

УДК: 616.5–001.22

DOI: 10.37895/2071-8004-2023-27-1-34-38

Оригинальные исследования

ЗАВИСИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СВЕТОПОГЛОЩЕНИЯ ТАТУАЖНЫХ ПИГМЕНТОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Е.А. Леонтьев^{1,2}, Г.Ю. Стручко^{1,2}, В.А. Козлов¹, А.Л. Федоров², Т.Ю. Леонтьева^{1,2}¹ ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Чебоксары, Россия² ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», Йошкар-Ола, Россия

Резюме

Цель: изучение количественной интенсивности оптической плотности и светопоглощения электромагнитного излучения водным раствором татуажного пигмента в зависимости от его температуры.

Материалы и методы. Для исследования отобраны 123 самых распространенных на рынке татуировочных пигмента, из которых было изготовлено 369 образцов водных растворов. Определяли оптическую плотность каждого образца пигмента при температуре 14 и 77 °С. Далее каждый образец подвергался воздействию оптического излучения (IPL ксеноновая лампа импульсного света) при температуре 14 и 77 °С.

Результаты и обсуждение. При использовании электромагнитного излучения длиной волны 532 и 1064 нм повышение температуры с 14 до 77 °С увеличило эффективность разрушения татуажного пигмента с 78,27 до 84,37 %.

Заключение. Электромагнитное излучение оптического диапазона длиной волны 532 и 1064 нм не может разрушить все татуажные пигменты, при повышении температуры изменяется оптическая плотность растворов, что способствует деструкции красящих веществ.

Ключевые слова: татуажный пигмент, светопоглощение, оптическая плотность, температурная зависимость

Для цитирования: Леонтьев Е.А., Стручко Г.Ю., Козлов В.А., Федоров А.Л., Леонтьева Т.Ю. Зависимость изменения светопоглощения татуажных пигментов от температуры. *Лазерная медицина*. 2023; 27(1): 34–38. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1-34-38>

Контакты: Леонтьев Е.А., e-mail: lea737@yandex.ru

DEPENDENCE OF LIGHT ABSORPTION ON TEMPERATURE CHANGES IN TATTOO PIGMENTS

Leontiev E.A.^{1,2}, Struchko G.Yu.^{1,2}, Kozlov V.A.¹, Fedorov A.L.², Leontyeva T.Yu.^{1,2}¹ Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia² Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia

Abstract

Purpose: to study the quantitative intensity of optical density and light absorption of the electromagnetic radiation with tattoo pigment aqueous solution depending on its temperature.

Material and methods. One hundred twenty-three of the most common commercial tattoo pigments were selected for the trial; 369 samples of aqueous solutions were made of them. Optical density of each pigment sample was determined at 14 and 77 °C. Then, each sample was exposed to optical radiation (IPL xenon lamp with pulsed light) at 14 and 77 °C.

Results and discussion. Electromagnetic radiation with wavelengths 532 and 1064 nm increased tattoo pigment destruction from 78,27 to 84,37 % under temperature rise from 14 to 77 °C.

Conclusion. Electromagnetic radiation of the optical range with wavelengths 532 and 1064 nm cannot destroy all tattoo pigments; however, optical density of solutions changes under temperature rise which promotes destruction of coloring agents.

Keywords: tattoo pigment, light absorption, optical density, temperature dependence

For citations: Leontiev E.A., Struchko G.Yu., Kozlov V.A., Fedorov A.L., Leontyeva T.Yu. Dependence of light absorption on temperature changes in tattoo pigments. *Laser Medicine*. 2023; 27(1): 34–38. [In Russ.]. <https://doi.org/10.37895/2071-8004-2023-27-1-34-38>

Contacts: Leontyev E.A., e-mail: lea737@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

Существуют различные методы удаления татуажного пигмента в коже, включая эксфолиацию и хирургическое удаление верхних слоев дермы, в которых он расположен [1–11]. Такие способы удаления татуажа используются редко, так как они часто приводят к неудовлетворительным косметическим результатам [3, 11]. Лазерный метод удаления татуировок является в настоящее время самым распространенным, поскольку позволяет удалить татуажный пигмент

