

**СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУСПЕНЗИЙ
ЭРИТРОЦИТАРНЫХ КЛЕТОК ЧЕЛОВЕКА В
ПРИСУТСТВИИ ОЛЕИНОВОЙ И
ПАЛЬМИТИНОВОЙ КИСЛОТ****В.Г. Артюхов¹, Е.С. Баева², М.Х. Хамдамова¹**¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,²ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко

Поступила в редакцию 06.05.2024 г.

Аннотация. Изучение изменений формы эритроцитов и свойств мембран в ответ на взаимодействие со свободными жирными кислотами и их производными методами рассеяния света под малыми и большими углами, световой микроскопии, анизотропии флуоресценции перспективно с точки зрения понимания реологических свойств крови у пациентов с сердечно-сосудистой патологией и разными нозологическими формами воспалительных заболеваний. В ряде работ установлено, что влияние различных жирных кислот зависит от концевых групп и усиливается с увеличением длины углеводородной цепи. Жирные кислоты способны оказывать двухфазное воздействие на размер, форму и свойства поверхности клеток, а также индуцировать агрегацию эритроцитов. Изменения формы и размера красных клеток крови могут сопровождаться нарушениями микровязкости их мембран. В этой связи состояние мембранного аппарата клеток и внутриклеточного содержимого потенциально зависит от степени изменения соотношения их структурных компонентов. Выполнение кислородтранспортной и иных функций внутриэритроцитарным гемоглобином имеет первостепенную важность в вопросах физиологического функционирования организма. В настоящей работе представлены результаты исследования электронных спектров поглощения эритроцитарных клеток человека в присутствии олеиновой ($1,53 \cdot 10^{-5}$, $1,53 \cdot 10^{-4}$ моль/л) и пальмитиновой ($1,74 \cdot 10^{-5}$, $1,74 \cdot 10^{-4}$ моль/л) жирных кислот. Показано, что степень конформационных изменений компонентов мембран определяется дозой и временем взаимодействия с модификаторами *in vitro*. Под влиянием олеиновой и пальмитиновой жирных кислот в используемых концентрациях не выявлено существенных денатурационных изменений внутриэритроцитарного гемоглобина; присутствие модификаторов в инкубационной среде не приводило к значительным сдвигам в соотношении лигандных форм гемопротеида. Мы полагаем, что тестируемые сдвиги спектральных свойств преимущественно связаны с изменением состояния микроокружения его хромофоров. Отличия в степени влияния олеиновой и пальмитиновой кислот на состояние молекул гемопротеида могут быть объяснены различиями в размерах гидрофобного хвоста их молекул.

Ключевые слова: УФ-спектрофотометрия, эритроциты, оксигемоглобин, олеиновая кислота, пальмитиновая кислота, электронный спектр поглощения

Жирнокислотный состав мембран красных кровяных телец (эритроцитов) у человека определяется сочетанием его диеты и уровня обмена веществ. В эритроцитах содержатся все основные классы жирных кислот — насыщенные, мононенасыщенные, транс-ненасыщенные и полиненасыщенные (семейства n-3 и n-6). Многочисленные эксперименты и ряд клинических исследований продемонстри-

ровали, что омега-3-полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) могут оказывать благоприятное влияние на сердечно-сосудистую систему. Были выявлены их вазодилатирующие, антиаритмические и противовоспалительные эффекты; ПНЖК способны снижать концентрацию триглицеридов в крови, а также влиять на функцию эндотелия и изменять агрегацию тромбоцитов [1-3].

Жирные кислоты являются центральными структурными и функциональными компонента-

ми липидного обмена, входящими в состав клеточных мембран, липидных капель или липопротеинов. Показано, что они оказывают благоприятное действие на эритроцитарные мембраны, обеспечивая антиоксидантную и антигемолитическую защиту [4-7]. В то же время имеются противоречивые данные о влиянии жирных кислот на эритроцитарные мембраны, демонстрирующие потенцирующий гемолитический эффект олеиновой кислоты в присутствии бычьего альфа-лактальбумина [8], роль соотношения стеариновой и олеиновой кислот в мембранах эритроцитов при онкологических процессах [3,9,10] и других состояниях. Возможности человека метаболизировать липиды ограничены; в организм человека жирные кислоты попадают либо с пищей, либо могут быть синтезированы в клетках метаболическими путями, такими как липогенез *de novo* [11-13]. В зависимости от питательных и энергетических условий жирные кислоты могут быстро окисляться в пероксисомах и митохондриях для поддержания клеточного биоэнергетического гомеостаза.

