

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ
НА РЕАКЦИЮ ОСЕДАНИЯ ЭРИТРОЦИТОВВ. А. ВАРДАНЯН, Ю. А. РАПЯН, А. К. ДЖИНГОЗЯН,
Г. А. ТОНОЯН, Н. В. АСРЯН, М. А. ПЛУЗЯН

Показано, что эритроциты обладают собственными магнитными моментами. На основании результатов опыта оценено значение магнитного момента отдельного эритроцита.

В литературе, посвященной влиянию магнитного поля на красную кровь, иногда делаются косвенные указания на наличие у эритроцитов магнитных свойств [6, 2]. В одной из ранних работ [1] нами было выдвинуто предположение, что кровь является ферромагнитной жидкостью и что эритроциты являются «доменами», обладающими собственными магнитными моментами. Хотя это предположение имеет довольно весомые предпосылки [1], оно должно быть проверено опытным путем.

Первые опыты по определению РОЭ в магнитном поле были приняты Могендовичем [4]. Подобные опыты ставились и в дальнейшем [3, 5]. Однако в них использовалось или однородное поле или же магнитное с таким малым градиентом, что зачастую влияние алиментарных факторов маскировало действие самого магнитного поля.

С целью окончательного решения этого вопроса мы поставили опыт, суть которого сводится к следующему.

На эритроцит с предполагаемым магнитным моментом μ , помещенный в неоднородное магнитное поле, будет действовать пондермоторная сила

$$F = \mu \text{grad } B. \quad (1)$$

Вследствие действия такой силы неоднородное магнитное поле будет оказывать на эритроциты всасывающее воздействие: они будут притягиваться в сторону сильного поля. Если градиент магнитного поля направлен в сторону или против движения эритроцитов под действием силы тяжести, то в первом случае они будут оседать быстрее, а во втором — медленнее, по сравнению со скоростью оседания в отсутствие магнитного поля.

Таким образом, суть сводится к определению РОЭ в неоднородном магнитном поле. Об эффективности влияния магнитного поля и, следовательно, о величине магнитного момента эритроцита можно судить

сравнивая значения скоростей оседания эритроцитов в присутствии магнитного поля и без него.

Материал и методика. В наших опытах использовалось неоднородное магнитное поле (НМП), которое образовалось между полюсами постоянного магнита. Неоднородность создавалась специальными наконечниками на полюсах постоянного магнита. Минимальное и максимальное значения напряженности, измеряемые милливеберметром М-119, соответственно равны 150 и 400 Э. Расстояние между полюсами—17,5 см. Согласно этим данным, средний градиент поля составляет 14,5 Э/см.

Для работы удобным оказался наконечник М-образной формы, уменьшающий напряженность у того полюса, к которому он приставлен. Таким образом, создавался градиент напряженности магнитного поля в одном случае в сторону, а в другом — против направления движения эритроцитов под действием силы тяжести.

Трубки Панченкова (3 трубки) с кровью помещались одновременно в магнитное поле и вне его (контроль).

Каждый час определялся уровень опускания эритроцитов. Ниже приведены типичные для этих опытов таблицы, в каждой из них даны усредненные результаты десяти произвольно выбранных опытов, за первый час после начала опыта, а также усредненные данные за сутки.

Результаты и обсуждение. Первая серия опытов проводилась в 1972—74 гг. с консервированной кровью различных групп, неразбавленной и разбавленной в разных вариантах. Эта серия опытов не выявила стабильной закономерности (табл. 1).

Таблица 1

Скорость оседания эритроцитов консервированной крови в магнитном поле и в отсутствие поля, мм/час

| Скорость оседания | Номер опыта | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------|-----|-----|-----|----|-----|-----|---|-----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Через час после начала опыта | | | | | | | | | | |
| Контроль | 6 | 12 | 3,5 | 1,5 | 10 | 1,5 | 5,5 | 7 | 3 | 11 |
| В магнитном поле | 10 | 7,5 | 3,5 | 2 | 6 | 2,5 | 7,5 | 3 | 3,5 | 4 |
| Через сутки | | | | | | | | | | |
| Контроль | 7 | 6 | 1,5 | 2 | 6 | 2,5 | 2 | 3 | 9 | 6 |
| В магнитном поле | 10 | 3,5 | 2,5 | 3 | 4 | 4,5 | 2,5 | 3 | 3,5 | 6 |

В 1974—1975 гг. нами была проведена вторая серия опытов со свежей кровью кролика, когда градиент напряженности магнитного поля был направлен вдоль (табл. 2) и против (табл. 3) направления движения эритроцитов под действием силы тяжести.

Как видно из табл. 2 и 3, неоднородное магнитное поле оказывает заметное влияние на РОЭ крови. Когда оно усиливается вверх по вертикали, РОЭ замедляется, т. е. эритроциты оседают медленнее по сравнению с контролем. Когда же усиливается вниз по вертикали, происходит обратное. Это означает, что эритроциты в магнитном поле ведут себя как магнитные диполи. А это прямо указывает на то, что они обладают магнитными моментами.

