

УДК 612.172: 534.133.6

МОРФОДЕНСИТОМЕТРИЯ ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ИНФРАЗВУКА

Рослякова Е.М., Бисерова А.Г., Байжанова Н.С.

*Казахский Национальный Медицинский Университет им. С.Д. Асфендиярова,
модуль нормальной физиологии, Алматы, e-mail: fizi-57@mail.ru*

Проведено изучение эритроцитов – нормальных и измененных при действии инфразвука различной частоты. Инфразвук являясь фактором техногенного происхождения, несомненно, влияет на весь организм в целом и в частности на эритроциты реализуя свое действие через их мембрану. Морфоденситометрия показала, что практически все параметры эритроцитов претерпевают значительные изменения, но особенно форма и размер эритроцитов: Dx- показатель формы, Surface- площадь поверхности, Volume – объем, L_er – длина профиля эритроцита. Инфразвук частотой 1,3,7,9 Гц вызывает уменьшение Surface и Volume; 5 Гц повышает оба показателя; при 11 и 13 Гц увеличивается Surface и уменьшается Volume; при 15 и 17 Гц наоборот. Таким образом, изменение морфоденситометрических показателей эритроцитов может свидетельствовать о нарушении проницаемости эритроцитов в связи со структурно-функциональными изменениями мембран.

Ключевые слова: инфразвук, мембраны эритроцитов

MORFODENSITOMETRIYA ERYTHROCYTES UNDER INFRASOUND

Roslyakova E.M., Biserova A.G., Baizhanova N.S.

*Kazahsky National Medical University S.D. Asfendiyarov module normal physiology,
Almaty, e-mail: fizi-57@mail.ru*

The study of red blood cells – normal and altered by the action of different frequency infrasound. Infrasound being a factor of technogenic origin, of course, affects the whole body and in particular erythrocytes implementing its action through their membrane. Morfodensitometriya showed that almost all the parameters of red blood cells undergo significant changes, but especially the shape and size of red blood cells: Dx- form factor, Surface- surface area, Volume – volume, L_er – length profile of a red blood cell. Infrasound 1,3,7,9 Hz frequency causes a decrease in Surface and Volume; 5 Hz increases both indicators; at 11 Hz and 13 increases and decreases Surface Volume; at 15 and 17 Hz vice versa. Thus, changes in red blood cells morfodensitometricheskikh indicators may indicate a violation of the permeability of red blood cells due to structural and functional changes in the membrane.

Keywords: infrasound, erythrocyte membrane

По методике компьютерной телевизионной морфоденситометрии (КТМДМ) производилось изучение нормальных и измененных эритроцитов при действии инфразвук фактора разной частоты.

В большинстве случаев инфразвук (ИЗ) является фактором техногенного происхождения, оказывающий выраженное неблагоприятное действие на организм. Полного представления о характере специфического действия инфразвука на организм, о механизмах вызывающих изменения литературные материалы не дают. Вместе с тем довольно широко инфразвук начинает использоваться в качестве лечения (например, приборы ИФС-1). Среди гипотез о путях воздействия инфразвука, существует предположение, что первично повреждаются клеточные мембраны [3, 8], в наших исследованиях это было уже показано [6,7]. Поэтому нам представляется актуальным рассмотрение вопроса влияния инфразвука на состояние мембран эритроцитов более полноценно.

Цель исследования: Изучить морфоденситометрические параметры формы

эритроцитов по методике КТМДМ при действии инфразвука.

Материалы и методы исследования

Измерение параметров эритроцитов производилось с мазка крови, окрашенного по стандартной методике. Мазок крови готовился после облучения порции донорской крови ИЗ различной частоты в течение 15 минут. В качестве основы для расчета морфометрических параметров служила плоская проекция эритроцита, которая была описана такими параметрами, как площадь, объем, фактор формы, средняя оптическая плотность и др.

Результаты исследования и их обсуждение

Все показатели претерпевают значительные изменения. По нашему мнению в первую очередь следует обратить внимание на показатели, характеризующие форму и размер эритроцитов (Dx- показатель формы, Surface- площадь поверхности, Volume-объем, L_er – длина профиля эритроцита). Инфразвук частотой 1, 3, 7, 9 Гц вызывает уменьшение как Surface, так и Volume (рис. 1).