максимально безопасным и эффективным способом [2, 3, 12, 13]. При выборе лазера для удаления татуажа следует учитывать не только длину волны, но и другие характеристики, такие как интенсивность излучения и длительность импульса, чтобы достигнуть оптимальных результатов без повреждения здоровых тканей [11]. Эффективность лазерного излучения зависит от многих факторов, таких как цвет пигмента, глубина его пигмента, особенности кожи. Обычно используются лазеры с длиной

волны в диапазоне 532 и 1064 нм, но это не означает, что они эффективны в отношении всех видов татуажа [8, 9]. Татуажный пигмент, как и любой другой, способен поглотить только лазерное излучение с определенными спектральными характеристиками, зависящими от оптико-химических свойств пигмента [8, 9]. Показано, что некоторые пигменты имеют пиковое значение поглощения, отличающееся от характеристик лазеров для косметологии с модулированным коэффициентом добротности [3, 11].

Имеется линейная зависимость между оптической плотностью и толщиной слоя при неизменной концентрации, что является общим правилом, отклонение от которого возникает при непостоянстве температуры [9]. Таким образом, можно предположить, что с повышением температуры пигмента его способность поглощать электромагнитное излучение изменяется. Исходя из этого, представляется целесообразным изучить *in vitro* интенсивность оптической плотности и светопоглощения электромагнитного излучения водным раствором татуажного пигмента в зависимости от температуры с целью оптимизации методики его разрушения в коже.

Цель исследования: изучение количественной интенсивности оптической плотности и светопоглощения электромагнитного излучения водным раствором татуажного пигмента в зависимости от его температуры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовано 123 самых распространенных татуажных пигмента, из которых было изготовлено 369 образцов водных растворов. Представлены все виды пигментов для татуажа: минеральные, растительные и органические. Минеральные пигменты представлены оксидами железа и цинка, растительные – смесями хны и цитрусовых, органические – красителями на основе хлорофилла, каротиноидов и флавоноидов (производители «BioTouch», «TKL», «Lushcolor», «Goochie»). Также исследовали пигменты кустарного и неизвестного происхождения (гелевые чернила, тушь, сажа). В качестве растворителя использована дистиллированная вода. В исследование не включались пигменты, производители которых рекомендуют иной растворитель (спирт, глицерин и сорбитол).

Высокоочищенные сухие пигменты с размером частиц 10^{-3} – 10^{-5} см растворяли в дистиллированной воде в концентрации 0,2 мг/мл, затем готовые формы растворов применяли в дозах, рекомендованных производителем. В исследование включались интенсивно окрашенные растворы пигментов при минимальной концентрации вещества и высокой прозрачности раствора. Образцы с признаками окисления, испарения и расслоения раствора из исследования исключались. Для облучения растворы разливали по 6 мл в стандартные кварцевые кюветы толщиной 2 мм («Suprasil, Hellma, 110-QS», Германия), внешние

размеры (В × Ш × Г) – 52 × 12,5 × 3,5 мм. Каждый образец пигмента помещался в три кюветы. На начальном этапе исследования из 123 образцов сухого пигмента было изготовлено 369 образцов водных растворов татуировочных пигментов. Для определения оптической плотности раствора использован спектрофотометр «NachDR». Параметры оптической плотности определялись дважды: при температуре 14 и 77 °С.

В качестве источника излучения была использована IPL ксеноновая лампа 7.65.130 импульсного света с длиной волны от 440 до 1200 нм (в зависимости от поставленной задачи можно использовать часть диапазона). Мощность излучателя – 15–50 Дж/см², межимпульсный промежуток – 0,1–99,9 мс, промежуток субимпульсной модуляции – 0,1–9,9 мс. Меньший поток мощности, по сравнению с лазерным излучением, обеспечивает больший размер пятна (55 × 15 мм). Освещенность измеряли в Вт/м², а суммарную освещенность – в Дж/см² (количество света, полученное за временной интервал).