Скорость оседания эритроцитов свежей крови, когда градиент напряженности магнитного поля совпадает с направлением движения эритроцитов и в отсутствие поля, мм/час

| Скорость оседания | Номер опыта | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Через час после начала опыта | | | | | | | | | | |
| Контроль | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1 | 1 |
| В магнитном поле | 2 | 2 | 2 | 2 | 2,5 | 3 | 2 | 2,5 | 2 | 2 |
| Через сутки | | | | | | | | | | |
| Контроль | 2,5 | 2,5 | 2 | 2 | 2,5 | 2,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3 |
| В магнитном поле | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4 | 6 | 6 | 3,5 | 4,5 | 5 | 5 |

Таблица 3

Скорость оседания эритроцитов свежей крови, когда градиент напряженности магнитного поля направлен против движения эритроцитов и в отсутствие поля, мм/час

| Скорость оседания | Номер опыта | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Через час после начала опыта | | | | | | | | | | |
| Контроль | 3 | 1 | 1 | 1,5 | 2 | 2 | 1,5 | 2,5 | 3 | 2 |
| В магнитном поле | 1,5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1,5 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Через сутки | | | | | | | | | | |
| Контроль | 3,5 | 2,5 | 2,5 | 3 | 2,5 | 3 | 1,5 | 4 | 3 | 3 |
| В магнитном поле | 3 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 2 | 1,5 | 1 | 2,5 | 1,5 | 1,5 |

На упрощенной модели можно оценить величину собственного магнитного момента эритроцита. В первом приближении, приписывая эритроцитам шаровую форму, лобовое сопротивление можно определить по формуле Стокса. Учитывая также независимость Архимедовой силы и силы притяжения Земли от магнитного поля, можно записать:

$$6\pi\eta R_0(v_m - v_0) = \mu \frac{dH}{dx} \quad (2)$$

где v_m и v_0 — скорости оседания эритроцитов в присутствии магнитного поля и без него, соответственно, R_0 — радиус сферы, имеющей объем, равный объему эритроцита, η — вязкость среды (плазмы крови).

По известному градиенту поля и магнитному моменту можно вычислить разность скоростей оседания $\Delta v = v_m - v_0$ и, наоборот, по известному градиенту и разности скоростей можно определить магнитный момент отдельного эритроцита, μ . Разность скоростей, по данным наших опытов, в среднем равна одному миллиметру в час, что составляет примерно $2,8 \cdot 10^{-5}$ см/сек. Принимая объем эритроцита равным 100 мк^3 ,

мы получаем для R_0 значение 3 мк. Считая далее вязкость плазмы равной вязкости крови $\tau = 5 \cdot 10^{-2}$ пуаз, а градиент поля равным 15 Э/см, мы получаем на основании формулы (2) следующее значение для магнитного момента отдельного эритроцита:

$$\mu = 5 \cdot 10^{-10} \frac{3 \text{ рГ}}{\text{Э}} = 5 \cdot 10^{11} \text{ маг. Бора.}$$

По всей вероятности, наряду с другими характеристиками крови магнитные моменты эритроцитов также находятся в функциональной зависимости от патологических изменений организма. Очень важным является заключение о том, что при консервации также происходят изменения магнитных свойств эритроцитов, глубина которых зависит от степени и условий консервации.

Ереванский медицинский институт

Поступило 30. X. 1978 г.

**ԷՐԻՏՐՈՑԻՏՆԵՐԻ ՆՍՏԵՅՄԱՆ ՌԵԱԿՑԻՍԻ ՎՐԱ
ՄԱԿՆԻՍԱԿԱՆ ԴԱՇՏԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՀԱՐՑԻ ՄԱՍԻՆ**

Վ. Հ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Յ. Ա. ՌԱՓՅԱՆ, Ա. Կ. ԺԻՆԳՈՅԱՆ, Գ. Ա. ՏՈՆՈՅԱՆ,
Ն. Վ. ԱՐԵՅԱՆ, Մ. Ա. ՊԼՈՒԶՅԱՆ

Տեսական դատողություններով և փորձնականորեն ապացուցվել է, որ էրիտրոցիտներն օժտված են սեփական մագնիսական մոմենտով: Ընդ որում, էրիտրոցիտների մագնիսական մոմենտը, հավանաբար, ինչպես և արյան մյուս բնութագրերը, գտնվում են կենդանի օրգանիզմի ախտաբանական փոփոխություններից ֆունկցիոնալ կախման մեջ: Արյան կոնսերվացման ժամանակ տեղի է ունենում էրիտրոցիտների մագնիսական հատկությունների փոփոխություն, որի խորությունը կախված է կոնսերվացման աստիճանից և պայմաններից:

Պարզեցված մոդելի և փորձերի արդյունքների հիման վրա գնահատված է առանձին էրիտրոցիտի մագնիսական մոմենտի արժեքը:

**MAGNETIC FIELD INFLUENCE ON ERYTHROCYTE
SETTLING REACTION**

V. H. VARTANIAN, Y. A. RAPIAN, A. K. DJINGOZIAN,
G. A. TONOYAN, N. V. ASRIAN, M. A. PLUZIAN

It has been shown that erythrocytes have their own magnetic moments. On the basis of experimental results the magnetic moment value of individual erythrocytes has been estimated.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Варданян В. А. Сб. Магнитное поле в медицине. Фрунзе, 1974.
2. Дружинин Л. А. Мат-лы чтения секции физики МОИП, посвященных памяти проф. А. Л. Чижевского, февраль, 1965.
3. Козлова Л. Н., Козлова М. М. Мат-лы I Всесоюзн. симп., М., 1971. с. 52—57.
4. Могендович М. Р., Шестернева О. С. Биологическое и лечебное действие магнитного поля. 61, Молотов, 1948.
5. Музалевская Н. И., Шушков Г. Д. Мат-лы I Всесоюзн. симп., 143—147, М., 1971.
6. Чижевский А. Л. Электрические и магнитные свойства эритроцитов. Киев, 1971.