

## Динамика параметров сердечно-сосудистой и дыхательной систем человека под влиянием спелеоклимата

Вера Алексеевна Семилетова ✉, Егор Алексеевич Кардашов

Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, Воронеж, Россия

**Аннотация.** Спелеотерапия использует условия соляных шахт и пещер для лечения заболеваний кожных и респираторных систем, для восстановления пациентов после перенесенных заболеваний, для поддержания здоровья, стимуляции иммунитета. Целью данного исследования является исследование динамики параметров сердечно-сосудистой и дыхательной систем человека под влиянием спелеоклимата. В исследовании приняли участие студенты 1–2-го курса ВГМУ им. Н.Н. Бурденко. Ежедневно на протяжении 10 дней спелеотерапии после окончания спелеопроцедуры измеряли артериальное давление, пульс, сатурацию кислорода, частоту дыхания, жизненную емкость легких. Анализ полученных данных проведен с помощью программ Excel и StatPlus Pro. Выявлено, что адаптация человека к спелеоклимату происходит как за счет частоты, так и силы сокращения сердца. Динамика параметров дыхательной системы под влиянием спелеоклимата отражает адаптацию участников исследования к спелеоклимату главным образом за счет глубины дыхания, в меньшей степени – за счет частоты дыхания. Мобилизация адаптационных ресурсов и состояние напряженности сердечно-сосудистой и дыхательной систем при развитии стадии тревоги под влиянием спелеоклимата формируется в основном за счет межсистемных механизмов. Напряженность в сердечно-сосудистой системе сохраняется после 10-й спелеопроцедуры. Показано, что спелеоклимат обладает свойством восстанавливать вегетативный статус человека. Выявлены различия в динамике параметров дыхания у девушек и юношей под действием спелеоклимата.

**Ключевые слова:** спелеоклимат, спелеотерапия, аэроионы, корреляционный анализ, дыхание, сердечно-сосудистая система, кровь

## Dynamics of parameters of human cardiovascular and respiratory systems under the influence of speleoclimat

Vera A. Semiletova ✉, Egor A. Kardashov

Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, Russia

**Abstract.** Speleotherapy uses the conditions of salt mines and caves to treat diseases of the skin and respiratory systems, to restore patients after illnesses, to maintain health, and stimulate the immune system. The purpose of this study is to study the dynamics of the parameters of the cardiovascular and respiratory systems of a person under the influence of speleoclimat. The study involved students of 1–2 courses of the Voronezh State Medical University. N.N. Burdenko. Every day for 10 days of speleotherapy after the end of speleotherapy, blood pressure, pulse, oxygen saturation, respiratory rate, and lung capacity were measured. The analysis of the obtained data was carried out using Excel and StatPlus Pro programs. It was revealed that human adaptation to the speleoclimat occurs both due to the frequency and strength of the heart contraction. The dynamics of the parameters of the respiratory system under the influence of speleoclimat reflects the adaptation of the study participants to the speleoclimat mainly due to the depth of breathing, to a lesser extent – due to the frequency of breathing. Mobilization of adaptive resources and the state of tension of the cardiovascular and respiratory systems during the development of the anxiety stage under the influence of speleoclimat is formed mainly due to intersystem mechanisms. Tension in the cardiovascular system persists after the 10th speleo procedure. It is shown that the speleoclimat has the ability to restore the vegetative status of a person. Differences in the dynamics of breathing parameters in girls and boys under the influence of speleoclimat were revealed.

**Keywords:** speleoclimat, speleotherapy, air ions, correlation analysis, respiration, cardiovascular system, blood

Спелеотерапия использует условия соляных шахт и пещер для лечения заболеваний кожных и респираторных систем, для восстановления пациентов после перенесенных заболеваний, для под-

держания здоровья, стимуляции иммунитета [1, 2, 3, 4, 5]. Метод общедоступен и применяется в санаторно-курортных и стационарных медицинских учреждениях.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследовать динамику параметров сердечно-сосудистой и дыхательной систем человека под влиянием спелеоклимата.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие студенты-добровольцы 1–2-го курса ВГМУ им. Н.Н. Бурденко (40 человек, 12 юношей и 28 девушек). Участники исследования разделены на 2 группы: экспериментальная (10 дней спелеотерапии, 27 человек) и группа сравнения (10 дней отдыха, 13 человек). Критерии включения в экспериментальную и контрольную группы: состояние здоровья, отсутствие острого периода инфекционных заболеваний, периода обострения хронических заболеваний, дефектов верхних дыхательных путей.

