ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LXXXII 1986 4

УДК 577.252.5:577.354

БИОФИЗИКА

С. Н. Айрапетян, Р. А. Бегларян, Х. В. Григорян,
Х. В. Стамболцян, Р. С. Арутюнян, Л. Е. Григорян

О механизме действия магнитного поля на удельную электропроводность воды и осмотические свойства нервной клетки улитки

(Представлено академиком АН Армянской ССР Б. В. Фанарджяном 18/XI 1985)

В последние годы внимание исследователей все больше привлекает чувствительность биообъектов к действию магнитного поля (МП). Магниточувствительностью обладают все биообъекты начиная с одноклеточных и кончая многоклеточными организмами ([1]). Однако до настоящего времени молекулярные механизмы, лежащие в основе магниточувствительности биообъектов, остаются загадочными.

Очевидным представляется тот факт, что наиболее чувствительными к действию МП оказываются те вещества, которые в своей структуре содержат неспаренные электроны, спин которых подвержен действию МП. Таким веществом является вода, которая составляет основную часть (60—80%) внутриклеточной и внеклеточной сред и в которой разыгрываются основные жизненные процессы клетки.

Наряду с этим, как показано предыдущими нашими работами, транспорт воды через клеточную мембрану, который регулируется работой электрогенного натриевого насоса ([2]), существенным образом меняет функциональную активность мембраны как путем изменения поверхности мембраны ([3]), так и непосредственно активацией и инактивацией ионных каналов, ответственных за генерацию потенциалов действия в возбудимых клетках.

Из вышесказанного следует, что исследование механизмов действия МП на физико-химические свойства воды, с одной стороны, и влияния омагниченной воды на осмотические свойства клетки, с другой стороны, приблизит нас к пониманию интимных механизмов, лежащих в основе магниторецепции живых организмов. О механизме действия МП на физико-химические свойства воды судили по изменению удельной электропроводности воды (УЭ) под действием МП. Магнитную обработку воды проводили при напряженности МП 6000—7500 Эрстед способом пропускания воды (со скоростью 1,5 м/с) через полиэтиленовую трубку, помещенную в соленоид магнита. Удельную электропроводность воды определяли по общепринятой методике ([4]), применяя ток с частотой 3000 Гц. Непрерывную регистрацию объема клетки осуществляли методикой, описанной ранее ([5]).

Известно, что под действием МП возрастают вязкость, плотность и поверхностное натяжение воды ([6]). Как видно из таблицы, при дей-

Удельная электропроводность воды и водных растворов при контрольных (без магнитного поля) и экспериментальных (магнитное поле напряженностью 6000—7500 Эрстед) условиях

Вещество	Удельная электропроводность, 10^{-6} Ом$^{-1}$ см$^{-1}$	
	Контроль	Опыт
Деионизированная вода	0,27	5,76
Дистиллированная вода	0,32	4,32
Питьевая вода	0,37	1,86
Тяжелая вода	0,26	0,38
Раствор Рингера	55,42	231,26
Раствор хлористого калия—5%	89,56	91,34
Раствор хлористого калия—0,001%	72,74	88,52
Раствор хлористого натрия—5%	83,22	88,43
Раствор хлористого натрия—0,001%	70,32	86,73

ствии МП существенным образом увеличивается также электропроводность воды. Для выяснения механизма действия МП на УЭ воды было исследовано действие МП на УЭ моно- и бидистиллированной, питьевой воды, электролитов (растворы хлористого натрия и калия) и тяжелой воды. Оказалось, что действию МП наиболее подвержена УЭ деионизированной и бидистиллированной воды и по мере увеличения содержания ионов в водных растворах их УЭ становится менее чувствительной к действию МП. При 5%-ном растворе KCl и NaCl УЭ раствора становится почти нечувствительной к действию МП. Интересно отметить, что длительность сохранения эффекта МП на УЭ раствора также зависит от концентрации в нем ионов: повышенная электропроводность бидистиллированной воды после ее омагничивания может сохраняться днями, тогда как у электролитов исчезает через 10—15 мин при 22° (для обычной питьевой воды и физиологического раствора). Этот процесс намного быстрее протекает у электролитов при вариации температуры среды. УЭ тяжелой воды в значительной степени менее чувствительна к действию МП, чем УЭ обычной воды (см. таблицу).

Известно, что электропроводность воды обусловлена наличием в ней H_3O^+ и OH^- ионов (4). Следовательно, приведенные выше данные о том, что под действием МП увеличивается УЭ воды, свидетельствуют об увеличении количества отмеченных ионов в воде. Наряду с этим также показано, что молекулы воды благодаря своим дипольным свойствам, водородным связям связаны с соседними молекулами и среднее расстояние между атомами кислорода варьирует в пределах от 0,276 до 0,305 нм в зависимости от температуры (5, 7). По мере увеличения этого расстояния увеличивается степень диссоциации молекул воды (7), следовательно и ее УЭ. В случае же тяжелой воды расстояние между кислородными атомами (0.....0) составляет всего 0,240 нм и протон практически оказывается в центре; следовательно степень диссоциации воды минимальная (7).

Потенцирующий эффект МП на УЭ воды, по-видимому, можно объяснить следующим образом: методом оптической спектроскопии и рентгеноструктурного анализа установлено, что валентный угол связи Н—О—Н составляет 104,5°, тогда как для Д—О—Д—90°. Такое различие объясняется отталкиванием кулоновскими взаимодействиями атомов во-

дорода и стремлением неспаренных электронов атома кислорода оттолкнуть спаренные электроны. Поскольку спин неспаренных электронов подвержен действию МП и оба неспаренных электрона в атоме кислорода имеют одинаковые (синглетные) направления, то при действии МП можно ожидать увеличения валентного угла, что и приводит как к увеличению степени диссоциации молекул воды, так и к изменению ее нативной структуры. Подтверждением этого предположения могут служить данные относительно малоэффективности МП на УЭ тяжелой воды и электролитов, так как в случае тяжелой воды спиновые взаимодействия оказываются малоэффективными из-за высокой массы дейтериума, а в случае растворов электролитов, по-видимому, взаимодействие ионов с молекулами воды настолько сильнее, что под действием МП изменение спин-спинового взаимодействия существенным образом не может изменять структуру воды, как это имеет место при случае чистой воды. Очевидно, что вышеуказанный вывод можно рассматривать лишь как рабочую гипотезу для более детальных исследований.

