Э. Г. ЗАХАРЯН

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ФАГОЦИТАРНУЮ СПОСОБНОСТЬ Р.-Э. СИСТЕМЫ

Вопрос о направленном изменении иммунобиологической реактивности организма представляет исключительно практический интерес. В настоящее время возникновение, развитие и исход различных патологических процессов ставится в строгую зависимость как от характера и силы действия болезнетворного агента, так и от реактивности организма вообще и иммунобиологической реактивности р.-э. системы в частности.

Изучение влияния различных факторов внешней среды, и в том числе электрического тока, на р.-э. систему может создать не только научные основы для направленного изменения общей иммунобиологической реактивности организма, но и откроет реальные возможности для эффективной борьбы с различными вредоносными агентами. Имеются скудные литературные сведения только в отношении действия переменного тока на поглотительную функцию р.-э. системы. Причем большинство авторов считает, что слабое электрическое раздражение стимулирует, а сильное—подавляет фагоцитарную способность р.-э. системы [5, 6, 10, 13, 14].

Что же касается влияния постоянного тока на р.-э. систему, то сведений об этом совершенно нет. Этот пробел тем более существен, если учесть, что широкому применению постоянного электрического тока в клинической и экспериментальной практике способствовала главным образом его способность направленно воздействовать на реагирующие субстраты [1—4, 8, 9, 11, 12].

Исходя из вышеизложенного, в настоящей работе мы задались целью выяснить в сравнительном аспекте влияние постоянного и переменного электрического тока на фагоцитарную способность р.-э. системы.

Методика исследований. Опыты ставились на линейных белых крысах—самцах (150—200 г) и кроликах (2,0—2,5 кг). Состояние фагоцитарной способности р.-э. системы у них изучалось методом конгорот-пробы по Адлеру и Рейману в модификации Э. Д. Степаняна [15]. Сущность постановки конгорот-пробы у крыс заключалась в том, что фиксированному на специальном станке животному внутривенно (*v. dorsalis penis*) инъецировали 0,2% раствор конгорота в дозе 0,4 мл/100 г. Затем через 4 и 30 мин после впрыскивания красителя пункцией сердца брали две порции крови. После отстаивания крови и ее центрифугирования из окрашенной в конго красный цвет сыворотки брали по 0,1 мл и добав-

ляли к 1 мл 0,45 N раствора соляной кислоты. Окрашенная в конго красный цвет сыворотка в кислой среде тут же переходила в конго синий. Этим устранялась возможность искажения показаний колориметрирования в случае присутствия в сыворотке следов гемолиза. Концентрация красителя в сыворотке крови определялась фотометрически на ФЭК-Н-57. Процентное соотношение содержания красителя во второй к первой порции крови выражалось конгорот-индексом. Повышение индекса указывало на подавление, а понижение его—на стимуляцию фагоцитарной способности р.-э. системы.

Конгорот-индекс у кроликов определяли путем инъекции в вену уха 1% раствора красителя в дозе 0,2 мл/кг. Спустя 4 и 15 мин после этого из противоположной вены уха получали две порции окрашенной крови и в них, как и у крыс, устанавливали фагоцитарный индекс. Кратковременное (15 мин) определение фагоцитоза позволяло ставить на одних и тех же кроликах конгорот-пробу дважды с часовым интервалом. Причем конгорот-индекс, установленный первично, служил нормой в отношении вторичного.

Помимо изучения поглотительной способности р.-э. системы, в отдельных исследованиях на крысах изучалось также состояние местного фагоцитоза при помощи кожной пробы с трипановой синью, по Р. Е. Кавецкому.

Электрическое раздражение подопытных животных производилось переменным и постоянным токами. Причем переменный получали от городской сети, а источником постоянного тока служил электростимулятор АСМ-3. Свинцовые электроды размером 3×3 см для крыс и 6,5×3 см для кроликов накладывались на различные участки бесшерстной поверхности тела. Для лучшего проведения электротока и во избежание термических поражений под электроды подкладывалась фильтровальная бумага, периодически смачиваемая физиологическим раствором. Один из электродов чаще фиксировался в области глазниц, другой—на латеральной поверхности бедра. Подобным расположением электродов создавались наилучшие условия для проникновения электрического тока в головной мозг [7, 16]. Раздражение животных постоянным током производили в течение 15—20 мин, а переменным—3—5 мин. Сообразно с задачами исследования было поставлено 17 серий опытов.