Исследование соответствовало этическим стандартам, разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. Каждый участник был информирован о цели исследования, подписал согласие на участие в эксперименте.

Артериальное давление (АДс, АДд) и пульс (ЧСС) измерены с помощью тонометра Omron M2 Basic, сатурация кислорода (Po<sub>2</sub>) определена с помощью пульсоксиметра CS Medica MD300C2, подсчитана частота дыхания (ЧД), жизненная емкость легких (ЖЕЛ) определена при помощи портативного сухого спирометра ССП в состоянии покоя до посещения спелеокамеры и ежедневно в течение 10 дней после часового сеанса спелеоклимата. Вегетативный индекс Кердо рассчитан по формуле:  $(1 - \text{АДд} / \text{ЧСС}) \times 100 \%$ . Те же параметры зарегистрированы у студентов контрольной группы ежедневно в течение 10 дней после часового отдыха.

Исследования проведены в условиях наземной стационарной спелеокамеры, помещение 14 м<sup>2</sup>, при температуре 18–22 °С, относительной влажности воздуха 65 %, соотношении отрицательных аэроионов 987 е/см<sup>3</sup>, положительных аэроионов – 834 е/см<sup>3</sup>, радиационный фон составлял 17 мкР/ч (спелеокамера от ООО «Климат Черноземья»), вне сессионного периода [6].

Анализ полученных данных проведен с помощью программ Excel и StatPlus Pro. Нормальность распределения признаков определена с использованием критерия Шапиро – Уилка. Расчет достоверности отличий проведен с использованием непараметрического критерия Уилкоксона для зависимых переменных.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика параметров сердечно-сосудистой системы под влиянием часового отдыха разнонаправленно изменяется в течение 10-дневного часового отдыха. При этом пульсовое давление плавно снижается в 10-му дню исследования (табл. 1,  $p = 0,05$ ,  $z = -1,99$ ). Другие параметры сердечно-сосудистой системы и дыхания изменялись незначительно.

Динамика параметров сердечно-сосудистой системы под влиянием спелеоклимата, на первый взгляд, кажется также неоднозначной. Систолическое артериальное давление (АДс) снижается после двух процедур спелеотерапии и увеличивается после четвертой процедуры, затем снова снижается и к десятой процедуре выходит на постоянный уровень, несколько ниже относительно исходного состояния. Диастолическое давление участников исследования повышается от первой к пятой процедуре (после пятой процедуры максимально) и снижается затем к 10-й процедуре. Частота сердечных сокращений (ЧСС) снижается от исходного состояния к 10-й процедуре. Сатурация кислорода (PO<sub>2</sub>) у студентов остается на достаточно высоком уровне весь курс спелеотерапии.

Таким образом, адаптация человека к спелеоклимату происходит как за счет частоты, так и силы сокращения сердца, что подтверждает наши данные по динамике основных параметров сердечно-сосудистой системы и кровотока под влиянием спелеотерапии у человека [6, 7].

Следует отметить, что сатурация кислорода, несмотря на высокий средний уровень в течение всех процедур спелеотерапии, имела свою динамику: у пациентов со сниженной сатурацией кислорода относительно остальных она увеличивалась к десятому дню спелеотерапии, размах Q1-Q3 стал меньше. Минимальные значения сатурации кислорода наблюдались после третьей и пятой процедур. Подобных изменений в группе сравнения не выявлено.

Динамика параметров дыхательной системы под влиянием спелеоклимата отражает адаптацию участников исследования к спелеоклимату главным образом за счет глубины дыхания (ЖЕЛ снижается к четвертому дню спелеотерапии, затем на восьмой день наблюдается второе снижение, и к десятому дню спелеотерапии ЖЕЛ остается сниженной относительно исходного состояния), в меньшей степени – за счет частоты дыхания (наблюдается подъем ЧД после второй процедуры, затем снижение к пятому дню, после шестой процедуры ЧД повышается и возвращается к исходному к 10-му дню спелеотерапии).

Отметим, что систолическое давление и жизненная емкость легких на четвертый день спелеотерапии достоверно выше у участников исследования относительно исходного уровня (табл.), что отражает мобилизацию

адаптационных ресурсов и состояние напряженности сердечно-сосудистой и дыхательной систем при развитии стадии тревоги под влиянием спелеоклимата.