Для расчета длительности облучения применяли формулу: $T = W / P$, где T – время в секундах, W – энергия, выраженная в джоулях, P – мощность в ваттах. Ширину полосы поглощения принято характеризовать величиной δ , полуширину полосы поглощения измеряют при $\xi = 1/2\xi_{\max}$. Максимальная интенсивность поглощения будет в точке ξ_{\max} , следовательно, при сужении полосы поглощения повышается интенсивность поглощения. Установлено, что для эффективного удаления татуажного пигмента необходимо провести сужение полосы поглощения с 50 % ξ_{\max} до 13 % от ξ_{\max} [6].

Для получения излучения с определенной длиной волны использовали светофильтры аппарата КФК-2 (№ 5, 6, 11). Для удаления татуировок чаще всего используется излучение с длиной волны в диапазоне 532–1064 нм. К диапазону 532 нм наиболее близки светофильтры аппарата КФК-2 № 5 (максимум пропускания – 490 ± 10 нм, полуширина полосы пропускания – 35 ± 10 нм) и № 6 (максимум пропускания – 540 ± 10 нм, полуширина полосы пропускания – 25 ± 10 нм), а к диапазону 1064 нм наиболее близок светофильтр аппарата КФК-2 № 11 (максимум пропускания – 980 ± 5 нм, полуширина полосы пропускания – 25 ± 5 нм). Следовательно, пигменты, полоса поглощения которых лежит в области 532 нм, могут быть эффективно разрушены светом, пропущенным светофильтрами аппарата КФК-2 № 5 и 6, а пигменты, полоса поглощения которых лежит в области 1064 нм, могут быть эффективно разрушены светом, пропущенным светофильтрами аппарата КФК-2 № 11. Если полоса поглощения пигментов лежит вне данного диапазона, то для их удаления требуется излучение с иными характеристиками.

Необходимость охлаждения раствора пигмента и светофильтров обусловлена тем, что в исследовании

был использован источник постоянного излучения с интенсивностью 1,5 мВт/см². Время облучения подбиралось таким образом, чтобы доза облучения составила не менее 21,6 Дж/см² [3]. При этом необходимая для разрушения пигмента суммарная освещенность 21,6 Дж/см² достигается через 240 минут. Мощность излучения в импульсном режиме была настолько велика, что без активного принудительного охлаждения светофильтров температура в пробирке поднималась до закипания раствора. Для изменения температуры пробирок нами был использован термоэлектрический элемент Пельтье «ТЕС1-12706». Данный прибор при подаче электрического тока с одной стороны нагревается, а с другой – охлаждается, что позволяет при необходимости как понизить температуру камеры с пробирками до 14 °С, так и повысить – до 77 °С. Такой режим был выбран в связи с тем, что при температуре ниже 14 °С отмечалось запотевание пробирок, что нарушало эксперимент, а при 80 °С и выше началась реакция разрушения пигмента без воздействия светового излучения.

Оптическая плотность каждого образца определялась дважды: при 14 и 77 °С. Если представленный образец высокоэффективно поглощал излучение с выбранной длиной волны, оптическая плотность окрашивания образца значительно изменялась по сравнению с эталоном (в большинстве случаев регистрировалось снижение плотности, редко – ее повышение или инверсия цвета). Если излучение образцом не поглощалось, то оптическая плотность пигмента не менялась. В этом случае облучался аналогичный пигментный раствор при температуре 77 °С (образец пигмента повторно не использовался и был заменен на аналогичный). В качестве эталона использовали содержащийся в течение всего эксперимента в темноте такой же объем раствора пигмента с той же температурой и концентрацией, что и у исследуемой аликвоты.

