

БИОХИМИЯ

В. В. КОВАЛЬСКИЙ, Л. В. РЕДИНА и З. С. ЧУЛКОВА

РЕГУЛИРУЮЩАЯ РОЛЬ КАТИОНОВ В ДЫХАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ

(Представлено академиком Л. А. Орбели 7 XII 1946)

Задачей наших исследований является выяснение некоторых сторон химических механизмов, регулирующих дыхательную функцию крови, прежде всего, установление связи между содержанием катионов в эритроцитах и дыхательной функцией эритроцитов в целом, т. е. функцией гемоглобина и функцией карбоангидразы. Изучением последней у нас в Союзе систематически занимается лаборатория проф. Е. М. Крепса⁽²⁻⁴⁾. В настоящем сообщении нами излагаются материалы, характеризующие влияние электролитов на функцию фермента карбоангидразы. Исходя из соображения, что электролиты являются древними и первичными гуморальными регуляторами процессов в живой клетке, мы полагаем, что уже с помощью электролитов достигается в клетке регулирующее единство процессов, в частности, в эритроцитах осуществляется связь между кислородной функцией гемоглобина и функцией карбоангидразы, обуславливающая дыхательную функцию эритроцита как единое целое.

При такой постановке вопроса мы встречаемся с серьезным затруднением. Как можно говорить о регулирующем действии катионов, содержащихся в эритроците, на дыхательную его функцию, если экспериментальные физиологические исследования показывают, что эритроциты непроницаемы для катионов и, следовательно, катионный состав эритроцитов остается неизменным. Однако в противоположность такому взгляду имеются доказательства проницаемости эритроцитов для катионов. Доказательства эти заключаются в наблюдаемых в естественных условиях на живом и целом организме суточных изменениях катионного состава эритроцитов. Эти изменения определяются не только различием катионного состава вновь возникающих эритроцитов, но, несомненно, и меняющейся их проницаемостью для катионов в различные часы суток и, нужно думать, при различных функциональных состояниях организма.

Методика исследований. В наших исследованиях мы определяем карбоангидразу колориметрическим методом⁽¹⁾ в том виде, как он описан Крепсом и Ченькаевой⁽²⁾. Активность или количество угольной ангидразы A вычислялось по van Soog⁽²⁾: $A = \frac{R - R_0}{R_0}$, где R — скорость реакции в контрольной пробе, R_0 — скорость реакции в пробе с кровью, содержащей карбоангидразу.

В опытах с действием калия, кальция и магния на активность карбоангидразы применялись хлориды этих катионов. Кровь, взятая для определения активности карбоангидразы, разбавлялась при установлении нормы дистиллированной водой, а при выяснении характера влияния катионов — растворами хлоридов соответствующих металлов.

Опыты с действием отдельных катионов на активность карбоангидразы. Действие калия. Удалось установить, что активность карбоангидразы A нарастает вместе с уве-

личением концентрации калия, независимо от величины *A* в норме, как показано в табл. 1.

Таблица 1
Действие калия на активность карбоангидразы (*A*) крови

Случаи	Норма <i>A</i>	<i>A</i> при концентрациях калия:		
		100 мг %	200 мг %	400 мг %
Женщины (от 26 до 50 лет)				
1	2,00	2,43	2,66	3,71
2	2,00	2,50	3,22	3,75
3	2,08	4,28	8,25	9,90
4	2,14	—	3,07	3,40
5	1,54	—	1,75	2,30
6	1,72	—	2,50	3,83
7	2,12	—	2,57	2,70
Средн.	1,94	3,07	3,43	4,23
Новорожденные				
а) доношенные				
1	0,55	—	—	1,21
2	0,72	—	1,39	1,46
3	0,97	—	1,29	1,84
4	0,69	—	0,90	1,15
5	0,97	—	1,56	1,84
6	0,97	—	1,72	2,12
7	0,43	—	1,22	1,66
8	0,52	—	0,64	0,90
9	0,97	—	1,66	2,05
б) недоношенные				
10	0,40	—	0,88	1,15
11	0,42	—	1,07	1,70
12	0,50	—	0,93	—
Средн.	0,68	—	1,21	1,55