После десятого сеанса спелеотерапии выявлено достоверное уменьшение частоты сердечных сокра-

щений у участников исследования относительно исходного уровня. Остальные зарегистрированные параметры работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем после десятой спелеопроцедуры достоверно не отличались от исходного уровня.

**Параметры сердечно-сосудистой и дыхательной систем человека под воздействием спелеоклимата**

	М	δ	Min	Max	Q1	Me	Q3	Параметры	z	p
1АДс	118.05	12.03	96.00	144.00	110.25	117.50	125.50	4АДс – 1АДс	-2.111 <sup>b</sup>	0.035
1АДд	70.86	9.46	54.00	92.00	62.75	70.50	77.25	10АДс – 1АДс	-0.991 <sup>b</sup>	0.322
1ЧСС	82.91	8.80	69.00	102.00	75.50	83.50	89.00	5АДд – 1АДд	-0.710 <sup>b</sup>	0.478
1Саг	97.81	1.95	93.00	100.00	97.00	98.50	99.00	10АДд – 1АДд	-0.195 <sup>b</sup>	0.845
1ЧД	18.82	5.66	13.00	36.00	15.00	17.50	19.25	4ЧСС – 1ЧСС	-1.326 <sup>c</sup>	0.185
1ЖЕЛ	2.94	0.73	2.00	5.50	2.48	2.80	3.13	10ЧСС – 1ЧСС	-1.925 <sup>c</sup>	0.054
4АДс	122.82	9.65	104.00	139.00	115.25	123.00	131.00	10Саг – 1Саг	-1.445 <sup>b</sup>	0.148
10АДс	120.23	14.60	94.00	153.00	109.50	117.50	130.50	6ЧД – 1ЧД	.000 <sup>d</sup>	1.000
5АДд	73.00	12.12	49.00	98.00	63.00	76.50	79.75	10ЧД – 1ЧД	-0.387 <sup>b</sup>	0.699
10АДд	71.45	10.70	55.00	93.00	63.50	69.50	80.00	4ЖЕЛ – 1ЖЕЛ	-2.276 <sup>c</sup>	0.023
4ЧСС	80.59	12.74	66.00	123.00	70.75	77.50	87.50	5ЖЕЛ – 1ЖЕЛ	-1.622 <sup>c</sup>	0.105
10ЧСС	79.50	11.58	62.00	98.00	70.50	79.00	88.75	10ЖЕЛ – 1ЖЕЛ	-1.729 <sup>c</sup>	0.084
10Саг	98.45	1.10	95.00	99.00	98.00	99.00	99.00	–	–	–
6ЧД	19.18	5.88	14.00	36.00	16.00	18.00	19.00	–	–	–
10ЧД	19.55	5.75	14.00	35.00	16.00	17.50	20.00	–	–	–
4ЖЕЛ	2.80	0.73	2.00	5.10	2.30	2.50	3.23	–	–	–
5ЖЕЛ	2.84	0.70	2.00	5.20	2.38	2.75	3.25	–	–	–
10ЖЕЛ	2.84	0.70	2.10	5.10	2.40	2.60	3.10	–	–	–

*Примечание:* в первой колонке перед названием признака указан день измерения (1-10).

На основании вегетативного индекса Кердо испытуемые были разделены на три группы: симпатотоники, нормотоники и парасимпатотоники. Выявлено, что под влиянием спелеотерапии вегетативный баланс стремится к нормотонии, ВИК после 10-й процедуры значимо отличается от ВИК исходного ( $z = -2,058^b$ ,  $p = 0,04$ ). Подобных значимых изменений в группе сравнения не выявлено, хотя и в группе сравнения наблюдались изменения вегетативного баланса в сторону нормотонии. Следовательно, спелеоклимат обладает свойством восстанавливать вегетативный статус человека.

Проведенный корреляционный анализ (по Спирмену) результатов экспериментальной группы показал, что в исходном состоянии покоя до воздействия спелеоклимата наблюдалась всего одна значимая корреляционная связь – между систолическим и диастолическим давлением (рис.), что физиологически обоснованно.

В дни наибольшего дисбаланса параметров сердечно-сосудистой и дыхательной системы выявлена значимая корреляционная связь между частотой дыхания и частотой сердечных сокращений (межсистемная корреляционная связь). Отметим, что именно эти признаки – ЧСС и ЧД – оказались наиболее чувствительны к воздействию спелеоклимата.

