления в левой почечной вене (наличие варикоцеле любой степени и в любом из шести положений: на спине, на животе, на левом боку, на правом боку, сидя и стоя). Определяли полипозиционные изменения сатурации кислорода, пульса, артериального давления, максимальные и минимальные скорости венозного кровотока в шести положениях, колебания уровня ДГЭА и Т.

Воздействие: измерение пульса (Ps), систолического и диастолического артериального давления (САД, ДАД), сатурации кислорода крови (SpO_2), как исследуемых признаков на мониторе пациента «МППР-03-Тритон». Исследование проводили при комнатной температуре (20–22°). Датчик пульсоксиметра устанавливался на указательном пальце правой руки, манжету для измерения артериального давления на плече левой руки.

Исследования проведены среди мужчин от 16 до 35 лет с признаками повышения давления в левой почечной вене (варикоцеле). Группа контроля состояла из 10 молодых людей от 22 до 35 лет. В анамнезе у них не было указаний на почечную патологию, гипертоническую болезнь, а клинические, лабораторные и ультразвуковые данные соответствовали нормальному функциональному состоянию почек. В исследование не включались пациенты с плохой визуализацией сосудов почек и с добавочными почечными сосудами. Всем пациентам выполнялось общеклиническое обследование: сбор анамнеза, жалоб, физикальное исследование; проводилось стандартное лабораторное и инструментальное обследование для подтверждения состояния здоровья; проводилось полипозиционное в 6 состояниях исследование гемодинамических показателей и ультразвуковое исследование почек, почечных артерий и вен многократным датчиком конвексного формата на ультразвуковом сканере «PHILIPS» HD – 11 XE (Голландия).

Оценка кровотока, учитывающая разницу между максимальной и минимальной скоростью (ΔV_{ven}) кровотока в левой почечной вене (ПВ), проводилась в 6 статических состояниях: на спине, на животе, на правом боку, на левом боку, сидя и стоя. Скорость в магистральных почечных венах (ПВ) регистрировалась при задержке дыхания на неполном выдохе, изучалась максимальная венозная скорость ($V_{ven\ max}$) и минимальная венозная скорость ($V_{ven\ min}$), а также вычислялась разница между этими показателями, которую обозначали как ΔV_{ven} . При параметрах ΔV_{ven} , превышающих 22 см/сек, картина расценивалась как нарушение оттока по ПВ (патент № 2712001 от 23 января 2020 г.). На следующий день в 8 часов утра в положениях с минимальной и максимальной ΔV_{ven} натошак производился забор крови из кубитальной вены с интервалом 1–2 минуты (между переменной установленных положений тела). Определялся уровень ДГЭА и Т в этих статических состояниях. По результатам проводилась визуальная оценка взаимоотношений ДГЭА и Т. Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием пакета лицензионных статистических программ «STATISTICA 10.0» (Statsoft Inc., USA), частотного и многомерного анализа соответствий. Оценка взаимосвязей между показателями проводили с помощью корреляционного анализа Спирмена. При коэффициенте корреляции $r < 0,25$ корреляцию считали слабой, при $0,25 \leq r < 0,75$ связь расценивали как умеренную, а при $r \geq 0,75$ – как сильную.

Точки контроля: измерения проводили в контрольной группе из 10 человек лежа на спине, в основной

Таблица 1. Полипозиционные измерения пульса, артериального давления и сатурации SpO₂
Table 1. Polypositional measurements of pulse, blood pressure and SpO₂ saturation

Положение измерения / Measurement position	Пульс / Pulse	Систолическое артериальное давление / Systolic blood pressure	Диастолическое артериальное давление / Diastolic blood pressure	Сатурация кислорода SO ₂ / Oxygen saturation SO ₂
Стоя / Standing (n=26)	86,576± 10,123	123,076± 12,344	82,346± 9,143	97±1,296
tкритерий Стьюдента / t Students test p	0,0185	0,188	0,049	0,00019
Сидя / Sitting (n=26)	80,807± 10,822	123,423± 11,286	79,692± 10,275	97,615± 0,982
tкритерий Стьюдента t Students test p	0,411	0,159	0,291	0,91
На спине / On the back (n=26)	77,961± 11,917	119,153± 14,208	76,692± 10,46	96,846± 1,347
tкритерий Стьюдента / t Students test p	0,09	0,371	0,249	0,0004
На животе / On the belly (n=26)	82,769± 11,802	121,846± 12,761	80,076± 10,334	94,769± 5,263
tкритерий Стьюдента / t Students test	0,289	0,308	0,239	0,679
На правом боку / On the right side (n=26)	79,615± 10,669	117,384± 18,256	72,961± 14,415	96,961± 1,37
tкритерий Стьюдента / t Students test p	0,242	0,201	0,018	0,00054
На левом боку / On the left side (n=26)	78,423± 11,444	119,653± 18,092	76,576± 12,674	96,73± 1,372
tкритерий Стьюдента / t Students test p	0,121	0,433	0,029	0,00056

Таблица 2. Корреляционный анализ связей между пульсом, САД, ДАД и сатурацией
Table 2. Correlation analysis of connections between of pulse, blood pressure and SpO₂ saturation

Переменная / Variable	Отмеченные корреляции значимы на уровне p <0,05 N=156 (Построчное удаление) / The noted correlations are significant at the p <0,05 level N = 156 (Line-by-line deletion)					
	Средние / Average	Ст.откл. / Standard deviation	Пульс / Pulse	Сист. давл./ SBP	Диаст. давл. / DBP	Сатурация / Saturation
Пульс / Pulse	81,026	11,359	1,000	0,327	0,359	-0,244
Сист. давл. / SBP	120,756	14,675	0,327	1,000	0,771	-0,071
Диаст. давл. / DBP	78,058	11,579	0,359	0,771	1,000	-0,059
Сатурация / Saturation	96,654	2,567	-0,244	-0,071	-0,059	1,000

группе из 16 человек – в шести статических положениях (стоя, сидя, на спине, на животе, на правом и левом боку) сразу после поворота в соответствующее положение. Измеряли пульс (Ps), систолическое и диастолическое артериальное давление (САД, ДАД), сатурацию кислорода крови (SpO₂). Оценка скоростных характеристик в левой почечной вене, определение амплитуды колебаний и определение уровня ДГЭА и Т выполнялось по разработанной нами методике.

Контроль этического комитета: исследование выполнено в соответствии с этическими принципами Хель-

синкской декларации, в соответствии с применяемыми российскими законами и нормативными актами. Перед началом проведения этого исследования, форма информированного согласия была рассмотрена и одобрена в установленном порядке Локальным этическим комитетом ООО медицинского центра «Нефрос».

Критерии включения: добровольцы репродуктивного возраста от 22 до 35 лет, здоровые клинически и лабораторно, в основной группе с признаками варикоцеле I – II стадии в любом статическом состоянии.