Эритроцитарная мембрана насчитывает около 35 видов жирных кислот, главными из которых являются насыщенные пальмитиновая (C16) и стеариновая (C18) и ненасыщенные арахидоновая (C20) и олеиновая (C18). Установлено, что изменение концентрации жирных кислот в составе эритроцитарной мембраны может быть причиной нарушения физико-химических свойств эритроцита, поэтому необходимо поддерживать оптимальное соотношение и состав различных жирных кислот в организме [13-16].

В исследованиях последних лет большое внимание уделяют свободнорадикальным реакциям в норме и при патологических состояниях [17,18]. Эритроциты являются уникальной моделью для изучения влияния активных форм кислорода на метаболизм клеток благодаря их метаболической специфичности. Поскольку зрелые формы эритроцитов лишены ядра, митохондрий и эндоплазматического ретикулума, которые в типичных клетках являются основным источником активных форм кислорода, эта роль выполняется гемоглобином, участвующим в окислительно-восстановительных реакциях [19,20]. Одним из характерных свойств полиненасыщенных жирных кислот и липидных компонентов является активное образование свободных радикалов при окислении. Жирные кислоты, входящие в состав клеточной мембраны, вступают в реакции со сво-

бодными радикалами благодаря наличию у них цисметиленовых структур [4]. Представляло интерес проследить степень структурно-функциональных особенностей эритроцитарных мембран в зависимости от времени их экспозиции кислотам – олеиновой и пальмитиновой.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

В работе использовали суспензии эритроцитарных клеток, полученные из цельной крови путем ее разведения 0.9% раствором NaCl и последующим центрифугированием в течение 5 минут при 2500 об/мин на центрифуге MiniSpin. Супернатант удаляли пипеткой Пастера. Эритроциты доводили до величины оптической плотности (D) 0.8 при длине волны 495 нм с помощью раствора 0.01 моль/л Na-фосфатного буфера (pH 7.4) на спектрофотометре Shimadzu UV-2401 PC [17].

Жирикислотные эмульсии получали на ультразвуковом гомогенизаторе Qsonicasonicators Q500 (Qsonica, США) в микропробирках эппендорф, на частоте 22 кГц, при интенсивности ультразвукового воздействия 16 Вт/см². На спектрофотометре Shimadzu UV-2401 PC в диапазоне длин волн 190-900 нм проводили регистрацию спектров поглощения растворов интактной и модифицированной растворами жирных кислот суспензий эритроцитов и водных растворов свободного оксигемоглобина. Оптическую плотность (D) растворов регистрировали на протяжении всего исследуемого диапазона через 1 нм (кварцевые кюветы толщиной 10 мм). Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с помощью прикладных пакетов Microsoft Excel ($p \leq 0,05$).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

С помощью спектрофотометрического метода были исследованы спектральные характеристики олеиновой и пальмитиновой жирных кислот, а также структурное состояние суспензий эритроцитов человека до и после их инкубации с этими модификаторами. Регистрация электронных спектров поглощения олеиновой и пальмитиновой жирных кислот в различных концентрациях не позволила выявить наличие характерных пиков, что согласуется с литературными данными – в спектрах поглощения жирных кислот полосы перехода $n \rightarrow \pi^*$ при 200—210 нм достаточно слабые [2]. На рис.1 представлены результаты исследования спектральных характеристик суспензий нативных эритроцитов человека в концентрации 106 кл/мл. Как следует из представленных данных, на ЭСП

эритроцитов после 30 мин и 3 ч инкубации при 37°C не обнаружено сдвигов максимумов их поглощения; трёхчасовое термостатирование способствовало снижению оптической плотности раствора в области полосы Соре с $0,927 \pm 0,011$ до $0,908 \pm 0,04$ (табл. 1).

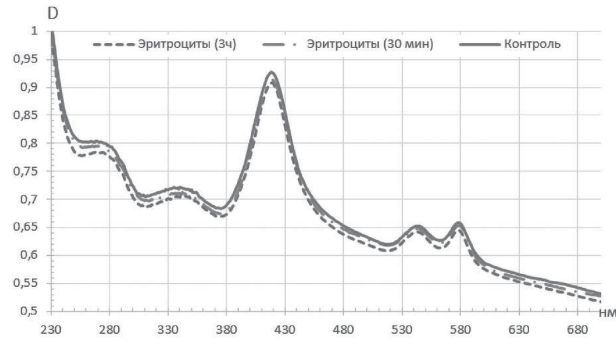


Рис. 1. Электронные спектры поглощения суспензий нативных эритроцитов, инкубированных при 37°C в течение 30 мин и 3 ч