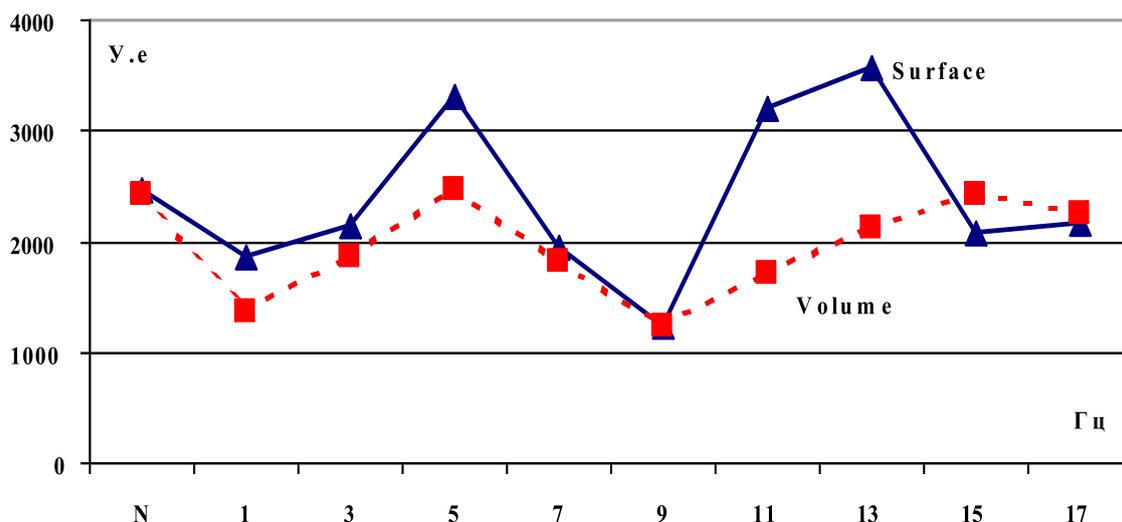


Рис. 1. Влияние инфразвука на площадь поверхности и объем эритроцитов. По оси ординат: величина показателя, условные единицы. По оси абсцисс: частота инфразвука, Гц

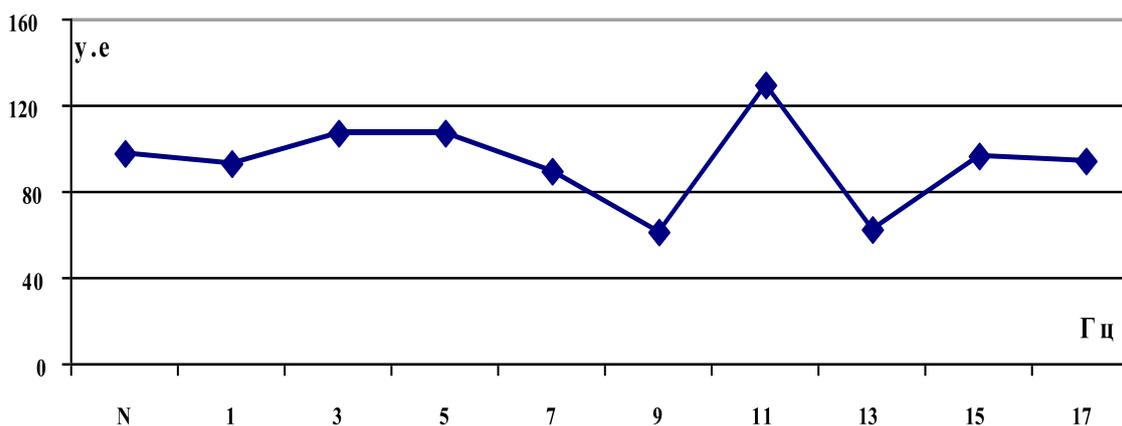


Рис. 2. Изменение профиля эритроцитов при действии инфразвука. По оси ординат: величина показателя, условные единицы. По оси абсцисс: частота инфразвука, Гц

Частота 5 Гц повышает оба показателя. При воздействии инфразвуковыми частотами 11 и 13 Гц увеличивается Surface и уменьшается Volume, а при 15 и 17 Гц наоборот, увеличивается Volume и уменьшается Surface. По результатам наших исследований при воздействии на донорскую кровь *in vitro* инфразвуком частотой 1-17 Гц происходит достоверное уменьшение Dх при частоте 17 Гц и 13 Гц и увеличение при частоте 15 Гц.

Анализ соотношения S/V обнаруживает, что только при действии частот 15 и 17 Гц эритроциты приобретают сферическую форму. Воздействие инфразвука частотой 1 Гц увеличивает данный показатель на 34,6%; 5 Гц на 44,5%; 7 Гц на 5,9%; 11 Гц

на 85,1%; 13 Гц на 52,4%; 9 Гц не изменяет соотношение S/V. Чем больше отношение площади поверхности эритроцита к его объёму, тем выраженнее его деформируемые свойства. Уменьшение отношения S/V свидетельствует об увеличении объема эритроцита при избыточном поступлении в эритроцит Na и воды, в результате чего он приобретает сферическую форму и становится менее деформируемым. Ухудшаются вязкостно-эластических свойств эритроцитов, благоприятствующие увеличению проницаемости эритроцитарной мембраны, что ведет к быстрому разрушению эритроцита [2]. Т.о. деформабильность является лимитирующим фактором продолжительности жизни эритроцита [4]. При воздействии

инфразвука частотами 1, 3, 5, 7, 11 и 13 Гц значительно повышается показатель S/V эритроцитов, что по нашему мнению не означает улучшение структурно-функциональных свойств эритроцитарной мембраны, а скорее наоборот, характеризует неблагоприятные изменения.