Результаты исследований. Приступая к исследованиям влияния электрического раздражения на иммунобиологическую функцию р.-э. системы, прежде всего следовало выяснить особенности действия постоянного и переменного тока на организм, ибо только после этого можно будет путем сравнения избрать один из видов электрического тока для подробного и всестороннего его изучения.

Поскольку постоянный ток нашел широкое применение в экспериментальной и клинической практике благодаря, главным образом, его направленному влиянию на реагирующие субстраты, то нужно было также выяснить значение нисходящих и восходящих токов в эффектах их действия на фагоцитарную способность р.-э. системы. Далее, учиты-

вая зависимость конечного биологического эффекта не только от характера, но и силы действующего раздражителя, необходимо было еще установить влияние силы тока на фагоцитоз.

Для выяснения значения направленности и силы действия постоянного тока на фагоцитарную способность р.-э. системы были поставлены четыре серии опытов. Из результатов опытов, приведенных в табл. 1, видно, что раздражение крыс постоянным током различного направления в дозе 0,2мА (1-ая серия) не вызывает каких-либо изменений в фагоцитарной реакции. В тех же условиях электрораздражение силой 2мА (2-ая серия) вызывает тенденцию к стимуляции фагоцитоза при нисходящем токе (анод на затылке, катод на пояснице) и не изменяет его при восходящем (катод на затылке, анод на пояснице). Здесь мы впервые столкнулись со значением направленности постоянного тока в эффектах его действия на фагоцитарную способность р.-э. системы. Уже в этих опытах обнаружилось, что изменение направления тока вызывает в биологических эффектах лишь количественные сдвиги, а именно, анодизация затылочной области головы оказывала более сильное влияние на фагоцитоз, нежели катодизация его (табл. 1).

Таблица 1

Изменения фагоцитарной способности р.-э. системы у крыс в зависимости от направленности и силы действия постоянного электрического тока

Серии	Количество животных	Расположение		Сила тока (мА)	Конгорот-индекс	
		анода	катода		норма	опыт
1	6	затылок	поясница	0,2	46±3,1	48±1,8
	6	поясница	затылок	0,2		50±2,3
2	6	затылок	поясница	2,0		40±3,3
	6	поясница	затылок	2,0		50±1,6
3	6	глазница	поясница	2,0		58±2,7
	6	поясница	глазница	2,0		65±2,2
4	6	глазница	бедро	2,0		38±3,1
	6	бедро	глазница	2,0		45±2,9

Установив влияние направленности и силы постоянного тока на фагоцитоз, в дальнейшем мы пытались выяснить значение места приложения электрического раздражения.

Нас по-прежнему интересовала область головы, раздражением которой мы надеялись получить наиболее четкие изменения в фагоцитозе. В этой связи мы обратили внимание на высказывания отдельных авторов, считавших, что область глазниц в силу ее анатомического строения в значительной мере способствует проникновению электрического тока в головной мозг [7, 16]. Учитывая это обстоятельство, в опытах 3-й серии электроды прикладывались в области глазниц. Перенос электродов с затылка к глазницам вызвал резкое подавление фагоцитоза—сильнее при катодизации, чем анодизации (табл. 1). Значительное подавление

фагоцитоза в данных опытах, по сравнению с опытами 2-й серии, являются веским доказательством того, что область глазниц на самом деле способствует проникновению электрического тока в головной мозг. Но поскольку резкое угнетение фагоцитоза наступило при наложении электродов в области глазниц и поясницы, то можно было бы допустить, что этот эффект обуславливается как лучшим проникновением электрического тока к головному мозгу, так и раздражением надпочечников. Это допущение основано на близости расположения одного из электродов к надпочечникам, а также многочисленными литературными данными, свидетельствующими об угнетающем влиянии надпочечников на фагоцитарную способность р.-э. системы. Чтобы исключить влияние надпочечников, электроды в опытах 4-й серии прикладывались к глазницам и латеральной поверхности бедра. Результаты опытов, приведенные в табл. 1, показывают, что при раздражении нисходящим током фагоцитоз четко стимулируется и практически не меняется при восходящем токе.