Анализ спектральных характеристик суспензии эритроцитов человека, модифицированных олеиновой жирной кислотой, показал незначительное повышение оптической плотности раствора в белковой части спектра относительно контроля. После 30-минутной инкубации увеличение оптической плотности при добавлении олеиновой кислоты в концентрации $1,53 \cdot 10^{-5}$ моль/л и $1,53 \cdot 10^{-4}$ моль/л составило 3,6% и 4,7% соответственно при длине волны 274 нм, а при 344 нм – 2,4% и 5,2%. Возрастание оптической плотности раствора в длинноволновой области спектра происходил в присутствии олеиновой кислоты в концентрации $1,53 \cdot 10^{-4}$ моль/л. 30-минутная инкубация суспензии эритроцитов с олеиновой кислотой ($1,53 \cdot 10^{-4}$ моль/л) способствовала увеличению

оптической плотности в β-полосе (543 нм) на 5,6% и 4,1% в α – полосе (577 нм). Трёхчасовая инкубация эритроцитарной суспензии с растворами олеиновой кислоты в исследуемых концентрациях приводила к дальнейшему росту оптической плотности среды (рис. 2, 3). Статистически значимых различий в концентрации лигандных форм гемоглобина в присутствии растворов олеиновой кислоты обнаружено не было. Сдвиг полосы Соре на 1 нм в коротковолновую область спектра свидетельствует о незначительном повышении уровня метгемоглобина в анализируемой среде. Таким образом, смещение максимумов в УФ-области спектра с 274 до 272 нм и с 343 до 346 нм только отмечалось лишь при 3-часовой инкубации (табл. 2).

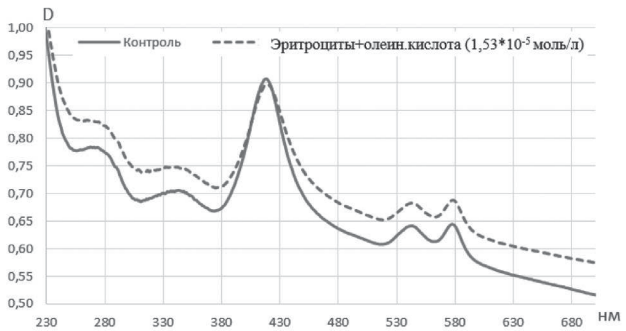


Рис. 2. Электронные спектры поглощения суспензий эритроцитов, модифицированных олеиновой кислотой в концентрации $1,53 \cdot 10^{-5}$ моль/л спустя 3 ч (диапазон длин волн 230-700 нм)

Из данных таблицы 2 следует, что в видимой области спектра (544 и 577 нм) после добавления пальмитиновой кислоты выявляется статистически достоверное повышение оптической плотности изучаемой суспензии. 30- мин инкубация кле-

Таблица 1

Спектральные характеристики нативных и модифицированных олеиновой кислотой (О.К.) ($1,53 \cdot 10^{-5}$ моль/л, $1,53 \cdot 10^{-4}$ моль/л) суспензий эритроцитов

Показатели	Контроль	Эритр. (30 мин)	Эритр. (3ч)	Эритр.+ О.К. $1,53 \cdot 10^{-5}$ моль/л (30 мин)	Эритр.+ О.К. $1,53 \cdot 10^{-4}$ моль/л (30 мин)	Эритр.+ О.К. $1,53 \cdot 10^{-5}$ моль/л (3 ч)	Эритр.+ О.К. $1,53 \cdot 10^{-4}$ моль/л (3 ч)
λ_1 (нм)	274	274	274	272	273	272	272
D_1	$0,775 \pm 0,002$	$0,795 \pm 0,017^*$	$0,784 \pm 0,01^*$	$0,824 \pm 0,004$	$0,832 \pm 0,005$	$0,829 \pm 0,009$	$0,833 \pm 0,03^*$
λ_2 (нм)	343	344	343	343	343	346	346
D_2	$0,690 \pm 0,007$	$0,712 \pm 0,012^*$	$0,706 \pm 0,02^*$	$0,729 \pm 0,004$	$0,749 \pm 0,01^*$	$0,748 \pm 0,002$	$0,755 \pm 0,02^*$
λ_3 (нм)	418	418	418	417	417	418	418
D_3	$0,912 \pm 0,007$	$0,913 \pm 0,007$	$0,907 \pm 0,01^*$	$0,904 \pm 0,014^*$	$0,896 \pm 0,014^*$	$0,898 \pm 0,01^*$	$0,893 \pm 0,007$
λ_4 (нм)	543	543	542-543	543	542-543	543	543
D_4	$0,627 \pm 0,003$	$0,647 \pm 0,01^*$	$0,642 \pm 0,018^*$	$0,655 \pm 0,006$	$0,683 \pm 0,02^*$	$0,673 \pm 0,008$	$0,695 \pm 0,019^*$
λ_5 (нм)	576	577	577	577-578	577	576	577
D_5	$0,632 \pm 0,007$	$0,652 \pm 0,016^*$	$0,645 \pm 0,012^*$	$0,650 \pm 0,018^*$	$0,679 \pm 0,014^*$	$0,686 \pm 0,022^*$	$0,702 \pm 0,01^*$