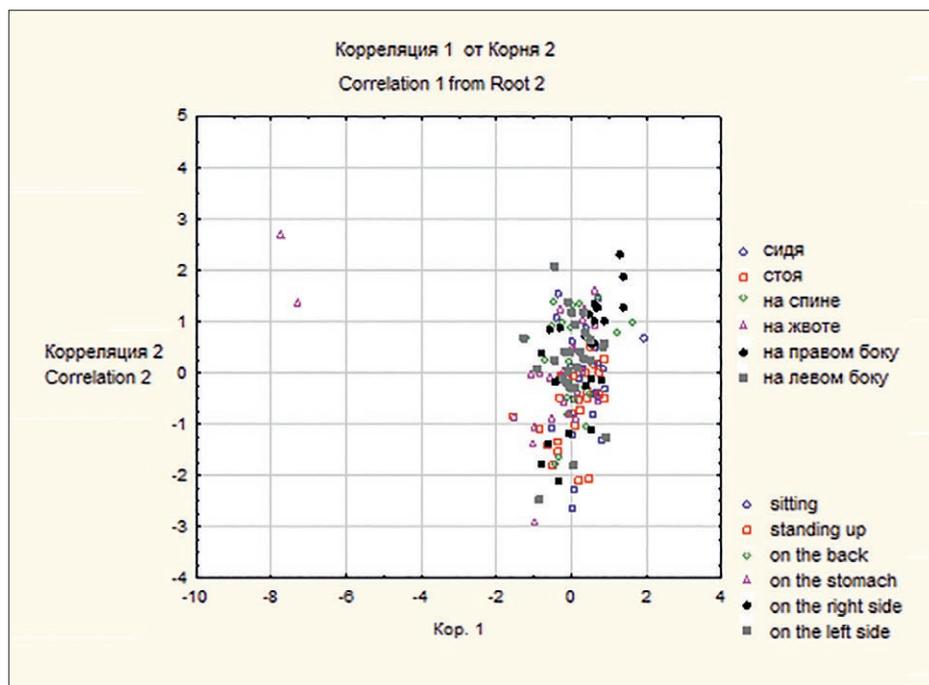


Рис. 1. Кластерная структура полипозиционного исследования пульса, АД и SO_2
Fig. 1. Cluster structure of polypositional research pulse, blood pressure and SO_2

Критерии не включения пациентов в исследование: пациенты с любыми острыми и хроническими заболеваниями.

Критерии исключения пациентов из исследования: ни один пациент не был исключен, так как исследование проводилось однократно. Определены средние арифметические (M), стандартные отклонения ($\pm m$), применены параметрические методы – критерий Стьюдента для зависимых переменных (повторных измерений при $p < 0,05$) и коэффициент корреляции Пирсона. Проведено сравнение данных каждой из 6 подгрупп с контролем и межвидовое сравнение 6 сформированных подгрупп соответственно шести положениям тела. Дискриминантным анализом исследована кластерная структура 96 наблюдений основной группы, характеризуемых 4 признаками, выполнен однофакторный дисперсионный анализ на основании критерия наименьшей значимости разности (НЗР). Статистический анализ реализован в среде пакета «STATISTICA 10.0».

Результаты

В общей группе оказались 6 подгрупп с общим количеством измерений: 156 обследованных пациентов. Измеряли пульс- Ps ($M \pm m$ равен $81,365 \pm 11,948$). Систolicкое артериальное давление-SABP ($(M \pm m$ равен $120,224 \pm 15,624$), Диастолическое артериальное давление-DABP ($(M \pm m$ равен $78,346 \pm 11,714$) Сатурацию- SpO_2 ($(M \pm m$ равен $96,557 \pm 2,773$).

Сатурацию меньше и равную 94% определили в 10 случаях: 1 случай – в положении стоя, 4 – на животе, 2 – на правом боку, 3 – на левом боку. В 1 случае сатурация на животе была равна 77%. Значимые позиционно-зависимые колебания SpO_2 определены в положении стоя, на животе, на правом и левом боку. При этом 40% снижения сатурации ниже 94% выявлены в прон-позиции.

Полипозиционные исследования гемодинамических показателей и SpO_2 межгрупповое сравнение выявили вариативность взаимоотношений показателей. С помощью однофакторного дисперсионного анализа с применением критерия наименьшей значимой разности выполнено исследование отличия показателей в зависи-

мости от положения тела (стоя, сидя, на спине, на животе, на правом и левом боку) (табл. 1).

Только в положении стоя Ps статистически значимо отличался от данных в положении на спине, на правом боку и на левом боку. Статистически значимых отличий по САД в разных положениях не оказалось. ДАД на животе отличалось от данных в положении стоя и сидя. Сатурация в прон-позиции статистически значимо отличалась от значений в остальных 5 положениях. При этом на животе сатурация меньше, а сидя больше, чем в других положениях.

Корреляционный анализ связей между 4 показателями (Ps , САД, ДАД, SpO_2), показал высокую, статистически значимую корреляцию (больше, чем 0,75) между диастолическим и систолическим давлением, умеренную статистически значимую (больше 0,25, но меньше 0,75) между пульсом и систолическим давлением, пульсом и диастолическим давлением, слабую, статистически значимую между пульсом и сатурацией (табл. 2).

Наибольший интерес для нас представляла корреляция между Ps и SpO_2 , так как выявлена отрицательная взаимосвязь между этими параметрами (отрицательный знак означает, что с учащением пульса сатурация снижается).

На рисунке 1 дискриминантным анализом графически на плоскости показана структура 156 наблюдений, характеризующихся 4 показателями. Наблюдения, относящиеся к различным положениям тела (группам) обозначены цветом и различными геометрическими фигурками. Как видно из графика, наблюдения различных групп «перемешаны» преимущественно в одной части плоскости. Это означает, что группы не образуют кластерную структуру относительно совокупности всех 4 показателей – пульса, САД, ДАД и SO_2 .

По совокупности показателей группы больных в зависимости от кратковременного положения тела сходны, т.е. похожи друг на друга, несмотря на наличие различий по некоторым показателям. Из этого следует, что данные показатели ценны при их комплексном использовании.

Пациенты были разделены на 2 группы. Контрольная группа состояла из 10 здоровых мужчин в возрасте от 22 до 35 лет, обследована в 6 пространственных поло-

Таблица 3. Вариативность позиционнозависимых изменений Ps, САД, ДАД, SpO₂ в контрольной группе
Table 3. Variability of position-dependent changes in Ps, SBP, DBP, SpO₂ in control group

Положение измерения / Measurement position	Пульс уд/мин / Pulse bpm		САД мм.рт.ст. / SBP mm Hg		ДАД мм.рт.ст. / DBP mm Hg		SpO ₂ % / SpO ₂ %				
	≤ 70 уд/мин ≤ 70 bpm	> 70 < 90 уд/мин > 70 < 90 bpm	≥ 90 уд/мин ≥ 90 bpm	≤ 90 мм рт.ст. ≤ 90 mm Hg	> 90 < 120 мм рт.ст. > 90 < 120 mm Hg	≥ 120 мм рт.ст. ≥ 120 mm Hg	≤ 60 мм рт.ст. ≤ 60 mm Hg	> 60 < 80 мм рт.ст. > 60 < 80 mm Hg	≥ 80 мм рт.ст. ≥ 80 mm Hg	≤ 94% ≤ 94%	> 94% > 94%
Контрольная группа n=10 / Control group n = 10	Параметры разделения на группы / Grouping options										
Стоя / Standing	0	8	2	0	7	3	0	7	3	0	10
Сидя / Sitting	2	7	1	0	7	3	0	9	1	0	10
На спине / On the back	4	0	6	0	8	2	2	6	1	0	10
На животе / On the belly	0	9	1	0	7	3	0	8	1	0	10
На прав. боку / On the right side	2	7	1	1	6	3	4	4	2	1	9
На левом боку / On the left side	2	7	1	0	7	3	0	9	1	2	8
Всего n (%) / Total	10 16,7%	38 63,3%	12 20%	1 1,7%	42 70%	17 28,3%	6 10%	43 71,7%	9 15%	3 5%	57 95%
Средние величины и стандартное отклонение / Mean values and standard deviation M ± m											
M ± m	79,33±10,26		110,06±10,36		70,81±9,11		97,2±1,46				
Всего n (%) / Total	60 100%		30 100%		60 100%		60 100%		60 100%		

Межвидовое сравнение контрольной группы критерий Стьюдента
Interspecies comparison of the control group Srudents t test

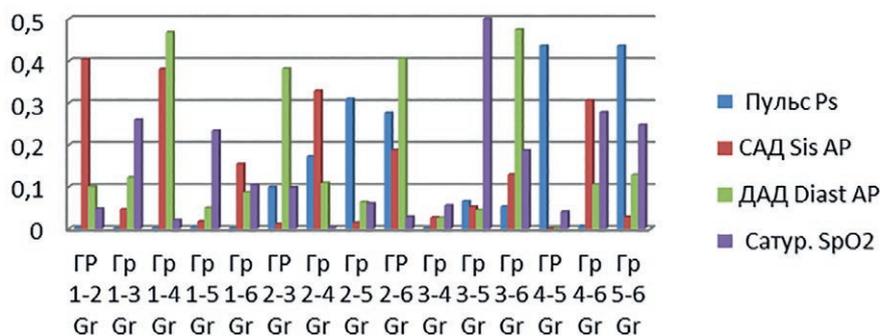


Рис 2. Диаграмма вариативности позиционнозависимых изменений Ps, САД, ДАД, SpO₂ в контрольной группе
Fig. 2. Variability of position-dependent changes in 70,8% Ps, SBP, DBP, SpO₂ in control group