Если под воздействием излучения цвет раствора изменялся, то эксперимент обозначался знаком «+»,

если цвет не менялся, то эксперимент был обозначен знаком «–». При этом изменении цвета может быть как осветление и полное обесцвечивание раствора, так и появление более интенсивной окраски. В образце, подвергнутом облучению с длиной волны в диапазоне максимума поглощения, по истечении 4 часов расщеплялось около 80 % от исходного количества пигмента. В отдельных случаях, когда диапазон излучения находился в абсолютном максимуме поглощения, оригинальный цвет был полностью отбелен и в результате получен бесцветный раствор и, напротив, когда длина волны отличалась от максимума поглощения, цвет раствора практически не отличался от эталонного образца.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследования определяли оптическую плотность пигментного раствора при 14 и 77 °С. После определения максимальной интенсивности поглощения пигментного раствора соотносили его с ближайшим максимумом светопропускания светофильтра аппарата КФК-2. В случае, если пигментный раствор имел более одного пика ξ_{max} , выбирали максимальный. Результаты представлены в таблице 1.

На следующем этапе исследования все образцы разделили на группы, где зарегистрировано полное обесцвечивание раствора, значительное обесцвечивание раствора и отсутствие эффекта при температуре раствора 14 и 77 °С (табл. 2).

Практически полное обесцвечивание раствора было получено в 115 (93,5 %) образцах при температуре раствора 77 °С и у 95 (77,24 %) – при 14 °С. В 3 (2,44 %) образцах при температуре раствора 77 °С и в 14 (11,38 %) – при 14 °С выявлено значительное обесцвечивание раствора. Отсутствие эффекта – в 5 (4,07 %) образцах при температуре раствора 77 °С и в 14 (11,38 %) – при 14 °С. Это показывает, что при повышении температуры расстояние между максимумом поглощения раствора и шириной светопропускания светофильтра может изменяться.

Таблица 1

Количество случаев наблюдений в зависимости от максимума светопропускания светофильтра при температуре раствора пигмента 14 и 77 °С

Table 1

The number of cases of observations depending on the maximum light transmission of the light filter at the temperature of the pigment solution of 14 and 77 °С

Светофильтр аппарата КФК-2, № <i>The light filter of the KFK-2 device, No.</i>	5	6	11
Максимум пропускания, нм <i>Maximum transmission, nm</i>	490 ± 10	540 ± 10	980 ± 5
Ширина полосы пропускания, нм <i>Bandwidth, nm</i>	35 ± 10	25 ± 10	25 ± 5
Количество случаев наблюдения при температуре раствора пигмента 14 °С <i>Number of cases observed at the temperature of the pigment solution 14 °С</i>	8 (6,5 %)	49 (39,84 %)	66 (53,66 %)
Количество случаев наблюдения при температуре раствора пигмента 77 °С <i>Number of cases observed at the temperature of the pigment solution 77 °С</i>	7 (5,69 %)	51 (41,46 %)	65 (52,85 %)

Таблица 2

Результат облучения пигментов при температуре 14 и 77 °С

Table 2

The result of irradiation of pigments at a temperature of 14 and 77 °C

Результат Result	Полное обесцвечивание раствора Complete discoloration of the solution	Значительное обесцвечивание раствора Significant discoloration of the solution	Отсутствие эффекта No effect
Количество случаев наблюдения при температуре раствора пигмента 14 °С <i>Number of cases observed at the temperature of the pigment solution 14 °C</i>	95 (77,24 %)	14 (11,38 %)	14 (11,38 %)
Количество случаев наблюдения при температуре раствора пигмента 77 °С <i>Number of cases observed at the temperature of the pigment solution 77 °C</i>	115 (93,5 %)	3 (2,44 %)	5 (4,07 %)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Электромагнитное излучение оптического диапазона длиной волны 532 и 1064 нм не может разрушить все татуажные пигменты, при повышении температуры изменяется оптическая плотность растворов, что способствует деструкции красящих веществ.