* Отличия от контроля статистически достоверны ($P < 0,05$)

Таблица 2

Спектральные характеристики нативных и модифицированных пальмитиновой кислотой (ПК) ($1,74 \cdot 10^{-5}$ моль/л, $1,74 \cdot 10^{-4}$ моль/л) суспензий эритроцитов

Показатели	Контроль	Эритр. (30 мин)	Эритр. (3ч)	Эритр.+ П.К. $1,74 \cdot 10^{-5}$ моль/л (30 мин)	Эритр.+ П.К. $1,74 \cdot 10^{-4}$ моль/л (30 мин)	Эритр.+ П.К. $1,74 \cdot 10^{-5}$ моль/л (3 ч)	Эритр.+ П.К. $1,74 \cdot 10^{-4}$ моль/л (3 ч)
λ_1 (нм)	274	274	274	272	271-272	272	272
D_1	$0,775 \pm 0,002$	$0,795 \pm 0,017^*$	$0,784 \pm 0,01^*$	$0,799 \pm 0,006$	$0,809 \pm 0,009$	$0,829 \pm 0,013^*$	$0,873 \pm 0,01^*$
λ_2 (нм)	343	343	344	343	343	346	346
D_2	$0,690 \pm 0,007$	$0,712 \pm 0,012^*$	$0,706 \pm 0,02^*$	$0,728 \pm 0,004$	$0,747 \pm 0,016^*$	$0,754 \pm 0,002$	$0,781 \pm 0,02^*$
λ_3 (нм)	418	418	418	418	418	418	418
D_3	$0,912 \pm 0,007$	$0,913 \pm 0,007$	$0,907 \pm 0,01^*$	$0,854 \pm 0,011^*$	$0,866 \pm 0,007$	$0,893 \pm 0,014^*$	$0,928 \pm 0,004$
λ_4 (нм)	543	543	543	544	544	543	543
D_4	$0,627 \pm 0,003$	$0,647 \pm 0,01^*$	$0,642 \pm 0,018^*$	$0,678 \pm 0,01^*$	$0,697 \pm 0,006$	$0,695 \pm 0,003$	$0,704 \pm 0,018^*$
λ_5 (нм)	576	577	577	577	577	577	577
D_5	$0,632 \pm 0,007$	$0,652 \pm 0,016^*$	$0,645 \pm 0,012^*$	$0,684 \pm 0,012^*$	$0,701 \pm 0,006$	$0,702 \pm 0,015^*$	$0,708 \pm 0,013^*$

* Отличия от контроля статистически достоверны ($P < 0,05$)

ток с пальмитиновой кислотой в концентрациях $1,74 \cdot 10^{-5}$ моль/л и $1,74 \cdot 10^{-4}$ моль/л способствует повышению оптической плотности относительно контроля на 4,8% и 7,7% соответственно при длине волны 543 нм, а при 577 нм – на 4,9% и 7,5%.

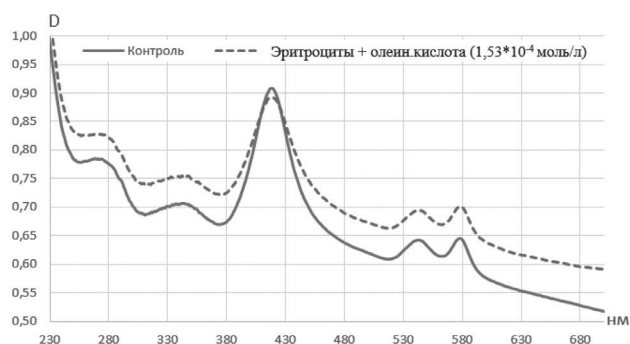


Рис. 3. Электронные спектры поглощения суспензий эритроцитов, модифицированных олеиновой кислотой в концентрации $1,53 \cdot 10^{-4}$ моль/л спустя 3 ч (диапазон длин волн 230-700 нм)

Исходя из представленных данных о ЭСП суспензии эритроцитов, модифицированных пальмитиновой кислотой ($1,74 \cdot 10^{-5}$ моль/л и $1,74 \cdot 10^{-4}$ моль/л) после 3 ч инкубации (рис. 3-4) увеличение оптической плотности в β -полосе составило 8,2% и 9,7% соответственно, а в α – полосе 9,7% и 9,8%. Таким образом, как и в случае с олеиновой кислотой, при увеличении времени инкубации возрастает и разница между опытными пробами и контрольными образцами. Изменения в области полосы Соре не были статистически значимыми.