Таким образом, выяснилось, что угнетение фагоцитоза в опытах 3-й серии зависит не столько от находящегося в области глазниц электрода, сколько от расположенного в области надпочечников.

Определив участки тела, при раздражении которых постоянным током вызываются четкие изменения в фагоцитозе, в дальнейшем необходимо было выяснить значение фактора времени после действия на организм постоянного тока с различной силой. С этой целью на белых крысах было поставлено три серии опытов. Из показателей, отраженных в табл. 2, явствует, что спустя 10 мин после раздражения крыс нисходящим током (5-ая серия) фагоцитоз несколько возбуждается, а при действии восходящего тока совершенно не изменяется. Однако через 3 часа после действия как нисходящего, так и восходящего токов фагоцитоз резко стимулируется. Результаты этих опытов не только подтвердили данные, полученные в опытах 4-й серии, но и показали, что через 3 часа после электрического раздражения в дозе 2мА фагоцитоз активизируется независимо от первоначального направления постоянного тока.

Наличие количественной разницы в фагоцитарной реакции в ранние сроки после действия постоянного тока и отсутствие его в поздние еще не указывало на несоответствие между направлением тока и биологическим эффектом. Складывалось впечатление, что изменение фагоцитарной способности р.-э. системы под воздействием постоянного электрического раздражителя зависит не столько от направленности тока, сколько от силы его. Это впечатление подкреплялось также данными, полученными в опытах 6-й и особенно 7-й серий. Из табл. 2 видно, что спустя 10 мин после гальванизации крыс в дозе 6мА (6-ая серия) фагоцитоз при нисходящем токе не нарушается, а при восходящем—заметно подавляется. Спустя 3 часа после электрораздражения фагоцитоз возбуждается независимо от направления постоянного тока.

Наиболее убедительно ведущее значение силы тока в эффектах его действия на фагоцитоз подтверждают результаты опытов 7-й серии (табл. 2). В этих опытах через 10 мин после электрического раздраже-

Таблица 2

Изменения фагоцитарной способности р.-э. системы у крыс и кроликов при различных воздействиях постоянного и переменного электрического тока

Серия	Вид животных	Количество животных	Расположение		Сила тока, (мА)	Конгорот-индекс			
			анода	катода		Норма	через		
							10 мин	3 час	
	Крысы					46±3,1			
Постоянный ток									
5		10	глазница	бедро	2,0		38±2,3	26±3,1	
		10	бедро	глазница	2,0		45±2,5	28±2,5	
6		12	глазница	бедро	6,0		42±3,2	32±1,5	
		12	бедро	глазница	6,0		57±3,1	35±2,1	
7		6	глазница	бедро	8,0		54±4,3	47±2,1	
		6	бедро	глазница	8,0		45±4,2	43±1,9	
8	Кролики	4	глазница	бедро	2,0	65±1,1	72±2,9	—	
		4	бедро	глазница	2,0		77±1,5	—	
9		4	глазница	бедро	6,0		69±3,1	—	
		4	бедро	глазница	6,0		75±2,5	—	
10		4	глазница	бедро	20,0		73±1,6	—	
		4	бедро	глазница	20,0		71±1,6	—	
Переменный ток									
11	Крысы	8	глазница	бедро	2,0	46±3,1	33±3,2	29±1,5	
12		12	глазница	бедро	6,0		35±1,0	24±1,4	
13	Кролики	3	глазница	бедро	2,0	65±1,1	68±2,8	—	
14		3	глазница	бедро	6,0		80±3,4	—	

ния крыс в дозе 8мА фагоцитоз подавляется как при нисходящем, так и при восходящем токе, с нормализацией его к 3 часам. Любопытно, что в данных опытах (7-ая серия) первоначальное состояние фагоцитоза позднее не переходило в стимуляцию, как это наблюдалось в прежних опытах (5 и 6-й серий). Отсюда, вероятно, раздражение крыс в дозе 2 и 6мА в отношении фагоцитоза является стимулирующим, а в дозе 8мА—угнетающим.