ЛИТЕРАТУРА

- Баграташвили В.Н., Баграташвили Н.В., Игнатьева Н.Ю. и др. Структурные изменения в соединительных тканях при умеренном лазерном нагреве. *Квантовая электроника*. 2002; 32 (10): 913–916. DOI: 10.1070/QE2002v032n10ABEH002316
- Елисеенко И.А., Струц С.Г., Лукинов В.Л., Ступак В.В. Факторы, влияющие на развитие рецидивов и продолженный рост первичных экстрамедуллярных опухолей, удаленных с использованием неодимового лазера. *Хирургия позвоночника*. 2021; 18 (4): 91–100. DOI: 10.14531/ss2021.4.91-100
- Микрюков В.А. Значение охлаждения кожи после лазерного воздействия на пигмент татуировки. *Лазеры в науке, технике, медицине: сборник научных трудов XXXI Международной конференции*. Под ред. В.А. Петрова. М.: Московское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова; 2020: 168–172.
- Москвин С.В. Можно ли заменить лазеры для терапии не лазерными источниками света? *Аппаратная косметология*. 2018; 1–2: 100–109.
- Мухин А.С., Леонтьев Е.А. Деструкция поверхностного слоя эпидермиса увеличивает глубину проникновения лазерного излучения в биологические ткани. *Врач-аспирант*. 2017; 81 (2): 75–81.
- Мухин А.С., Леонтьев Е.А. Оптимизация оптико-физических характеристик селективного фототермолиза. *Врач-аспирант*. 2017; 83 (4): 84–90.
- Морозова Е.А., Топольницкий О.З., Елисеенко В.И., Корнильев М.Н. Результаты гистологического исследования влияния лазерного излучения в режиме селективного фототермолиза на сосудистые поражения. *Эксперимент. Российский стоматологический журнал*. 2017; 21 (5): 237–241. DOI: 10.18821/1728-2802-2017-21-5-237-241
- Авраменко С.В., Ступин И.В. Устройство коагуляции тканей: Патент № 2100013 Рос. Федерация; МПК

6A61B17/39. № 95104929/14; заявл. 11.04.1995; опубл. 27.12.1997. 1997.

- Березина Н.М. Физико-химические методы анализа (фотометрия и турбидиметрия). Учебное пособие. Иваново; 2018.
- Чехлова Т.К. Физика лазеров: основные типы лазеров, особенности их работы и конструкции. М.: Российский университет дружбы народов (РУДН); 2019.
- Ma Y., Li X., Yan R., et al. Comparison between tape casting YAG:Nd:YAG/YAG and Nd:YAG ceramic lasers. *Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, CLEO-PR 2017*. Singapore; 2017: 1–3. DOI: 10.1109/CLEOPR.2017.8118599
- Marbach R., Heise H.M. Optical diffuse reflectance accessory for measurements of skin tissue by near-infrared spectroscopy. *Applied Optics*. 1995; 34 (4): 610–621.
- Verdel N., Lukač M., Majaron B. Characterization of tattoos in human skin using pulsed photothermal radiometry and diffuse reflectance spectroscopy. *Progress in Biomedical Optics and Imaging*. San Francisco; 2020: 112110X. DOI: 10.1117/12.2545606

REFERENCES

- Bagratashvili V.N., Bagratashvili N.V., Ignatieva N.Yu., et al. Structural changes in connective tissues under moderate laser heating. *Quantum electronics*. 2002; 32 (10): 913–916. [In Russ.]. DOI: 10.1070/QE2002v032n10ABEH002316
- Eliseyenko I.A., Struts S.G., Lukinov V.L., Stupak V.V. Factors influencing the development of relapses and continued growth of primary extramedullary tumors removed using a neodymium laser. *Hirurgia Pozvonochnika*. 2021; 18 (4): 91–100. [In Russ.]. DOI: 10.14531/ss2021.4.91-100
- Mikryukov V.A. The value of skin cooling after laser exposure to tattoo pigment. *Lazery v nauke, tekhnike, meditsine: sbornik nauchnykh trudov XXXI Mezhdunarodnoy konferentsii*. Ed. by V.A. Petrov. Moscow: Moscow Scientific and Technical Society of Radio Engineering, Electronics and Communications named after A.S. Popov; 2020: 168–172. [In Russ.].
- Moskvin S.V. Is it possible to replace lasers for therapy with non-laser light sources? *Apparatnaya kosmetologiya*. 2018; 1–2: 100–109. [In Russ.].
- Mukhin A.S., Leontyev E.A. Destruction of the surface layer of the epidermis increases the depth of penetration of laser