После 30 мин и 3ч инкубации суспензии эритроцитов с пальмитиновой кислотой в концентрациях $1,74 \cdot 10^{-5}$ моль/л и $1,74 \cdot 10^{-4}$ моль/л на электронных спектрах поглощения был отмечен сдвиг полосы поглощения остатков ароматических аминокислот

гемоглобина в коротковолновую область спектра с 274 до 272 нм (рис. 4, 5); при 3ч инкубации полоса поглощения при 343 нм сместилась в более длинноволновую область (до 346 нм). Следовательно, исследуемые жирные кислоты в выбранных концентрациях влияют на хромофорное микроокружение молекулы гемоглобина в составе эритроцитов.

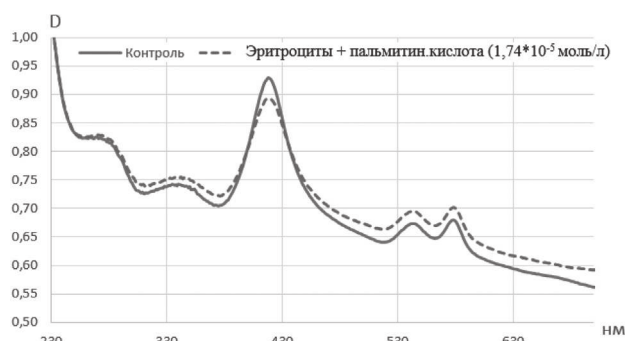


Рис. 4. Электронные спектры поглощения суспензий эритроцитов, модифицированных пальмитиновой кислотой в концентрации $1,74 \cdot 10^{-5}$ моль/л спустя 3 ч их инкубации