Выявив определенные закономерности в действиях постоянного тока на фагоцитарную способность р.-э. системы крыс, несомненно, интересно проверить их на кроликах. Рассматривая фактический материал, приведенный в табл. 2, нетрудно заметить, что после электрического раздражения кроликов в дозе 2 и 6мА (8 и 9-й серий) фагоцитоз в общем подавлен, с той, однако, разницей, что при раздражении нисходящими токами фагоцитоз угнетается несколько слабее, чем при восходящем. Это количественное различие, еще как-то зависящее от направления тока, полностью стиралось при электрическом раздражении кроликов в дозе 20мА (10-ая серия). В последнем случае фагоцитоз подавляется одинаково как при нисходящем, так и восходящем токах.

Сравнивая результаты опытов на кроликах с таковыми, добытыми на крысах, можно подметить и сходства и различия между ними. Сходятся они в том, что нисходящий ток оказывает на фагоцитарную спо-

способность р.-э. системы более умеренное воздействие, нежели восходящий. Различаются же по интенсивности ответной реакции на одну и ту же дозу электрического раздражения: кролики на электрораздражения реагируют сильнее, чем белые крысы. Поэтому, вероятно, фагоцитоз у кроликов угнетается, а у белых крыс стимулируется при раздражении их электрическим током в 2 и отчасти 6мА. Подробный анализ изложенных результатов убеждает нас в том, что общий биологический эффект определяется не столько направленностью постоянного тока, сколько силой его воздействия на организм. Однако для окончательного экспериментального обоснования следовало при прочих равных условиях испытать и влияние переменного тока на фагоцитарную способность р.-э. системы белых крыс и кроликов, что и было сделано в последующих четырех сериях опытов: две серии (11 и 12-я) ставились на белых крысах, две (13 и 14-я) — на кроликах.

Спустя 10 мин и особенно 3 часа после раздражения крыс переменным током в дозе 2 и 6мА фагоцитоз прогрессивно стимулируется (табл. 2). Иные результаты обнаруживаются в опытах на кроликах. В самом деле, раздражение кроликов переменным электрическим током в 2мА (13-я серия) не изменяло, а в 6мА (14-я серия) резко подавляло фагоцитоз. Сопоставляя данные, полученные при испытаниях переменного и постоянного тока, бросается в глаза удивительное их сходство. Опираясь на это, можно с достаточным основанием вновь подтвердить обусловленность эффекта действия гальванизации на фагоцитоз скорее силой тока, чем его направленностью. Да и трудно было бы допустить противоположное, если учесть, что конгорот-проба определяет фагоцитарную способность всей р.-э. системы. Электрические же раздражения, будь то постоянный или переменный ток, оказывают на организм общее воздействие; тотальное воздействие постоянного тока на организм не исключает, а предполагает его местное влияние. В целом нам представляется, что постоянный ток оказывает общее воздействие на организм, не столько зависящее от направленности тока, сколько от силы его.

В то же время участки тела, находящиеся непосредственно под электродами, изменяются, по-видимому, в тесной связи с движением тока. Очевидно, переменный и постоянный токи, действуя на организм в эквивалентных силовых единицах, вызывают общие однозначные изменения, с той, однако, разницей, что под электродами постоянного тока биологические сдвиги происходят в зависимости от направленности тока, что не констатируется при воздействии переменного. Для доказательства того, что непосредственно под электродами постоянного тока функциональные изменения наступают в зависимости от его направления, мы прибегли к определению внутрикожного фагоцитоза по Р. Е. Кавецкому (табл. 3). Исследования проводились на белых крысах в трех сериях. Обращаясь к их результатам, приведенным в табл. 3, легко заметить, что спустя 24 часа после раздражения постоянным током в 2 и 6мА, внутрикожный фагоцитоз непосредственно под анодом не изменяется, а под катодом резко активируется (15 и 16-я серии). Иной результат

Т а б л и ц а 3
Изменения внутрикожного фагоцитоза, находящегося под непосредственным воздействием постоянного электрического тока:

Серия	Количество животных	Условия опыта	Сила тока, мА	Внутрикожный коэффициент
		Норма		$6,6 \pm 1,1$
15	4	под анодом под катодом	2,0	$5,6 \pm 0,3$ $8,0 \pm 1,0$
16	4	под анодом под катодом	6,0	$6,1 \pm 0,5$ $9,4 \pm 1,2$
17	4	под анодом под катодом	20,0	$1,5 \pm 0,7$ $11,1 \pm 0,5$

обнаруживается при раздражении крыс постоянным током в дозе 20 мА (17-я серия). В последнем случае фагоцитоз под анодом заметно подавляется, а под катодом, напротив, четко возбуждается. Подытоживая вышеизложенное, можно заключить, что фагоцитарная способность элементов р.-э. системы кожи, находящихся под воздействием постоянного тока, изменяется не столько в зависимости от силы, сколько от его направления.