ТОНЯН А.Г. И ДР. | ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Таблица 4. Вариативность позиционнозависимых изменений P_s , САД, ДАД, SpO_2
Table 4. Variability of position-dependent changes in P_s , SBP, DBP, SpO_2

Положение измерения / Measurement position	Пulsьс уд/мин / Pulse bpm		САД мм.рт.ст. / SBP mm Hg		ДАД мм.рт.ст. / DBP mm Hg		SpO ₂ % / SpO ₂ %				
	≤ 70 уд/мин ≤ 70 bpm	70 < 90 уд/мин > 70 < 90 bpm	≥ 90 уд/мин ≥ 90 bpm	≤ 90 мм рт.ст. ≤ 90 mm Hg	> 90 < 120 мм рт.ст. > 90 < 120 mm Hg	≥ 120 мм рт.ст. ≥ 120 mm Hg	≤ 60 мм рт.ст. ≤ 60 mm Hg	> 60 < 80 мм рт.ст. > 60 < 80 mm Hg	≥ 80 мм рт.ст. ≥ 80 mm Hg	≤ 94%	> 94%
Контрольная группа n=10, основная группа n=16 / Control group n = 10, main group n = 16											
Стоя / Standing	1	10	5	0	2	14	0	2	14	1	15
Сидя / Sitting	2	9	5	0	2	14	0	3	13	0	16
На спине / On the back	4	8	4	0	4	12	1	3	12	0	16
На животе / On the belly	2	9	5	0	3	13	0	5	11	4	12
На прав. боку / On the right side	1	11	4	0	9	7	0	9	7	1	15
На левом боку / On the left side	4	8	4	2	5	9	1	4	11	1	15
Всего n (%) / Total	14 14,6%	55 57,3%	27 28,1%	2 2,1%	25 26%	69 71,9%	2 2,1%	26 27,1%	68 70,8%	7 7,3%	89 92,7%
Средние величины и стандартное отклонение / Mean values and standard deviation M ± m											
M ± m	81,8841± 11,8257		127,4375± 12,9385		82,5833± 10,6481		96,3020± 3,0161				
Всего n (%) / Total	96 100%		96 100%		96 100%		96 100%				

жениях, и в основной группе их 16 человек с признаками варикоцеле в любом статическом положении I–II степени, как признаке повышения давления в левой почечной вене также в 6 положениях.

В контрольной группе при полипозиционном обследовании наблюдалась вариативность во всех положениях. Тахикардия наблюдалась в 12 случаях из 60, САД менее 90 мм рт.ст. в 1 случае, более 120 мм рт.ст. в 17, ДАД менее 60 мм рт.ст. в 6 случаях, выше 80 мм.рт.ст. в 9, сатурация менее 4% в 3 случаях.

Межвидовое сравнение выявило достоверное отличие $p < 0,005$ по пульсу в положении стоя со всеми остальными положениями, между положениями на спине и на животе, на животе и на левом боку, $p < 0,05$ между положениями на спине и на левом боку. По САД $p < 0,05$ в положениях стоя-на спине, стоя на правом боку, сидя-на спине, сидя-на правом боку, на спине-на животе и на правом боку, на левом – на правом боку. По ДАД $p < 0,05$ при сравнении стоя-на правом боку, на спине-на животе и на правом боку, $p < 0,005$ между положения-

ми на животе и на правом боку. Сатурация достоверно $p < 0,05$ отличалась при сравнении стоя-сидя, на животе, сидя-на левом боку, на спине на правом боку, на животе-на правом боку. Достоверность $p < 0,005$ оказалась при сравнении SpO_2 в положениях сидя и на животе. Результаты сравнений хорошо видно на диаграммах межвидовых сравнений в контрольной группе ($n = 10$).

В основной группе при полипозиционном обследовании брадикардия выявлена в 14 (14,6%) случаях, тахикардия – в 27 (28,1%); гипотония по САД – в 2 (2,1%) и гипертония – в 69 (71,9%) случаях; гипотония по ДАД – в 2 (2,1%) и гипертония – в 68 (70,8%) случаях; сатурация ниже 94% – в 7 (7,3%) случаях. Причем 4 случая из 7 – в положении на животе, т.е. в прон-позиции. Таким образом, из 26 человек 10 имели хотя бы в одном положении сатурацию ниже 94% (табл. 4).

Полипозиционная оценка венозного кровотока магистральных сосудов почек показала, что колебания как максимального, так и минимального венозного кровотока происходят в любом статическом положении с двух

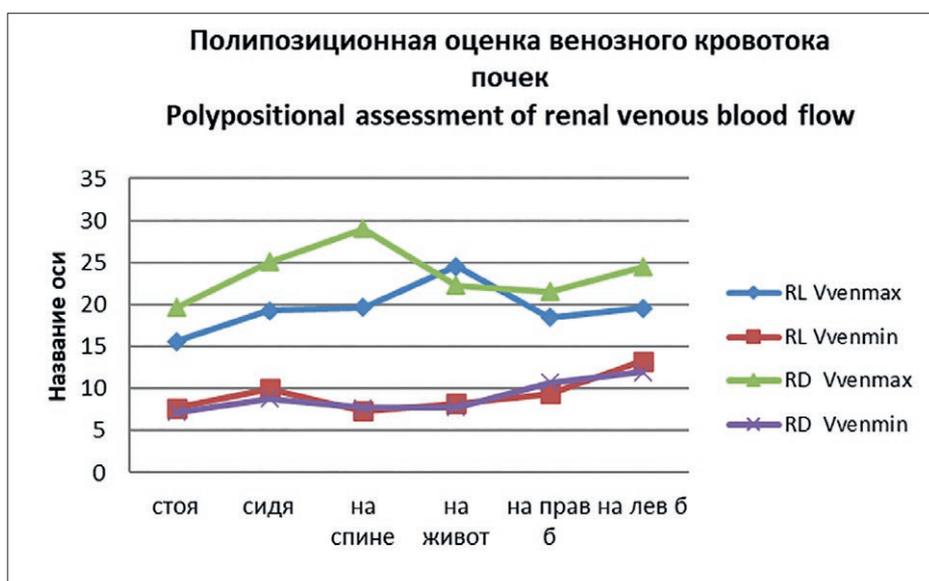


Рис. 3. Полипозиционная оценка венозного кровотока почек (средние значения)

Fig. 3. Polypositional assessment of renal venous blood flow (average values)

сторон. Максимальные скорости отмечены в положении на спине и на животе, затем на правом и левом боку. Минимальные – стоя, на спине и на животе.

Ранее мы показали, что значимые нарушения магистрального венозного кровотока почек происходят при разности между максимальным и минимальным венозным кровотоком более 22 см/с (патент № 2712001 от 23 января 2020 г.).

Максимальные колебания скоростей отмечены справа, в положении на спине, на левом боку, слева – на спине, на правом боку. При сравнении с контрольной группой амплитуда колебаний венозных скоростей dV_{ven} и имеет достоверное отличие справа с показателями на левом

боку ($p=0,0159$), и слева в положении на правом боку ($p=0,0009$) и стоя (0,0138).