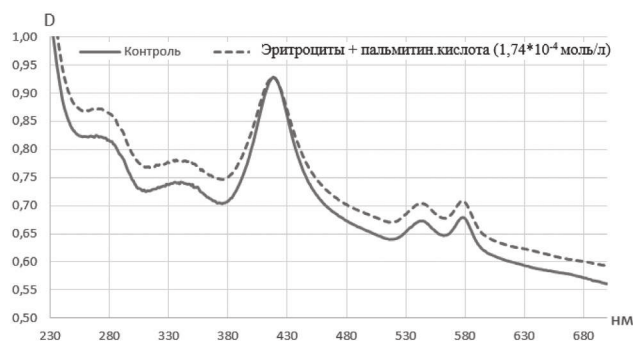


Рис. 5. Электронные спектры поглощения суспензий эритроцитов, модифицированных пальмитиновой кислотой в концентрации $1,74 \cdot 10^{-4}$ моль/л спустя 3 ч их инкубации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основании анализа результатов проведенных исследований спектральных свойств эритроцитарных суспензий крови доноров в присутствии пальмитиновой ($1,74 \cdot 10^{-5}$ и $1,74 \cdot 10^{-4}$ моль/л) и олеиновой ($1,53 \cdot 10^{-5}$ и $1,53 \cdot 10^{-4}$ моль/л) жирных кислот можно заключить, что влияние модификаторов проявляется в незначительной дестабилизации мембранного аппарата клеток. Исследуемые жирные кислоты не способствуют перераспределению соотношения основных лигандных форм гембелка, преобладающим типом гемоглобина остается оксигемоглобин. Тестируемые изменения спектральных свойств – повышение оптической плотности в области α и β -полос гемоглобина, смещение максимумов в УФ-область спектра – наблюдаются с увеличением времени взаимодействия исследуемых кислот с эритроцитарными суспензиями и носят дозозависимый характер. Несмотря на различия в химической структуре исследуемых кислот, типы воздействия на эритроцитарные мембраны у них схожи. На клеточном уровне такие процессы могут способствовать изменению динамики мембранных компонентов и развитию структурно-физиологических нарушений определенной природы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гавва Е. М. Омега-3-индекс эритроцитов как показатель, отражающий содержание полиненасыщенных жирных кислот в миокарде больных ишемической болезнью сердца / Е. М. Гавва, Д. А. Царегородцев, И. С. Мамедов, А. В. Стоногин // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2012 — Т. 1. — № 5 — С. 18-22.
2. Жеребцов Н. А. Биохимия / Н. А. Жеребцов, Т. Н. Попова, В. Г. Артюхов – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2002. – 696 с.
3. Harris W. S. Erythrocyte omega-3 fatty acids increase and linoleic acid decreases with age: Observations from 160,000 patients / W. S. Harris, J. V. Pottala, S. A. Varvel, J. J. Borowski, J. N. Ward, J. P. McConnell // Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids. – 2013. – Vol. 88. - № 4. – P. 257-263.
4. Santa-María C. Update on Anti-Inflammatory Molecular Mechanisms Induced by Oleic Acid / C. Santa-María, S. López-Enríquez, S. Montserrat-de la Paz, I. Geniz, M. E. Reyes-Quiroz, M. Moreno, F. Palomares, F. Sobrino, G. Alba // Nutrients. – 2023. – Vol. 15. № 1. – P. 224.
5. Banerjee A. Oleic acid prevents erythrocyte death by preserving haemoglobin and erythrocyte membrane proteins / A. Banerjee, T. Dey, R. Majumder, T. Bhattacharya, S. Dey, D. Bandyopadhyay, A. Chattopadhyay // Free Radic Biol Med. – 2023. – Vol. 202. – P. 17-33.
6. Banerjee A. Insights into the ameliorative effect of oleic acid in rejuvenating phenylhydrazine induced oxidative stress mediated morphofunctionally dismantled erythrocytes / A. Banerjee, T. Dey, A. K. Ghosh, S. Mishra, D. Bandyopadhyay, A. Chattopadhyay // Toxicol Rep. – 2020. – Vol. 7. – P. 1551-1563.
7. Plotnikov D. M. Evaluation of blood rheology by patients with acute ischemic stroke with Mexidol administration / D. M. Plotnikov, M. N. Stegmeier, O. I. Aliev // Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Korsakova. – 2019. – Vol. 119. – № 3(2). – P. 76-82.
8. Hoque M. Oleic acid may be the key contributor in the BAMLET-induced erythrocyte hemolysis and tumoricidal action / M. Hoque, S. Dave, P. Gupta, M. Saleemuddin // PLoS One. – 2013. – Vol. 8(9). – P. e68390.
9. Pandey M. Erythrocyte membrane stearic to oleic acid ratio in carcinoma of the gallbladder: a preliminary study / M. Pandey, A. K. Khatri, S. S. Dubey, A. Gautam, V. K. Shukla // European Journal of Surgical Oncology. – 1998. – Vol. 24. – № 1. – P. 43-46.
10. Wood C. B. Increase of oleic acid in erythrocytes associated with malignancies / C. B. Wood, N. A. Habib, A. Thompson, H. Bradpiece, C. Smadja, M. Hershman, W. Barker, K. Apostolov // Br Med J (Clin Res Ed): first published as 10.1136/bmj.291.6489.163 on 20 July 1985. – P. 163-165.
11. Постик С. Роль липогенного пути в развитии стеатоза печени / С. Постик, Дж. Жирар // Диабет метаб. – 2008. — № 34 — С. 643-648.
12. Владимиров Ю. А. Лекции по медицинской биофизике / Ю. А. Владимиров, Е. В. Проскурнина. — Москва: Изд-во МГУ, 2007. — 432 с.
13. Титов В. Н. Пальмитиновая, олеиновая кислоты и их роль в патогенезе атеросклероза / В. Н. Титов, А. М. Дыгай, М. Ю. Котловский, Е. В. Курдюк, А. В. Якименко, И. Ю. Якимович, Н. В. Аксютин, Ю. В. Котловский / Бюллетень сибирской медицины. – 2014. Т.13(5). – С. 149-159.
14. Лавриненко В.А. Физиология крови для студентов КРИ. Уч. метод. пособие / В. А. Лавриненко, А. В. Бабина. – Новосибирский государственный университет, 2015. – 116 с.
15. Mambrini G. Red Blood Cell Membrane Processing for Biomedical Applications / G. Mambrini, M. Mandolini, L. Rossi, F. Pierigè, G.

Capogrossi, P. Salvati, S. Serafini, L. Benatti, M. Magnani // International Journal of Pharmaceutics. – 2017. – Vol. 517. – № 1-2. – P. 175-184.

16. Шабаров Ю. С. Органическая химия: В 2-х кн.: Циклические соединения: Учебник для вузов / Ю. С. Шабаров - Москва: Химия, – 1994. – 848 с.

17. Артюхов В. Г. Практикум по биофизике / В. Г. Артюхов, О. В. Башарина, Г. А. Вашанов, Е. А. Калаева, И. А. Лавриненко, М. А. Наквасина, О. В. Путинцева, М. С. Радченко, С. Г. Резван – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2016. – 313 с.

18. Баева Е. С. К вопросу диагностической значимости физиологической трансформации эритроцитов / Е. С. Баева, О. И. Тюнина, С. А. Плетнева, Е. В. Дорохов // Медицинская наука и

образование Урала. – 2023. – Т. 24, № 2(114). – С. 76-84.

19. Баева Е. С. Биофизические и клинко-диагностические основы морфофункциональной организации эритроцитов : монография / Е. С. Баева, В. Г. Артюхов. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2020. – 142 с.

20. Артюхов В. Г. Исследование спектральных и хемилюминесцентных свойств эритроцитов человека в присутствии олеиновой и пальмитиновой жирных кислот / В. Г. Артюхов, А. А. Колбешкина, М. А. Наквасина, О. В. Путинцева // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2023. – № 3. – С. 59-65.