После десятого сеанса спелеотерапии выявлены значимые корреляционные связи между систолическим и диастолическим давлением и между диастолическим давлением и частотой сердечных сокращений (внутрисистемные связи).

Поскольку корреляционный анализ отражает уровень напряженности в биологической системе [6, 7], то можно сделать вывод, что наблюдаемая значимая межсистемная связь ЧСС–ЧД отражает мобилизацию адаптационных ресурсов и состояние напряженности сердечно-сосудистой и дыхательной систем при

развитии стадии тревоги под влиянием спелеоклимата за счет межсистемных механизмов. При этом напря-

женность в сердечно-сосудистой системе сохраняется после 10-й спелеопроцедуры.

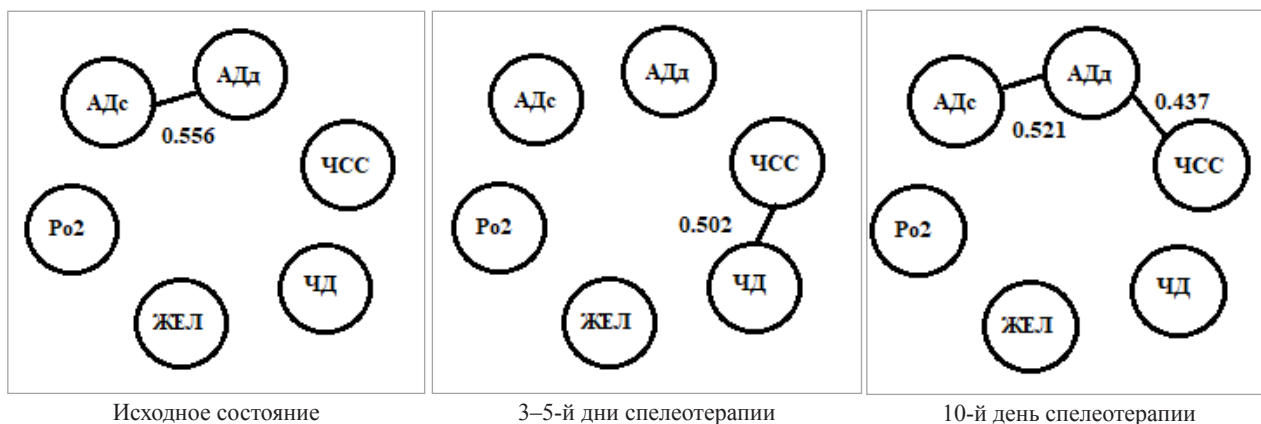


Рис. Значимые корреляционные связи между зарегистрированными признаками

Анализ половых различий динамики исследуемых параметров показал, что у девушек значимо отличаются под влиянием спелеоклимата параметры ВИК 1–10 ( $z = -2.120^c, p = 0.034$ ), АДс 1–3 ( $z = -2.095^b, p = 0.036$ ), ЖЕЛ 1–3 ( $z = -2.064^c, p = 0.039$ ); у юношей – ЧД 1-3 ( $z = -2.060^b, p = 0.039$ ). При этом динамика параметров дыхания (ЖЕЛ и ЧД) у девушек и юношей изменяется разнонаправлено под действием спелеоклимата.

У юношей происходит увеличение параметров дыхания в ответ на действие аэроионов. У девушек – уменьшение параметров дыхания. Возможно, это связано с особенностями регуляции дыхания у мужчин и женщин. Так, Марковой К.Б. (2012) показано, что при стимуляции хеморецепторов мужчины не способны произвольно сдерживать дыхание, в то время как у женщин присутствует сдерживающий компонент (большее участие коры больших полушарий в регуляции дыхания).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Адаптация человека к спелеоклимату происходит как за счет частоты, так и силы сокращения сердца.

Динамика параметров дыхательной системы под влиянием спелеоклимата отражает адаптацию участников исследования к спелеоклимату главным образом за счет глубины дыхания, в меньшей степени – за счет частоты дыхания.

Мобилизация адаптационных ресурсов и состояние напряженности сердечно-сосудистой и дыхательной систем под влиянием спелеоклимата формируется в основном за счет межсистемных механизмов.

Спелеоклимат обладает свойством восстанавливать вегетативный статус человека.

Некоторая напряженность в сердечно-сосудистой системе сохраняется после 10-й спелеопроцедуры.