В положениях с максимальной и минимальной скоростью венозного кровотока произведен забор крови утром, натощак на ДГЭА и Т. Получена их разность. Проведена статистическая обработка. Оказалось, что значимые колебания происходят и у ДГЭА, и у Т (Рис. 4, 5) причем в любом статическом состоянии. Исследование коррелятивной связи с между ДГЭА, Т и dV_{ven} выявило высокую корреляцию между максимальными и минимальными значениями Т, максимальным ДГЭА и ДГЭА. dV_{ven} умеренно коррелирует с ДГЭАмин, ДГЭАмак, dT имеет умеренную корреляцию с ДГЭАмин и ДГЭАмак.

Таблица 5. Основные показатели кровотока в магистральных сосудах почек у лиц с гипертензией в ЛПВ
Table 5. Main indicators of blood flow in the great vessels of the kidneys in persons with hypertension in the left renal vein

Показатели / Indicators	Контрольная группа n=10 (60 положений) / Control group (60 positions)	Группа исследования / Study group n=16						
		На спине / On the back	На животе / On the belly	На левом боку / On the left side	На прав. боку / On the right side	Сидя / Sitting	Стоя / Standing	
$V_{ven} \text{ max cm/c / sm/s}$	ПП / (RK) 23,977 ± 7,537	19,62 ± 4,209	25,062 ± 4,327	29 ± 8,61	22,312 ± 5,16	21,562 ± 7,32	24,5 ± 10,57	
	ЛП / (LK) 19,531 ± 6,315	15,625 ± 3,593	19,312 ± 6,311	19,625 ± 4,631	24,562 ± 4,774	18,5 ± 5,761	19,562 ± 7,562	
$V_{ven} \text{ min cm/c / sm/s}$	ПП / (RK) 9,01 ± 5,737	7,185 ± 3,208	8,812 ± 6,355	7,687 ± 6,769	7,75 ± 5,026	10,687 ± 5,387	11,937 ± 6,617	
	ЛП / (LK) 9,302 ± 5,699	7,687 ± 3,113	10 ± 7,384	7,312 ± 3,628	8,187 ± 7,082	9,375 ± 3,67	13,25 ± 6,255	
$dV_{ven} \text{ cm/c / sm/s}$	ПП / (RK) 14,489 ± 8,943	11,312 ± 5,237	15 ± 7,366	19,687 ± 8,324	14,062 ± 6,223	12,062 ± 5,065	10,875 ± 5,402	
	t критерий Стьюд / Students test t		0,853	0,414	0,0159	0,427	0,146	0,060
	ЛП / (LK) 10,229 ± 06,282	7,75 ± 4,389	9,312 ± 5,996	11,467 ± 5,668	19,937 ± 7,084	9,125 ± 5,655	6,625 ± 2,572	
	t критерий Стьюд. / Students test t		0,0683	0,3	0,2303	0,0009	0,2614	0,0138

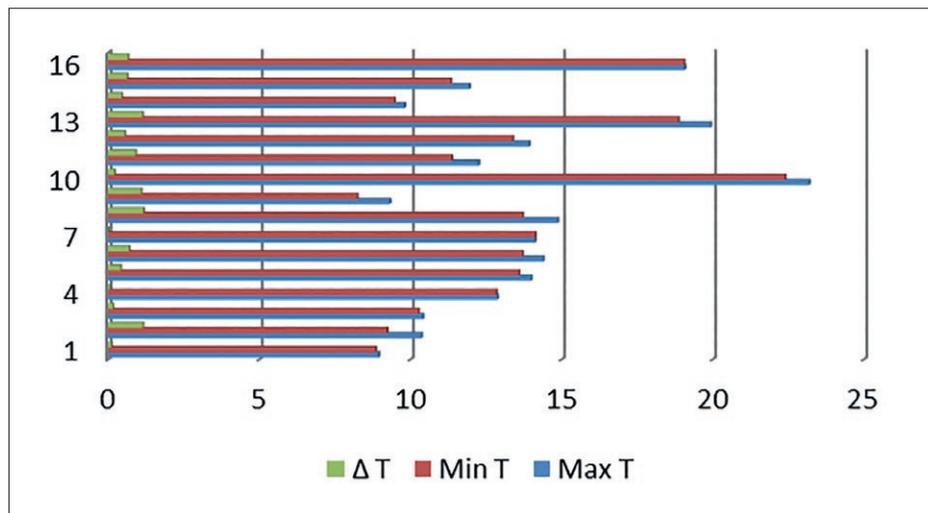


Рис. 4. Показатели колебаний T и dT основной группы
Fig. 4. Indicators of fluctuations T and dT of the main group

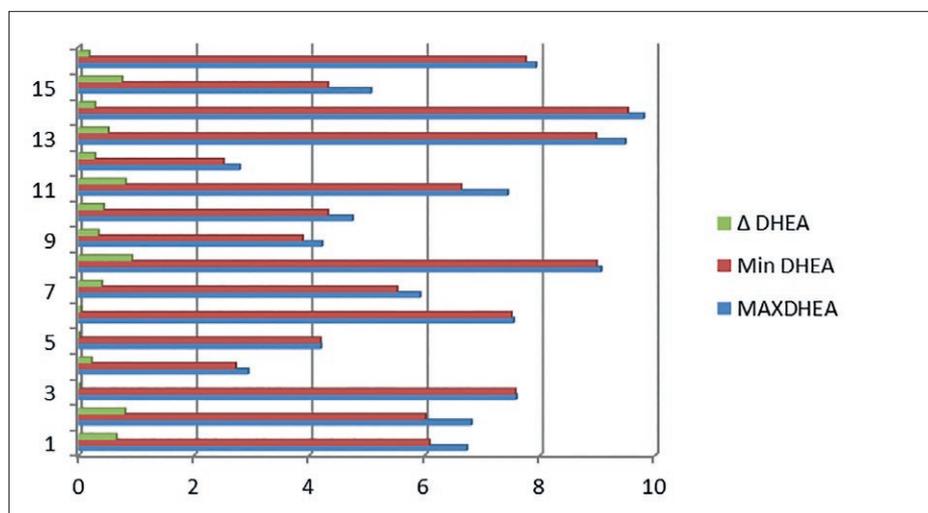


Рис. 5. Показатели колебаний ДГЭА dДГЭА основной группы
Fig. 5. Indicators of fluctuations DGEA and dDGEA of the main group

Таблица 6. Корреляционный анализ связей между ДГЭА и SpO2, T и SpO2
Table 6. Correlation analysis of connections between of DHEA and SpO2, T and SpO2

Переменная / Variable	Отмеченные корреляции значимы на уровне p <0,05 N=96 (Построчное удаление) / The noted correlations are significant at the p <0,05 level N = 96 (Line-by-line deletion)					
	Стоя / Standing	Сидя / Sitting	На спине / On the back	На животе / On the belly	На прав боку / On the right side	На левом боку / On the left side
Сатурация SpO2 / Saturation SpO2						
ДГЭА / DHEA	0,401608	-0,1074	-0,38318	-0,4848	-0,3847	-0,0619
T	-0,28045	0,36620	0,210641	0,049912	0,111801	0,361223

При исследовании взаимосвязи колебаний уровня ДГЭА и T с сатурацией выявлено, что умеренная положительная корреляция происходит между ДГЭА в положении стоя, T – сидя, на левом боку. Умеренная отрицательная корреляция между ДГЭА и SpO2 в положении на спине, на животе, на правом боку, между T и SpO2 в положении стоя. В основном по ДГЭА имеет место отрицательная корреляция.

Обсуждение

В системе левой ПВ, как и в системе правой ПВ, в зависимости от положения тела меняется скорость кровотока, что создает определенную амплитуду колебаний

давления крови. В левой ПВ, согласно уравнению Бернулли, давление меняется на участке между воротами почки и местом пересечения ПВ с верхней брыжеечной артерией или аортой. Это давление имеет обратную зависимость от скорости кровотока. Следовательно, колебания давления в левой ПВ будут повышать или понижать давление в левой надпочечниковой вене, не имеющей клапанного аппарата, что вызовет повышение или понижение количества выделяемых гормонов коры надпочечника.