Поскольку структура воды существенным образом определяет скорость многих жизненных процессов клетки, то естественно предположить, что в основе механизма действия МП на разные биофизические и биохимические процессы клетки существенную роль может играть именно изменение структуры воды под действием МП.

Предыдущими нашими работами было показано, что число функционально активных белковых молекул (ионные каналы, ферменты и хеморецепторы), обусловливающих функциональную активность мембраны, в значительной мере зависит от поверхности мембраны, а последняя определяется осмотическими градиентами на мембране ([8–10]). Так как под действием МП происходит изменение структуры воды, то можно ожидать и соответственного изменения проницаемости мембран для воды. Для проверки данного предположения в следующей серии наших экспериментов мы исследовали действие омагниченной воды на объем изолированного нейрона виноградной улитки. Как видно из рисунка, под действием омагниченного физиологического раствора об-

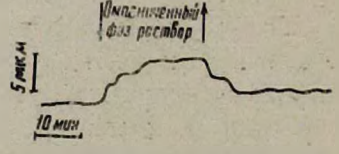

Рис. 1. Действие омагниченного физиологического раствора на объем нейрона улитки Helix.

ратимым образом увеличивается объем нервной клетки улитки. Следовательно, на основе вышеприведенных данных можно думать, что увеличение объема нейрона под действием омагниченной воды сопровождается увеличением числа функционально активных белковых молекул на мембране, т. е. имеет место увеличение ферментативных, хеморецептивных и возбудимых свойств клетки.

Таким образом, сопоставление полученных в настоящей работе данных об увеличении электропроводности воды и набухании клеток под действием МП с предыдущими данными об объем-зависи-

мости функциональной активности клеток позволяет прийти к заключению о том, что обнаруженные факты могут играть существенную роль в определении магниточувствительности живых организмов. Очевидно, что этот вывод может быть окончательным только после детального исследования действия МП на хеморецептивные, возбудимые и ферментативные свойства мембраны.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Армянской ССР
Ереванский зоотехническо-ветеринарный институт
Ереванский государственный университет

Ս. Ն. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ի. Ս. ԲԱԴԱԼՅԱՆ, Խ. Վ. ԴՐԻԳՈՐՅԱՆ,
Խ. Վ. ՍՏԱՄԲՈԼՑՅԱՆ, Ի. Ս. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Լ. Ե. ԴՐԻԳՈՐՅԱՆ

Ջրի տեսակարար էլեկտրահաղորդականության և խոնջի նյարդային բջջի օսմոտիկ հատկությունների վրա մագնիսական դաշտի ազդեցության մեխանիզմի մասին

Ուսումնասիրված են ջրի էլեկտրահաղորդականության և խոնջի առանձնացված նյարդային բջջի ծավալի կախվածությունը մագնիսական դաշտից։

Ջրի և տարբեր ջրային լուծույթների, ինչպես նաև ծանր ջրի էլեկտրահաղորդականության փոփոխությունը չափելու համար դրանք ենթարկվել են 6000—7000 էրստեդ լարվածությամբ մագնիսական դաշտի ազդեցության։ Պարզվել է, որ մագնիսական դաշտի ազդեցությանն առավել ենթակա են կրկնակի թորված ջուրը և ապաիոնացված ջուրը։

Նյարդային բջջի օսմոտիկ հատկությունների կախվածությունը մագնիսական դաշտից որոշվել է Ռինգերի լուծույթը նախապես նույն լարվածության մագնիսական դաշտում պահելով և հետո այդ լուծույթի ազդեցությունը բջջի ծավալի վրա դրանցելով։ Այդ փորձը ցույց է տալիս, որ բջիջը այդ պայմաններում ուռչում է։

Սույն ուսումնասիրությունը թույլ է տալիս եզրակացնել, որ հայտնաբերված փաստերը կարող են կարևոր դեր խաղալ կենդանի օրգանիզմների մագնիսազգայնությունը որոշելու համար։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *J. L. Gould*, Ann. Rev. Physiol., v. 46, p. 585—98 (1984). [2] *С. Н. Айрапетян, М. А. Сулейманян*, Биофизика, т. 24, с. 263 (1979). [3] *S. N. Ayrapetyan*, Adv physiol. Sci., v. 23, c. 67—82 (1980). [4] *Л. И. Герасимов* и др., в кн.: Курс физической химии, Химия, М., 1966. [5] *С. Н. Айрапетян, Х. В. Стамболцян*, ДАН СССР, т. 278, p. 1238—1240 (1984). [6] *И. А. Классен*, в кн.; Омагничивание водных систем, Химия, М., 1982. [7] *Ч. Коулсон*, в кн: Валентность. Мир, М., 1965. [8] *S. N. Ayrapetyan, M. A. Suleymanyan*, Comp. Biochem. Physiol., v. 64A, p. 571—575 (1979). [9] *S. N. Ayrapetyan, V. L. Arvanov*, Comp. Biochem Physiol., v. 64A, p. 601—604 (1979). [10] *С. Н. Айрапетян, Г. Е. Рычков*, ДАН СССР, т. 285, № 6, с. 1464—1467 (1985).