Воронежский государственный медицинский университет Н.Н. Бурденко МЗ РФ

Баева Елена Сергеевна, доцент кафедры нормальной физиологии

E-mail: galaxy1985@mail.ru

Воронежский государственный университет

Артюхов Валерий Григорьевич, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биофизики и биотехнологии

E-mail: artyukhov@bio.vsu.ru

Voronezh N.N. Burdenko State Medical University

**Bayeva Yelena Sergeyevna – associate professor at the Department of Normal Physiology*

E-mail: galaxy1985@mail.ru

Voronezh State University

Artyukhov Valery G., PhD, DSci, Full Professor, Head of the Department of Biophysics and Biotechnology

E-mail: artyukhov@bio.vsu.ru

Хамдамова Марина Хусанбаевна – магистрант кафедры биофизики и биотехнологии

Khamdamova Marina K., post-graduate student, Department of Biophysics and Biotechnology

SPECTRAL CHARACTERISTICS OF HUMAN ERYTHROCYTE CELLS'SUSPENSIONS IN THE PRESENCE OF OLEIC AND PALMITIC ACIDS

V. G. Artyukhov¹, Ye. S. Bayeva², M.H. Khamdamova²

¹*Voronezh State University*

²*Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko*

Abstract. The study of changes in the shape of erythrocytes and membrane properties in response to interaction with free fatty acids and their derivatives by methods of light scattering at small and large angles, light microscopy, fluorescence anisotropy is promising from the point of view of understanding the rheological properties of blood in patients with cardiovascular pathology and various nosological forms of inflammatory diseases. A number of studies have found that the effect of various fatty acids depends on the end groups and increases with increasing chain length. Fatty acids can have a two-phase effect on the size, shape and properties of the cell surface, as well as induce the aggregation of red blood cells. Changes in the shape and size of red blood cells may be accompanied by violations of the microviscosity of their membranes. In this regard, the state of the membrane apparatus of cells and intracellular contents potentially depends on the degree of change in the ratio of their structural components. The performance of oxygen transport and other functions by intraerythrocytic

hemoglobin is of paramount importance in matters of physiological functioning of the body. This paper presents the results of a study of the electronic absorption spectra of human erythrocyte cells in the presence of oleic (1.53×10^{-5} , 1.53×10^{-4} mol/l) and palmitic (1.74×10^{-5} , 1.74×10^{-4} mol/l) fatty acids. It has been shown that the depth of conformational changes in molecular membranes is determined by the dose and time of interaction with modifiers in vitro. Under the influence of oleic and palmitic fatty acids in the concentrations used, no significant denaturation changes in intraerythrocyte hemoglobin were detected; the presence of modifiers in the incubation medium did not lead to significant shifts in the ratio of ligand forms of hemoprotein. We believe that the tested shifts in spectral properties are mainly associated with changes in the state of the microenvironment of its chromophores. Differences in the degree of influence of oleic and palmitic acids on the state of hemoprotein molecules can be explained by differences in the size of the hydrophobic tail of their molecules.

Keywords: UV spectrophotometry, erythrocytes, oxyhemoglobin, oleic acid, palmitic acid, electronic absorption spectrum