Исходя из «уравнения гемодинамического энергобаланса», которое связывает изменение полной энергии кровеносной системы на участке между двумя сечения-

ми, энергия движения крови в сосуде с пульсирующими стенками постоянна, на концах его должно выполняться равенство [27]. Здесь a – скорость распространения волн сокращения сосудов, или фазовая скорость, ее значение для организма взрослого человека приблизительно равно 5 м/с.

Пусть « x » координата вдоль трубопровода (сосуда – по осевой линии его) слева направо; t – время; $V(x,t)$ – скорость течения; $D(x,t)$ – диаметр сосуда по аналогии соответствующий плотности $\rho(x,t)$ – среды в трубопроводе. Тогда объемный расход крови, поступающий в участок сосуда между сечениями с координатами x_1 и x_2 , где скорости соответственно V_1 и V_2 , приводит к изменению диаметра сосуда со временем. Это можно записать в виде

балансового равенства $(V_1 - V_2) \frac{\pi D^2}{4} = (x_2 - x_1) \frac{\pi D}{2} \frac{dD}{dt}$, отсюда получается $\frac{2}{D} \frac{dD}{dt} = -\frac{V_2 - V_1}{x_2 - x_1} \rightarrow -\frac{\partial V}{\partial x}$ при $x_2 - x_1 \rightarrow 0$, то есть $\ln\left(\frac{D}{D_0}\right)^2 = -\frac{\partial V}{\partial x}$. Это аналог уравнения неразрывности для течения сжимаемой среды в трубопроводе

$\ln \frac{\rho}{\rho_0} = -\frac{\partial V}{\partial x}$. Согласно этой аналогии, получается $\frac{D}{D_0} = \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$.

Индекс «0» соответствует усредненному значению плотности среды и (по аналогии) – диаметру сосуда, от которого соответствующие величины отклоняются при волновых движениях (пульсациях).

Далее рассматривается величина E , которую следует понимать, как «удельную по массе крови и проинтегрированную по длине сосуда», суть полную энергию кровеносной системы на участке между сечениями с координатами x_1 и x_2 (отстоящими на значение порядка 0,5 м):

$$E = \int_{x_1}^{x_2} \left(\frac{V^2}{2} - 2a^2 \ln \frac{D}{D_0} + gh \right) dx$$

Здесь, помимо уже введенных величин, участвуют « a » скорость распространения волн сокращения стенок сосудов (фазовая скорость – по данным из [25], ее значение

$a = 5 \frac{m}{c}$); g – ускорение силы тяжести; $h(x)$ – зависи-

мость высоты сечения сосуда от продольной координаты. Используя далее обозначения, соответствующие по аналогии течению сжимаемой среды в трубопроводе (« a » соответствует скорости распространения волн сжатия – разряжения), рассматривается удельная полная энергия:

$$E = \int_{x_1}^{x_2} \left(\frac{V^2}{2} - a^2 \ln \frac{\rho}{\rho_0} + gh \right) dx$$

Производная от нее по времени (в силу уравнения движения и уравнения неразрывности, записанных в форме Эйлера), которые для трубопровода имеют вид

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{a^2}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} + g \frac{dh}{dx} = 0;$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + V \frac{\partial \rho}{\partial x} + \rho \frac{\partial V}{\partial x} = 0,$$

будет следующей:

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dt} &= \int_{x_1}^{x_2} \left(V \frac{\partial V}{\partial t} - \frac{a^2}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial t} + gV \frac{dh}{dx} \right) dx = \\ &= \int_{x_1}^{x_2} \left(-V \left(V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{a^2}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} + g \frac{dh}{dx} \right) + \frac{a^2}{\rho} \left(V \frac{\partial \rho}{\partial x} + \rho \frac{\partial V}{\partial x} \right) + gV \frac{dh}{dx} \right) dx = \\ &= \int_{x_1}^{x_2} \left(-V^2 \frac{\partial V}{\partial x} + a^2 \frac{\partial V}{\partial x} \right) dx = \left(a^2 V - \frac{V^3}{3} \right) \Big|_{x_1}^{x_2} \end{aligned}$$

Полученное уравнение (с учетом указанной аналогии)

$$\frac{d}{dt} \int_{x_1}^{x_2} \left(\frac{V^2}{2} - 2a^2 \ln \frac{D}{D_0} + gh \right) dx = \left(a^2 V - \frac{V^3}{3} \right) \Big|_{x_1}^{x_2}$$

можно понимать, как «уравнение гемодинамического энергобаланса», оно связывает изменение (удельной по массе и проинтегрированной по длине сосуда) полной энергии кровеносной системы на участке между сечениями с координатами x_1 и x_2 (концевыми) с условиями на этих концах. Скорость изменения этой энергии равна разности следующих значений на концах:

$$\frac{dE}{dt} = a^2 V_2 - \frac{V_2^3}{3} - \left(a^2 V_1 - \frac{V_1^3}{3} \right) \quad (1).$$

Соответственно, если энергия движения крови в сосуде с пульсирующими стенками постоянна, то на концах его должно выполняться равенство

$$a^2 V_1 - \frac{V_1^3}{3} = a^2 V_2 - \frac{V_2^3}{3}, \text{ с учетом того, что } V < a, \text{ это озна-}$$

чает, что $V_1 = V_2$ – равенство скоростей течения на концах сосуда.

На основании проведенного моделирования можно сделать следующие выводы: во-первых – полная удельная энергия зависит от положения сосуда в пространстве (по отношению к вертикали), так как выражение для этой энергии содержит слагаемое, отражающее действие

силы тяжести, $g \int_{x_1}^{x_2} h(x) dx$ которое меняется при изменении формы и положения сосуда; во-вторых – значение

величины $a^2 V - \frac{V^3}{3}$ меняется при прохождении через

разветвления кровеносной сети, и, соответственно, имеются регулирующие органы управления, влияющие на изменение полной удельной энергии на различных участках (сети вен и артерий), один из таких органов – аорто-мезентериальный «пинцет».

Исходя из этого, можно предполагать, что левая почечная вена в силу своей топографо-анатомической особенности (лабильной вариативности) может рассматриваться как «объект управления», а аорто-мезентериальный «пинцет» – как «управляющая система», то есть в левой почечной вене такие показатели как скорость, давление и диаметр самой вены непостоянны. Меняясь, они влияют на давление в левой ПВ, а, следовательно, и в, «лишенной» клапанного аппарата, левой надпочечниковой вены.

По аналогии колебание давления в левой ПВ в силу своей топографо-анатомической особенности будет влиять на работу аорто-мезентериального «пинцета». Такие показатели как скорость, давление и диаметр самой по-

чечной вены непостоянны и зависят от функционального состояния «пинцета», что вызывает прямую или обратную зависимость дегидроэпиандростерона (ДГЭА) и тестостерона (Т). Известно, что сужение легочного ствола приводит к повышению давления крови в функционально перегруженном правом желудочке, что сопровождается нарушением оттока крови из системы нижней полой вены и ренального бассейна. Поскольку положение тела влияет на МОК, пульс, САД, ДАД, колебание скорости и давления в левой почечной вене, насыщение кислородом периферической крови определяется эффективностью работы сердца, состоянием микроциркуляторного русла, вполне логично предположить, что давление в левой почечной и в левой надпочечниковой вене, опосредованные всплески гормонов коры надпочечника будут влиять на SpO_2 .

Моделью колебания гемодинамических показателей и сатурации кислорода приняты измерения в шести положениях: стоя, сидя, на спине, на животе, на правом и на левом боку. Показатели по-разному реагировали на изменение положения тела. Данные полипозиционного измерения Ps , АД и SpO_2 подтвердили наши предположения о значимости исследований в разных положениях.