При этом длина профиля эритроцита (L_{eg}) меняется независимо от соотношения S/V (рис. 2). Так L_{eg} увеличивается при воздействии инфразвука частотой 3, 5, 11 Гц, а уменьшается при частоте 1, 7, 9, 13, 15, 17 Гц. Наибольшее удлинение профиля эритроцитов наблюдается при частоте 11 Гц, а наибольшее уменьшение при частоте 9 Гц.

Стабильность и деформабильность мембран эритроцитов во многом зависят от жесткости белковой сети цитоскелета, которую определяют межмолекулярные взаимодействия его белковых компонентов. Учитывая, что для исследования влияния инфразвука на мембраны эритроцитов брали периферическую кровь, и эксперимент проводился *in vitro*, то исследуемые эритроциты должны находиться в стабильном состоянии и не испытывать деформации. Сопоставление показателей L_{eg} и $Surface$ обнаруживает, что при влиянии инфразвука происходит изменение не только линейных размеров эритроцитов, но и площади поверхности.

Таким образом, можно полагать, что инфразвук оказывает на эритроциты *in vitro* воздействие, похожее на таковое при деформационном стрессе, когда возникающие при этом проявления выражаются в увеличении проницаемости мембран эритроцитов для ионов Ca^{++} (Larsen и соавт, 1981); также возрастает проницаемость мембран для K^+ и Na^+ . Одновременно с этим известен дозозависимый эффект проницаемости мембран эритроцитов для одновалентных катионов от величины усилия сдвига [5]. Так же согласно данным, рост проницаемости эритроцитов для катионов при деформационном стрессе объясняют уменьшением плотности упаковки липидного бислоя мембран, что увеличивает проницаемость эритроцитарной мембраны. В пользу этого предположения свидетельствует и то, что накопление гидроперекисей липидов в мембранах эритроцитов оказывает синергический эффект на увеличение проницаемости мембран для одновалентных катионов при деформационном стрессе [5].

В нашем случае эритроциты деформируются, находясь в стационарном состоянии,

т.е. *in vitro*, показывая изменение качественных характеристик мембран эритроцитов как стабильность и деформабильность. Определяющее значение для функционирования клетки имеют вязкостно-эластичные свойства мембраны, которые определяются, прежде всего, состоянием спектрино-актинового комплекса и его взаимодействием с другими структурными элементами мембраны [1]. Для поддержания нормальных физико-химических свойств мембраны необходима АТФ, которая необходима для создания физиологически оптимальной формы эритроцита. Определенное влияние на пластичность мембраны эритроцита оказывают и липиды. Снижение содержания АТФ в эритроците ведет к изменениям метаболизма липидов мембраны, увеличению уровня ацилглицеринов, что вызывает изменения формы и вязкостно-эластических свойств мембраны.

Выводы

Большинство факторов, влияющих на свойства эритроцитов, реализуют свое действие через их мембрану. Таким образом, изменение МДМ параметров эритроцитов при действии инфразвука свидетельствует о нарушении проницаемости эритроцитов, что связано со структурно-функциональными изменениями мембраны.

Список литературы

1. Ивенс И., Скейлак Р. Механика и термодинамика биологических мембран. – М.: Мир, 1982. – 257 с.
2. Каро К., Педли Т., Шротер Р. и др. Механика кровообращения – М.: Мир, 1981 – 624 с.
3. Колмаков В.Н., Свидовый В.И., Шлейкин А.Г. Влияние низкочастотных акустических колебаний и некоторые компоненты мембраны эритроцитов *in vitro*. // Гиг. Труда – 1984. – № 10. – С. 48–49.
4. Mohandas N., Chasis J.A., Shobet S.B. The influence of membrane skeleton on red cell deformability, membrane material properties, and shape // *Seminare in Hematology*. – 1983. – Vol. 20, № 3. – P. 225–242.
5. Ney P.A., Christopher M.M., Nebbel R.P. (1990) *Blood*, 75, 1192.
6. Рослякова Е.М., Бисерова А.Г., Байжанова Н.С. Состояние биологических свойств мембран эритроцитов *in vitro* под действием инфразвука // Журнал «Успехи современного естествознания». – 2015. – № 9 (часть 3). – С. 519–523.
7. Рослякова Е.М., Бисерова А.Г., Байжанова Н.С., Байболатова Л.М., Шайхынбекова Р.М. Сочетанное влияние инфразвука и биологически активных добавок на эритроцитарные мембраны // Журнал «Успехи современного естествознания». – 2015. – № 9 (часть 3). – С. 486–488.
8. Свидовый В.И. О механизме восприятия и действия инфразвука на организм экспериментальных животных и человека. // Гигиена и санитария. – 1987. – № 3. – С. 88–89.