Как видно, полученные результаты не только приближают нас к познанию сущности биологического действия электрического тока на организм, но и могут служить эффективным средством для направленного изменения общей иммунобиологической реактивности р.-э. системы.

Зоологический институт
АН АрмССР

Поступило 25.VI 1968 г.

Է. Գ. ԶԱՔԱՐՅԱՆ

ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՀՈՍԱՆՔԻ ԱԶԳԵՅՈՒԹՅՈՒՆԸ Ռ-Է ՄԻՍՏԵՄԻ ՖԱԳՈՑԻՏԱՐ ԸՆԴՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ:

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Տվյալ աշխատության մեջ ուսումնասիրվել է օրգանիզմի ընդհանուր իմունորբիոլոգիական ռեակտիվության նպատակասլաց փոփոխության հարցը՝ սպիտակ առնետների և ճագարների ու— է սիստեմի ֆագոցիտար ընդունակության վրա էլեկտրական հոսանքի (հաստատուն և փոփոխական) ազդեցության միջոցով:

Ուսումնասիրության արդյունքներից պարզվում է, որ հաստատուն հոսանքի միջոցով ու— է սիստեմի ֆագոցիտար ընդունակության փոփոխումը կախված է ոչ այնքան հոսանքի ուղղությունից, որքան նրա ուժից:

Դրա հետ մեկտեղ մաշկի ու—է սիստեմի՝ անմիջապես հաստատուն հոսանքի ազդեցության տակ գտնվող էլեմենտների ֆազոցիտար ընդունակությունը, ընդհակառակը, կախված է մեծ մասամբ հոսանքի ուղղությունից, քան թե նրա ուժից, պարզվեց, որ տարբեր ընություն, բայց միանման ուժ ունեցող էլեկտրական հոսանքները առաջացնում են միատիպ փոփոխություններ ու—է սիստեմի կլանողական ընդունակության մեջ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Абрикосов И. А., Крылов Н. П. Практическая физиотерапия, М., 1961.
2. Васильев Л. Л. В кн.: Электротоническое восстановление физиологических функций, М.—Л., 1937.
3. Волюнский А. М. Тез. докл. 8-ой межкраев. конф. физиологов, биохимиков и фармакологов Юго-Востока РСФСР, Воронеж, 1948.
4. Волюнский А. М. Тр. Крым. мед. ин-та, т. 17, Симферополь, 1957.
5. Головкова И. Н. Бюлл. exper. биол. и мед., 24, 4, с. 268, 1947.
6. Еремеева Н. М. В кн.: Проблемы реактивности и шока, М., 1952.
7. Киричинский А. Р. В кн.: Тр. Киевского психоневрологического ин-та, 4, 1935.
8. Киричинский А. Р. Рефлекторная физиотерапия, Киев, 1959.
9. Лапицкий Д. А. В кн.: Электротоническое восстановление физиологических функций, М.—Л., 1937.
10. Любашевский Н. М. Сборник науч. тр. кафедры патанатомии ЧМИ и обл. больницы, Челябинск, 1962.
11. Мовчан Н. П. ДАН СССР, т. 149, 1, 1963.
12. Перлин Я. С. Гальвано- и гальваноионотерапия, М., 1958.
13. Родинов Г. А. Сборник науч. тр. Черновицкого мед. ин-та, в. 7, 1958.
14. Саканян С. Ш. Диссерт. докт. Ереван, 1951.
15. Степанян Э. Д. Лаб. дело, 2, 1963.
16. Щербак А. Е. Изд. Ин-та физич. методов лечения им. Сеченова, 1, 1937.