В левой почечной вене (ПВ) такие показатели, как скорость кровотока, давление и диаметр не постоянны, они влияют на функциональное состояние левого надпочечника, что определяет многообразие взаимоотношений дегидроэпиандростерона (ДГЭА) и тестостерона (Т) в зависимости от положения тела. Данные взаимоотношения определяют особенности кровоснабжения легких, что отражается на насыщении кислородом крови. Статистическая обработка выявила вариативность взаимоотношений гемодинамических данных и SpO_2 , отсутствие кластерной структуры по 4 показателям (Ps , САД, ДАД, SpO_2), а также достоверное отличие сатурации в прон-позиции от остальных 5 положений, что диктует необходимость обратить внимание именно на насыщение кислородом крови в положении лежа на животе. Исследование коррелятивной связи уровня гормонов (ДГЭА и Т) и их колебаний определило умеренную и слабую, положительную и отрицательную корреляцию с сатурацией кислорода в зависимости от положения тела.

При исследовании взаимосвязи колебаний уровня ДГЭА и Т с сатурацией выявлено, что умеренная поло-

жительная корреляция происходит между ДГЭА в положении стоя, Т – сидя, на левом боку. Умеренная отрицательная корреляция между ДГЭА и SpO_2 в положении на спине, на животе, на правом боку, между Т и SpO_2 в положении стоя. В основном по ДГЭА имеет место отрицательная корреляция.

Таким образом, есть все основания полагать, что позиционные изменения общей гемодинамики, давление и скорость в левой почечной вене, колебания ДГЭА, Т и SpO_2 взаимозависимы, имеют определенные клинические проявления. Их изучение и применение может быть значимым для практической медицины, в частности, для лечения и реабилитации пациентов с COVID-19.

Заключение

В левой почечной вене (ПВ) такие показатели, как скорость кровотока, давление и диаметр не постоянны, они влияют на функциональное состояние левого надпочечника, что определяет многообразие взаимоотношений дегидроэпиандростерона (ДГЭА) и тестостерона (Т) в зависимости от положения тела. Колебания давления в левой почечной вене являются патогенетическим фактором, влияющим на общую гемодинамику, работу надпочечниково-тестиккулярной системы и насыщение кислородом крови. Достоверное отличие сатурации в прон-позиции от остальных 5 положений диктует необходимость индивидуального подхода в лечении и реабилитации больных с коронавирусной инфекцией. Полипозиционное в шести статических состояниях измерение сатурации может определить новый, более эффективный алгоритм ведения пациентов с дыхательной недостаточностью, как при лечении, так и во время реабилитации.

Соответствие принципам этики

Проведенное исследование одобрено Локальным Этическим Комитетом ООО Медицинского центра «НЕФРОС» (ул. Шоссе Нефтяников, д.28, г. Краснодар, Россия), протокол № 7 от 30.11.2020 г.

Conformity to ethical principles

The study was approved by the Local Ethics Committee of the Medical Center "NEFROS" LLC (Shosse Neftyanikov st., 28, Krasnodar, Russia), protocol No. 7 dated November 30, 2020.

Список литературы

1. Демченко Е.А., Красникова В.В., Янишевский С.Н. Практические рекомендации по физической реабилитации больных с тяжелым течением COVID-19 в отделениях реанимации и интенсивной терапии. Артериальная гипертензия. 2020; 26(3): 327-342. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2020-26-3-327-342>
2. Симакова М.А., Гончарова Н.С., Карпова Д.В., Карелкина Е.В., Моисеева О.М. Рекомендации по диагностике и лечению пациентов с легочной гипертензией в условиях пандемии COVID-19. Артериальная гипертензия. 2020; 26(3): 343-355. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2020-26-3-343-355>
3. Кобеляцкий Ю.Ю. Обзор международных рекомендаций по нутритивной поддержке у больных с COVID-19, находящихся в отделении интенсивной терапии. Медицина неотложных состояний. 2020; Т.6.(2): 21-28. <https://doi.org/10.22141/2224-0586.16.2.2020.203137>
4. Bickenbach J. Covid-19 and Post Intensive Care Syndrome: A Call for Action. Journal of Rehabilitation Medicine. 2020; 52(4): jrm00044. <https://doi.org/10.2340/16501977-2677>
5. Анестезиолого-реанимационное обеспечение пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19. Методические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов», версия 5. Утверждено президиумом ФАР 26 февраля 2021 г.
6. Заболотских И.Б., Киров М.Ю., Лебединский К.М. Анестезиолого-реанимационное обеспечение пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19. Методические рекомендации общероссийской организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов». Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2020; (S1): 35 с. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2020-S1-9-120>
7. WHO. Clinical care for severe acute respiratory infection: toolkit. COVID-19 adaptation. Geneva. 2020.
8. Lazzeri M., Lanza A., Bellini R., Bellofiore A., Cecchetto S., Colombo A. et al. Respiratory physiotherapy in patients with COVID 19 infection in acute setting: a Position Paper of the Italian Association of Respiratory Physiotherapists (ARIR). Monaldi Archives for Chest Disease. 2020; 90(1): 163-168. <https://doi.org/10.4081/monaldi.2020.1285>
9. Фисун А.Я., Черкашин Д.В., Тыренко В.В., Жданов К.В., Козлов К.В. Роль ренин-ангиотензин-альдостероновой системы во взаимодействии с коронавирусом SARS-COV-2 и при развитии коронавирусной инфекции и в стратегии профилактики и лечения новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Артериальная гипертензия. 2020; 26(3): 248-262. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2020-26-3-248-262>

10. Хаммад Е.В., Никитин И.Г., Федорова К.В. Применение озонотерапии у пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19. Вестник восстановительной медицины. 2020; 5 (99): 94-100. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-99-5-94-100>
11. Вознюк И.А., Ильина О.М., Коломенцев С.Д. Ишемический инсульт как клиническая форма и патогенетическая модель в структуре поражения центральной нервной системы при COVID-19. Вестник восстановительной медицины. 2020; 98(4): 90-98. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-98-4-90-98>
12. Кульчицкая Д.Б., Колбахова С.Н. Немедикаментозные методы лечения больных с артериальной гипертензией. Вестник восстановительной медицины. 2020; 97(3): 65-68. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-97-3-65-68>
13. Князева Т.А., Никифорова Т.И. Комплексные технологии реабилитации пациентов артериальной гипертензией с сопутствующей ишемической болезнью сердца. Вестник восстановительной медицины. 2019; (5): 25-29.
14. Лобанов А.А., Андронов С.В., Барашков Г.Н., Митрошкина Е.Е., Фесюн А.Д., Рачин А.П., Еремушкин М.А., Ло Ин, Сидоров В.В., Богданова Е.Н., Зайцев А.Р., Никитина А.М., Гришечкина И.А., Яковлев М.Ю., Вороненко А.Г., Жарков А.И., Кончугова Т.В., Саморуков А.Е. Влияние аквааэробики в пресной воде у пациентов с гипертонической болезнью на микрокровооток. Вестник восстановительной медицины. 2020; (6): 25-32. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-100-6-25-32>
15. Севергина Э.С. Ремоделирование сосудов как проявление компенсаторных процессов при варикоцеле разной степени выраженности. Андрология и генитальная хирургия. 2013; (2): 35-39. <https://doi.org/10.17650/2070-9781-2013-2-35-39>
16. Довганюк А.П., Боголюбова В.М. Физиотерапия при хронической артериальной и венозной недостаточности нижних конечностей. Книга II Физиотерапия и курортология. М. Издательство БИНОМ. 2008: 56-68.
17. Апханова Т.В., Кульчицкая Д.Б., Еремушкин М.А., Стяжкина Е.М. Применение лечебной гимнастики в реабилитации больных с хронической лимфовеенозной недостаточностью нижних конечностей. Вестник восстановительной медицины. 2019; (3): 20-24.
18. Шанин Ю.Ф. Патопатология критических состояний. СПб. ЭЛБИ-СПб. 2003: 436 с.
19. Капто А.А. Реноиликальные внутрисистемные анастомозы нижней полой вены. Андрология и генитальная хирургия. 2020; 21(2): 51-57. <https://doi.org/10.17650/2070-9781-2020-21-2-51-57>
20. Жуков О.Б., Верзин А.В., Пеньков П.Л. Регионарная почечная венозная гипертензия и левостороннее варикоцеле. Андрология и генитальная хирургия. 2013; 14(3): 29-37. <https://doi.org/10.17650/2070-9781-2013-3-29-37>
21. Hartung O., Barthelemy P., Berdah S.V., Alimi Y.S. Laparoscopy-assisted left ovarian vein transposition to treat one case of posterior nutcracker syndrome. *Annals of Vascular Surgery*. 2009; 23(3): 413.e13-413.e16. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2008.08.026>
22. Hartung O., Grisoli D., Boufi M. et al. Endovascular stenting in the treatment of pelvic vein congestion caused by nutcracker syndrome: lessons learned from the first five cases. *Journal of Vascular Surgery*. 2005; 42(2): 275-280. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2005.03.052>
23. Капто А.А. Диагностическая значимость флеботонометрии при определении показаний к рентгеноэндоваскулярной ангиопластике и стентированию подвздошных вен при их компрессии у пациентов с варикоцеле и варикозной болезнью вен органов малого таза. Андрология и генитальная хирургия. 2020; 21(1): 29-41. <https://doi.org/10.17650/2070-9781-2020-21-1-29-41>
24. Тонян А.Г., Медведев В.Л., Татевосян А.С., Тонян С.А., Бутаева С.Г. Зависимость систолического артериального давления от позиционных изменений магистрального венозного кровотока почки. Артериальная гипертензия. 2015; 21(5): 477-486. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2015-21-5-477-486>
25. Тонян А.Г., Татевосян А.С., Буныкин А.В. Математическое моделирование работы аорто-мезентериального «пинцета», влияющего на взаимоотношения дегидроэпандростендиона и тестостерона у лиц с варикоцеле. Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2020; Т.17(1(2)): 81-91. <https://doi.org/10.31429/vestnik-17-1-2-81-91>