Выявлены различия в динамике параметров дыхания у девушек и юношей под действием спелеоклимата.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Маркова К.Б. Половые особенности реакций спонтанного и произвольного дыхания на гиперкапнию и постуральные воздействия: специальность 03.03.01 «Физиология»: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тверь, 2012. 17 с.
2. Бохан А.Н., Владимирский Е.В., Горбунов Ю.В. и др. Объективная оценка применения спелеоклиматических камер из природного силвинита в профилактике и лечении. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2021;98(3-2):51–52. doi: 10.17116/kurort20219803221.
3. Семилетова В.А. Спелеотерапия: статистический обзор статей за 2017–2022 годы. *International Journal of Medicine and Psychology*. 2022;5(6):109–117.
4. Файнбург Г.З., Михайловская Л. В. Воздействие калийно-магневых соляных аэродисперсных воздушных сред на организм человека. *Безопасность и охрана труда*. 2021;4(89):65–70. doi: 10.54904/52952\_2021\_4\_65.
5. Есауленко И.Э., Дорохов Е.В., Горбатенко Н.П. и др. Эффективность спелеоклиматотерапии у студентов в состоянии хронического стресса. *Экология человека*. 2015;7:50–57.
6. Семилетова В.А., Дорохов Е.В. Влияние спелеоклиматотерапии на динамику параметров дыхания, кардиоритма и кровотока у взрослого здорового человека. *Технологии живых систем*. 2022;19(1):28–37. doi: 10.18127/j20700997-202201-04.
7. Семилетова В.А. Динамика давления, пульса и сатурации кислорода взрослого здорового человека при прохождении 10-дневного курса спелеотерапии. *Современные вопросы биомедицины*. 2022;6(4). doi: 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_04\_23.

## REFERENCES

1. Markova K.B. Sexual characteristics of the reactions of spontaneous and arbitrary breathing to hypercapnia and postural influences: specialty 03.03.01 "Physiology". Dissertation abstract of the Candidate of Biological Sciences. Tver, 2012. 17 p. (In Russ.).

2. Bohan A.N., Vladimirovsky E.V., Gorbunov Yu.V. et al. Objective evaluation of the use of speleoclimatic chambers from natural sylvinites in prevention and treatment. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoy kul'tury = Questions of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture*. 2021;98(3-2): 51–52. (In Russ.) doi: 10.17116/kurort20219803221.

3. Speleotherapy: statistical review of articles for 2017–2022. *International Journal of Medicine and Psychology*. 2022;5(6):109–117. (In Russ.)

4. Fainburg G.Z., Mikhailovskaya L.V. Impact of potassium-magnesium salt aerodispersed air media on the

human body. *Bezopasnost' i ohrana truda = Occupational Safety and Health*. 2021;4(89):65–70. (In Russ.) doi: 10.54904/52952\_2021\_4\_65.

5. Yesaulenko I.E., Dorokhov E.V., Gorbatenko N.P. et al. Effectiveness of speleoclimate therapy in students under chronic stress. *Ekologiya cheloveka = Human ecology*. 2015;7:50. (In Russ.).

6. Semiletova V.A., Dorokhov E.V. The influence of speleoclimate therapy on the dynamics of respiratory parameters, cardiorythm and blood flow in an adult healthy person. *Tekhnologii zhivyykh system = Technologies of Living Systems*. 2022;19(1):28–37. (In Russ.) doi: 10.18127/j20700997-202201-04.

7. Semiletova V.A. Dynamics of pressure, pulse and oxygen saturation of healthy adults during a 10-day course of speleotherapy. *Sovremennye voprosy biomeditsiny = Modern Issues of Biomedicine*. 2022;6(4). (In Russ.) doi: 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_04\_23.

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

**Информация об авторах**

*V.A. Семилетова* – кандидат биологических наук, доцент, Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, Воронеж, Россия; ✉ vera2307@mail.ru

*E.A. Кардашов* – студент, Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, Воронеж, Россия; kardasovegor13@gmail.com

Статья поступила в редакцию 22.05.2023; одобрена после рецензирования 28.08.2023; принята к публикации 28.11.2023.

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

**Information about the authors**

*V.A. Semiletova* – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, Russia; ✉ vera2307@mail.ru

*E.A. Kardashov* – student, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, Russia; kardasovegor13@gmail.com

The article was submitted 22.05.2023; approved after reviewing 28.08.2023; accepted for publication 28.11.2023.