- radiation into biological tissues. *Postgraduate doctor*. 2017; 81 (2): 75–81. [In Russ.].
6. *Mukhin A.S., Leontyev E.A.* Optimization of optical and physical characteristics of selective photothermolysis. *Postgraduate doctor*. 2017; 83 (4): 84–90. [In Russ.].
 7. *Morozova E.A., Topolnitskiy O.Z., Eliseenko V.I., Kornilyev M.N.* Results of histological study of the effect of laser radiation in the mode of selective photothermolysis on vascular lesions. *Experiment. Russian Journal of Dentistry*. 2017; 21 (5): 237–241. [In Russ.]. DOI: 10.18821/1728-2802-2017-21-5-237-241
 8. *Avramenko S.V., Stupin I.V.* Tissue coagulation device. Patent No. 2100013 of the Russian Federation; 1997. [In Russ.].
 9. *Berezina N.M.* Physico-chemical methods of analysis (photometry and turbidimetry). Study guide. Ivanovo; 2018. [In Russ.].
 10. *Chekhlova T.K.* Laser physics: the main types of lasers, features of their operation and design. Moscow: Peoples' Friendship University of Russia (RUDN); 2019. [In Russ.].
 11. *Ma Y., Li X., Yan R., et al.* Comparison between tape casting YAG:Nd:YAG/YAG and Nd:YAG ceramic lasers. *Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, CLEO-PR 2017*. Singapore; 2017: 1–3. DOI: 10.1109/CLEOPR.2017.8118599
 12. *Marbach R., Heise H.M.* Optical diffuse reflectance accessory for measurements of skin tissue by near-infrared spectroscopy. *Applied Optics*. 1995; 34 (4): 610–621.
 13. *Verdel N., Lukač M., Majaron B.* Characterization of tattoos in human skin using pulsed photothermal radiometry and diffuse reflectance spectroscopy. *Progress in Biomedical Optics and Imaging*. San Francisco; 2020: 112110X. DOI: 10.1117/12.2545606

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Сведения об авторах

Леонтьев Евгений Анатольевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной и топографической анатомии с оперативной хирургией,

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»; ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»; e-mail: lea737@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7406-2074>

Стручко Глеб Юрьевич – доктор медицинских наук, заведующий кафедрой нормальной и топографической анатомии с оперативной хирургией, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»; профессор кафедры анатомии, топографической анатомии и оперативной хирургии, ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0549-5116>

Козлов Вадим Авенирович – доктор биологических наук, кандидат медицинских наук, профессор кафедры медицинской биологии с курсом микробиологии и вирусологии, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»; e-mail: pooh12@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7488-1240>

Федоров Алексей Леонидович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры фундаментальной медицины, ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»; e-mail: alex-doctor74@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1019-1774>

Леонтьева Татьяна Юрьевна – ассистент кафедры анатомии, топографической анатомии и оперативной хирургии, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»; ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2591-2447>

Information about the authors

Leontiev Evgenij – Cand. Sc. (Med.), Associate Professor of the Department of Anatomy, Topographic Anatomy and Operative Surgery, Ulyanov Chuvash State University; Mari State University; e-mail: lea737@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7406-2074>

Struchko Gleb – Dr. Sc. (Med.), Head of the Department of Normal and Topographic Anatomy with Operative Surgery, Ulyanov Chuvash State University; Professor of the Department of Anatomy, Topographic Anatomy and Operative Surgery, Mari State University; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0549-5116>

Kozlov Vadim – Dr. Sc. (Biol.), Cand. Sc. (Med.), Professor of the Department of Medical Biology with a course in Microbiology and Virology, Ulyanov Chuvash State University; e-mail: pooh12@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7488-1240>

Fedorov Alexey – Cand. Sc. (Med.), Associate Professor of the Department of Fundamental Medicine, Mari State University; e-mail: alex-doctor74@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1019-1774>

Leontyeva Tatyana – Teaching Assistant of the Department of Anatomy, Topographic Anatomy and Operative Surgery, Ulyanov Chuvash State University; Mari State University; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2591-2447>