References

1. Demchenko Ye.A., Krasnikova V.V., Yanishevskiy S.N. Prakticheskiye rekomendatsii po fizicheskoy reabilitatsii bol'nykh s tyazhelym techeniyem COVID-19 v otdeleniyakh reanimatsii i intensivnoy terapii [Practical recommendations for physical rehabilitation of patients with severe COVID-19 in the intensive care unit]. *Arterial'naya gipertenziya*. 2020; 26(3): 327-342. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2020-26-3-327-342> (In Russ.).
2. Simakova M.A., Goncharova N.S., Karpova D.V., Karelkina Ye.V., Moiseyeva O.M. Rekomendatsii po diagnostike i lecheniyu patsiyentov s legochnoy gipertenziyey v usloviyakh pandemii COVID-19 [Recommendations for the diagnosis and treatment of patients with pulmonary hypertension in the context of the COVID-19 pandemic]. *Arterial'naya gipertenziya*. 2020; 26(3): 343-355. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-020-26-3-343-355> (In Russ.).
3. Kobelyatskiy Yu.Yu. Obzor mezhdunarodnykh rekomendatsiy po nutritivnoy podderzhke u bol'nykh s COVID-19, nakhodyashchikhsya v otdelenii intensivnoy terapii. [Review of international recommendations for nutritional support in patients with COVID-19 in the intensive care unit]. *Meditsina neotlozhnykh sostoyaniy*. 2020; V.6(2): 21-28. <https://doi.org/10.22141/2224-0586.16.2.2020.203137> (In Russ.).
4. Bickenbach J. Covid-19 and Post Intensive Care Syndrome: A Call for Action. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2020; 52(4): jrm00044. <https://doi.org/10.2340/16501977-2677>
5. Anesthetic and intensive care for patients with the new coronavirus infection COVID-19. Methodological recommendations of the All-Russian public organization "Federation of Anesthesiologists and Resuscitators", version 5. Approved by the Presidium of the FAR on February 26, 2021. (In Russ.).
6. Zabolotskiy I.B., Kirov M.Yu., Lebedinskiy K.M. Anesteziologo-reanimatsionnoye obespecheniye patsiyentov s novoy koronavirusnoy infektsiyey COVID-19. Metodicheskiye rekomendatsii obshcherossiyskoy organizatsii «Federatsiya anesteziologov i reanimatologov» [Anesthetic and resuscitation support for patients with the new coronavirus infection COVID-19. Methodical recommendations of the all-Russian organization "Federation of anesthesiologists and resuscitators"]. *Vestnik intensivnoy terapii imeni A.I. Saltanova*. 2020; (S1): 35 p. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2020-51-9-120> (In Russ.).
7. WHO. Clinical care for severe acute respiratory infection: toolkit. COVID-19 adaptation. Geneva. 2020.
8. Lazzeri M., Lanza A., Bellini R., Bellofiore A., Cecchetto S., Colombo A. et al. Respiratory physiotherapy in patients with COVID 19 infection in acute setting: a Position Paper of the Italian Association of Respiratory Physiotherapists (ARIR). *Monaldi Archives for Chest Disease*. 2020; 90(1): 163-168. <https://doi.org/10.4081/monaldi.2020.1285>
9. Fisun A.Ya., Cherkashin D.V., Tyrenko V.V., Zhdanov K.V., Kozlov K.V. Rol' renin-angiotenzin-al'dosteronovoy sistemy vo vzaimodeystvii s koronavirusom SARS-COV-2 i pri razvitiy koronavirusnoy infektsii i v strategii profilaktiki i lecheniya novoy koronavirusnoy infektsii (SOVID-19) [Role of renin-angiotensin-aldosterone system in the interaction with coronavirus SARS-CoV-2 and in the development of strategies for prevention and treatment of new coronavirus infection (COVID-19)]. *Arterial'naya gipertenziya*. 2020; 26(3): 248-262. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2020-26-3-248-262> (In Russ.).
10. Khammad Ye.V., Nikitin I.G., Fedorova K.V. Primeneniye ozonoterapii u patsiyentov s novoy koronavirusnoy infektsiyey COVID-19 [The use of ozone therapy in patients with the new coronavirus infection COVID-19]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2020; 5(99): 94-100. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-99-5-94-100> (In Russ.).
11. Voznyuk I.A., Il'ina O.M., Kolomentsev S.D. Ishemicheskiy insul't kak klinicheskaya forma i patogeneticheskaya model' v strukture porazheniya tsentral'noy nervnoy sistemy pri COVID-19 Ischemic stroke as a clinical form and pathogenetic model in the structure of lesions of the central nervous system in COVID-19]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2020; 98(4): 90-98. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-98-4-90-98> (In Russ.).
12. Kul'chitskaya D.B., Kolbakhova S.N. Nemedikamentoznyye metody lecheniya bol'nykh s arterial'noy gipertenziyey [Non-drug methods of treatment of patients with arterial hypertension]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2020; 97(3): 65-68. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-97-3-65-68> (In Russ.).
13. Knyazeva T.A., Nikiforova T.I. Kompleksnyye tekhnologii reabilitatsii patsiyentov arterial'noy gipertenziyey s soputstvuyushchey ishemicheskoy boleznyu serdtsa [Complex technologies for the rehabilitation of patients with arterial hypertension with concomitant ischemic heart disease]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2019; (5): 25-29 (In Russ.).