REFERENCES

1. Gavva E. M. Omega-3-indeks eritrotsitov kak pokazatel', otrazhayushchii soderzhanie polinenasyshchennykh zhirnykh kislot v miokarde bol'nykh ishemicheskoi boleznyu serdtsa / E. M. Gavva, D. A. Tsaregorodtsev, I. S. Mamedov, A. V. Stonogin // *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya*. – 2012 — T. 1. — № 5 — S. 18-22.
2. Zherebtsov N. A. Biokhimiya / N. A. Zherebtsov. T. N. Popova, V. G. Artyukhov – Voronezh: Izd-vo VGU, 2002. – 696 s.
3. Harris W. S. Erythrocyte omega-3 fatty acids increase and linoleic acid decreases with age: Observations from 160,000 patients / W. S. Harris, J. V. Pottala, S. A. Varvel, J. J. Borowski, J. N. Ward, J. P. McConnell // *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*. – 2013. – Vol. 88. – № 4. – P. 257-263.
4. Santa-Maria C. Update on Anti-Inflammatory Molecular Mechanisms Induced by Oleic Acid / C. Santa-Maria, S. López-Enríquez, S. Montserrat-de la Paz, I. Geniz, M. E. Reyes-Quiroz, M. Moreno, F. Palomares, F. Sobrino, G. Alba // *Nutrients*. – 2023. – Vol. 15. № 1. – P. 224.
5. Banerjee A. Oleic acid prevents erythrocyte death by preserving haemoglobin and erythrocyte membrane proteins / A. Banerjee, T. Dey, R. Majumder, T. Bhattacharya, S. Dey, D. Bandyopadhyay, A. Chattopadhyay // *Free Radic Biol Med*. – 2023. – Vol. 202. – P. 17-33.
6. Banerjee A. Insights into the ameliorative effect of oleic acid in rejuvenating phenylhydrazine induced oxidative stress mediated morpho-functionally dismantled erythrocytes / A. Banerjee, T. Dey, A. K. Ghosh, S. Mishra, D. Bandyopadhyay, A. Chattopadhyay // *Toxicol Rep*. – 2020. – Vol. 7. – P. 1551-1563.
7. Plotnikov D. M. Evaluation of blood rheology by patients with acute ischemic stroke with Mexidol administration / D. M. Plotnikov, M. N. Stegmeier, O. I. Aliev // *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. – 2019. – Vol. 119. – № 3(2). – P. 76-82.
8. Hoque M. Oleic acid may be the key contributor in the BAMLET-induced erythrocyte hemolysis and tumoricidal action / M. Hoque, S. Dave, P. Gupta, M. Saleemuddin // *PLoS One*. – 2013. – Vol. 8(9). – P. e68390.
9. Pandey M. Erythrocyte membrane stearic to oleic acid ratio in carcinoma of the gallbladder: a preliminary study / M. Pandey, A. K. Khatri, S. S. Dubey, A. Gautam, V. K. Shukla // *European Journal of Surgical Oncology*. – 1998. – Vol. 24. – № 1. – P. 43-46.
10. Wood C. B. Increase of oleic acid in erythrocytes associated with malignancies / C. B. Wood, N. A. Habib, A. Thompson, H. Bradpiece, C. Smadja, M. Hershman, W. Barker, K. Apostolov // *Br Med J (Clin Res Ed)*: first published as 10.1136/bmj.291.6489.163 on 20 July 1985. – P. 163-165
11. Postik S. Rol' lipogennogo puti v razvitii steatoza pecheni / S. Postik, Dzh. Zhirar // *Diabet metab*. – 2008. — № 34 — S. 643-648.
12. Vladimirov Yu. A. Lektsii po meditsinskoj biofizike / Yu. A. Vladimirov, E. V. Proskurnina. — Moskva: Izd-vo MGU, 2007. — 432 s.
13. Titov V. N. Pal'mitinovaya, oleinovaya kisloty i ikh rol' v patogeneze ateroskleroza / V. N. Titov, A. M. Dygai, M. Yu. Kotlovskii, E. V. Kurdoyak, A. V. Yakimenko, I. Yu. Yakimovich, N. V. Aksyutina, Yu. V. Kotlovskii // *Byulleten' sibirskoi meditsiny*. – 2014. T. 13(5). – S. 149-159.
14. Lavrinenko V. A. Fiziologiya krovi dlya studentov KRI. Uch. metod. posobie / V. A. Lavrinenko, A. V. Babina. – Novosibirskii gosudarstvennyi universitet, 2015. – 116 s.
15. Mambrini G. Red Blood Cell Membrane Processing for Biomedical Applications / G. Mambrini, M. Mandolini, L. Rossi, F. Pierigè, G. Capogrossi, P. Salvati, S. Serafini, L. Benatti, M. Magnani // *International Journal of Pharmaceutics*. – 2017. – Vol. 517. – № 1-2. – P. 175-184.

16. Shabarov Yu. S. Organicheskaya khimiya: V 2-kh kn.: Tsiklicheskie soedineniya: Uchebnik dlya vuzov / Yu. S. Shabarov - Moskva: Khimiya, – 1994. – 848 s.
17. Artyukhov V. G. Praktikum po biofizike / V. G. Artyukhov, O. V. Basharina, G. A. Vashanov, E. A. Kalaeva, I. A. Lavrinenko, M. A. Nakvasina, O. V. Putintseva, M. S. Radchenko, S. G. Rezvan – Voronezh: Izdatel'skii dom VGU, 2016. – 313 s.
18. Baeva E. S. K voprosu diagnosticheskoi znachimosti fiziologicheskoi transformatsii eritrotsitov / E. S. Baeva, O. I. Tyunina, S. A. Pletneva, E. V. Dorokhov // Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala. – 2023. – T. 24, № 2(114). – S. 76-84.
19. Baeva E. S. Biofizicheskie i kliniko-diagnosticheskie osnovy morfofunktsional'noi organizatsii eritrotsitov : monografiya / E. S. Baeva, V. G. Artyukhov. – Voronezh : Voronezhskii gosudarstvennyi universitet, 2020. – 142 s.
20. Artyukhov V. G. Issledovanie spektral'nykh i khemilyuminestsentnykh svoistv eritrotsitov cheloveka v prisutstvii oleinovo i pal'mitinovoi zhirnykh kislot / V. G. Artyukhov, A. A. Kolbeshkina, M. A. Nakvasina, O. V. Putintseva // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya. – 2023. – № 3. – S. 59-65.