Из табл. 1 следует, что для крови взрослых людей, как и для крови новорожденных в первые дни жизни, при действии калия, взятого в концентрации 200 мг%, активность карбоангидразы, в

Таблица 2
Действие кальция на активность карбоангидразы (*A*) крови

Случаи	Норма <i>A</i>	<i>A</i> при концентрациях кальция:		
		5 мг %	10 мг %	15 мг %
Женщины (от 26 до 50 лет)				
1	2,16	2,51	2,80	3,31
2	1,50	1,70	1,85	2,33
3	2,33	2,44	2,73	3,16
4	1,63	1,88	1,63	2,06
5	1,83	1,83	2,20	3,25
6	2,82	3,06	3,33	2,82
Средн.	2,04	2,24	2,42	2,82
Новорожденные				
а) доношенные				
1	0,75	0,65	0,55	0,44
2	0,62	0,57	0,77	0,50
3	0,77	0,88	0,97	1,01
4	0,50	0,57	0,60	0,65
5	1,00	1,00	1,06	1,06
б) недоношенные				
6	0,81	0,55	0,26	0,14
7	0,50	0,66	1,10	1,30
8	1,28	1,20	1,05	0,95
9	0,41	0,41	0,30	0,23

сравнении с нормой, возрастает в 1,8 раза, а при действии калия в концентрации 400 мг% — в 2,2 раза для взрослых людей и в 2,3 раза для новорожденных.

Действие кальция. Нашими исследованиями было показано, что все испытанные концентрации кальция активируют карбоангидразу крови взрослых (лишь редко не наблюдается активирующего действия), тогда как в изменениях активности карбоангидразы новорожденных в первые дни жизни под влиянием кальция не удается обнаружить столь однообразного характера (см. табл. 2). Для крови некоторых новорожденных наблюдалось снижение активности карбоангидразы под влиянием кальция.

Действие магния. Нами установлено, что магний во всех случаях значительно понижает активность карбоангидразы (табл. 3).

Опыты с действием естественных эквilibрированных растворов катионов на активность карбоангидразы. В связи с установленным нами фактом тормозящего или активирующего влияния на карбоангидразу ионов калия, кальция и магния

и в связи с тем, что электролиты являются древними первичными гуморальными регуляторами процессов в организме, возникает вопрос о регулирующей роли по отношению к активности карбоангидразы катионов в эквilibрированных смесях в тех количественных соотношениях, в которых они естественно содержатся в эритроцитах. Для решения этого вопроса необходимо было прежде всего знать характерные отличия катионного состава эритроцитов новорожденных, у которых активность карбоангидразы низка (в средн. 0,69) от катионного состава эритроцитов взрослого человека, у которого активность карбоангидразы высока (в средн. 2, 12). Зная соотношение катионов в эритроцитах взрослых и новорожденных, можно было бы приготовить эквilibрированные растворы их и, действуя эквilibрированным раствором, характерным для эритроцитов взрослого человека, на карбоангидразу новорожденного, повысить активность последней и, наоборот, действуя эквilibрированным раствором катионов, характерным для эритроцитов новорожденных, на карбоангидразу взрослого человека, понизить ее активность, приблизив ее значение к активности карбоангидразы новорожденного. Такие результаты позволили бы говорить о регулирующей роли катионов по отношению к дыхательной функции карбоангидразы в эритроцитах. В литературе мы не обнаружили надежных сведений об особенностях электролитного состава эритроцитов детей — новорожденных и других возрастов.