14. Lobanov A.A., Andronov S.V., Barashkov G.N., Mitroshkina Ye.Ye., Fesyun A.D., Rachin A.P., Yeremushkin M.A., Lo In., Sidorov V.V., Bogdanova Ye.N., Zaytsev A.R., Nikitina A.M., Grishchikina I.A., Yakovlev M.Yu., Voronenko A.G., Zharkov A.I., Konchugova T.V., Samorukov A.Ye. Vliyaniye akvatrenirovki v presnoy vode u patsiyentov s gipertonicheskoy bolezn'yu na mikrokrivotok [Influence of aquatraining in fresh water in patients with essential hypertension on microcirculation]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2020; (6): 25-32. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-100-6-25-32> (In Russ.).
15. Severgina E.S. Remodelirovaniye sudov kak proyavleniye kompensatornykh protsessov pri varikotsele raznoy stepeni vyrazhennosti [Vascular remodeling as a manifestation of compensatory processes in varicocele of varying severity]. *Andrologiya i genital'naya khirurgiya*. 2013; (2): 35-39. <https://doi.org/10.17650/2070-9781-2013-2-35-39> (In Russ.).
16. Dovganyuk A.P., Bogolyubova V.M. Fizioterapiya pri khronicheskoy arterial'noy i venoznoy nedostatochnosti nizhnikh konechnostey [Physiotherapy for chronic arterial and venous insufficiency of the lower extremities]. *Book II Physiotherapy and balneology*. M. Izdatel'stvo BINOM. 2008: 56-68 (In Russ.).
17. Apkhanova T.V., Kul'chitskaya D.B., Yeremushkin M.A., Styazhkina Ye.M. Primeneniye lechebnoy gimnastiki v reabilitatsii bol'nykh s khronicheskoy limfovenoznoy nedostatochnost'yu nizhnikh konechnostey [The use of remedial gymnastics in the rehabilitation of patients with chronic lymphovenous insufficiency of the lower extremities]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2019; (3): 20-24 (In Russ.).
18. Shanin Yu.F. Patofiziologiya kriticheskikh sostoyaniy [Pathophysiology of critical conditions]. SPb. ELBI-SPB. 2003: 436 p. (In Russ.).
19. Kapto A.A. Renoiliakal'nyye vnutrisistemnyye anastomozy nizhney poloy veny [Renoiliacal intrasystemic anastomoses of the inferior vena cava]. *Andrologiya i genital'naya khirurgiya*. 2020; 21(2): 51-57. <https://doi.org/10.17650/2070-9781-2020-21-2-51-57> (In Russ.).
20. Zhukov O.B., Verzin A.V., Pen'kov P.L. Regionarnaya pochechnaya vennaya gipertenziya i levostoronneye varikotsele [Regional renal venous hypertension and left-sided varicocele]. *Andrologiya i genital'naya khirurgiya*. 2013; 14(3): 29-37. <https://doi.org/10.17650/2070-9781-2013-3-29-37> (In Russ.).
21. Hartung O., Barthelemy P., Berdah S.V., Alimi Y.S. Laparoscopy-assisted left ovarian vein transposition to treat one case of posterior nutcracker syndrome. *Annals of Vascular Surgery*. 2009; 23(3): 413.e13-413.e16. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2008.08.026>
22. Hartung O., Grisoli D., Boufi M. et al. Endovascular stenting in the treatment of pelvic vein congestion caused by nutcracker syndrome: lessons learned from the first five cases. *Journal of Vascular Surgery*. 2005; 42(2): 275-80. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2005.03.052>
23. Kapto A.A. Diagnosticheskaya znachimost' flebotonometrii pri opredelenii pokazaniy k rentgenoendovaskulyarnoy angioplastike i stentirovaniyu podvzdoshnykh ven pri ikh kompressii u patsiyentov s varikotsele i varikoznoy bolezn'yu ven organov malogo taza [Diagnostic value of phlebtonometry in determining the indications for endovascular angioplasty and stenting of the iliac veins during their compression in patients with varicocele and varicose veins of the pelvic organs]. *Andrologiya i genital'naya khirurgiya*. 2020; 21(1): 29-41. <https://doi.org/10.17650/2070-9781-2020-21-1-29-41> (In Russ.).
24. Tonyan A.G., Medvedev V.L., Tatevosyan A.S., Tonyan S.A., Butayeva S.G. Zavisimost' sistolicheskogo arterial'nogo davleniya ot pozitsionnykh izmeneniy magistral'nogo venoznogo krovotoka pochki [Dependence of systolic blood pressure on positional changes in the main venous blood flow of the kidney]. *Arterial'naya gipertenziya*. 2015; 21(5): 477-486. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2015-21-5-477-486> (In Russ.).
25. Tonyan A.G., Tatevosyan A.S., Bunyakin A.V. Matematicheskoye modelirovaniye raboty aorto-mezenterial'nogo «pintseta», vliyayushchego na vzaimootnosheniya degidropiandrostenidona i testosterona u lits s varikotsele [Mathematical modeling of the work of the aorto-mesenteric "forceps", which affects the relationship between dehydroepiandrosterone and testosterone in people with varicocele]. *Ekologicheskij vestnik nauchnykh tsetrov Chernomorskogo ekonomicheskogo sotrudnichestva*. 2020; V.17(1(2)): 81-91. <https://doi.org/10.31429/vestnik-17-1-2-81-91> (In Russ.).

Информация об авторах:

Тонян Арсен Грантович, кандидат медицинских наук, врач-уролог городской поликлиники №10 города Краснодара.
E-mail: tonyanag@rambler.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6244-0923>

Хан Владислав Владимирович, доктор медицинских наук, доцент, главный врач, центр традиционной медицины «Доктор Хан».

E-mail: khanvladislav@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6509-9660>

Халафян Алисан Альбертович, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной математики, Кубанский государственный университет.

E-mail: khaliphyan@kubannet.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-2324-3649>

Бунякин Алексей Вадимович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математических и компьютерных методов, Кубанский государственный университет.

E-mail: alex.bunyakin1967@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1849-1667>

Авакян Шахро Норикович, заведующий отделением общества с ограниченной ответственностью медицинского центра «Нефрос».

E-mail: wakros@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6063-6957>

Лымарь Максим Станиславович – кандидат медицинских наук, Центр общественного здоровья и медицинской профилактики Краснодарского края.

E-mail: maxmalder@rambler.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-1301-4682>

Вклад авторов:

Тонян А.Г. – обзор публикаций по теме статьи, разработка дизайна исследования, отбор и обследование пациентов, обработка, анализ и интерпретация данных, статистическая обработка данных, написание текста рукописи; Хан В.В. – отбор, обследование пациентов, разработка дизайна исследования, обработка, научная редакция текста рукописи, утверждение рукописи для публикации; Халафян А.А. – статистическая обработка данных, научная редакция текста рукописи, утверждение рукописи для публикации; Бунякин А.В. – проверка критически важного содержания, научная редакция текста рукописи, утверждение рукописи для публикации; Авакян Ш.Н. – отбор и обследование пациентов, утверждение рукописи для публикации; Лымарь М.С. – разработка дизайна исследования, утверждение рукописи для публикации.

Information about the authors:

Arsen G. Tonyan, Cand. Sci. (Med.), Urologist of the City Polyclinic No. 10 of the City of Krasnodar.

E-mail: tonyanag@rambler.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6244-0923>

Vladislav V. Khan, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Chief Physician, the Center for Traditional Medicine «Dr. Khan».

E-mail: khanvladislav@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6509-9660>

Aliksan A. Khalafyan, Dr. Sci. (Techn.), Professor of the Department of Applied Mathematics, Kuban State University.

E-mail: khaliphyan@kubannet.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-2324-3649>

Aleksey V. Bunyakin, Cand. Sci. (Phys. and Math.), Associate Professor, Kuban State University.

E-mail: wakros@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6063-6957>

Shakro N. Avakyan—Head of the Department of the Limited Liability Company of the «Nefros» Medical Center

E-mail: wakros@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6063-6957>

Maxim St. Lymar, Cand. Sci. (Med.), Center for Public Health and Medical Prevention of the Krasnodar Territory.

E-mail: maxmalder@rambler.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-1301-4682>

Contribution: Tonyan A.G. – review of publications on the topic of the article, development of research design, selection and examination of patients, processing, data analysis and interpretation, statistical data processing, writing the text of the manuscript; Khan V. V. – selection, examination of patients, development of research design, processing, scientific revision of the manuscript text, approval of the manuscript for publication; Khalafyan A.A. – statistical data processing, scientific revision of the manuscript text, approval of the manuscript for publication; Bunyakin A.V. – verification of critical content, scientific revision of the manuscript text, approval of the manuscript for publication; Avakyan Sh. N – selection and examination of patients, approval of the manuscript for publication; Lymar M. S. – development of the study design, approval of the manuscript for publication.