Поставленными нами исследованиями было показано (табл. 4), что эритроциты новорожденных во всех случаях содержат больше кальция и магния, часто и калия, чем эритроциты их матерей. На основании приведенных данных мы готовили эквilibрированные растворы хлоридов калия, кальция и магния в одних случаях — в соотношениях, характерных для эритроцитов новорожденного (случай 6), и в других — для эритроцитов материнских (случай 15). Эквilibрированный раствор I хлоридов калия, кальция и магния для создания среды детских эритроцитов содержал 685 мг % К, 6,6 мг % Са и 8,4 мг % Mg. Эквilibрированный же раствор II тех же солей для создания среды материнских эритроцитов содержал 358 мг % К, 3,9 мг % Са и 3, 5 мг % Mg. Перед воздействием на эритроциты растворы эти разбавлялись в два раза, чтобы при сохранении соотношения между катионами не препятствовать гемолизу эритроцитов. „Материнским“ электролитным раствором мы обрабатывали в отдельных опытах эритроциты матери и ребенка. Аналогичные опыты ставились с „детским“ электролитным раствором.

Из табл. 5 видно, что активность детской карбоангидразы под влиянием „материнского“ эквilibрированного катионного раствора II приближается к значениям А материнской карбоангидразы, наблюдае-

Таблица 3

Действие магния на активность карбоангидразы (А) крови

Случаи	Норма А	А при концентрациях магния	
		5 мг %	10 мг %
Женщины (от 26 до 50 лет)			
1	2,33	2,33	1,44
2	2,03	0,77	0,63
3	1,88	1,12	1,17
Средн.	2,08	1,41	1,08
Новорожденные а) доношенные			
1	0,90	0,66	0,33
2	0,60	0,32	0,28
3	0,68	0,68	0,46
б) недоношенные			
4	0,52	—	0,32
5	0,26	—	0,12
6	0,93	0,56	0,34
Средн.	0,65	0,55	0,31

мым в норме. „Детский“ эквilibрированный раствор I на детскую же карбоангидразу оказывает весьма слабое воздействие. С другой стороны, „детский“ раствор I снижает активность карбоангидразы мате-

Таблица 4

Содержание катионов в эритроцитах и активность ангидазы у новорожденных и их матерей

Случаи	Эритроциты матерей				Эритроциты новорожденных			
	содержание катионов			Актив- ность кар- боангидра- зы А	содержание катионов			Актив- ность кар- боангидра- зы А
	К мг ⁰ / ₀	Са мг %	Mg мг ⁰ / ₀		К мг ⁰ / ₀	Са мг %	Mg мг ⁰ / ₀	
1	310	5,5	—	2,66	305	7,5	—	1,33
2	570	4,9	4,7	1,20	608	7,2	5,6	1,00
3	470	3,3	—	2,00	470	6,5	—	0,58
4	418	5,1	5,2	2,48	551	6,9	6,6	0,42
5	600	4,4	5,6	2,46	522	6,7	6,9	0,43
6	591	3,1	6,1	2,19	685	6,6	8,4	0,44
7	—	—	—	—	516	6,1	5,5	0,97
8	—	—	—	—	506	4,2	5,9	0,97
9	330	3,1	2,4	2,60	323	3,0	5,5	0,47
10	376	4,8	5,8	1,63	379	6,6	7,0	0,70
11	—	—	—	2,90	—	—	—	0,60
12	352	4,3	4,4	1,80	380	6,0	5,3	0,52
13	452	3,4	3,6	2,75	451	6,9	5,5	1,33
14	244	3,8	3,2	1,80	284	6,4	5,4	0,52
15	358	3,9	3,5	1,66	507	6,5	6,2	0,58
16	326	6,1	5,3	2,40	350	6,6	7,4	0,72
17	298	3,4	4,6	1,86	382	7,5	5,5	0,69
18	369	4,6	5,8	1,82	420	6,5	6,9	0,63
19	366	5,0	6,3	1,91	390	6,4	7,5	0,47
Среднее	402	4,3	4,7	2,12	446	6,3	6,3	0,69

ринских эритроцитов, приближая ее к таковой детских эритроцитов, тогда как „материнский“ раствор II относительно слабо влияет на

Таблица 5

Действие эквilibрированных катионных растворов I и II на активность карбоангидразы (А) эритроцитов

№ опыта	Норма А	А при действии «детского» раствора I	А при действии «материн- ского» раствора II	№ опыта	Норма А	А при действии «детского» раствора I	А при действии «материн- ского» раствора II
Новорожденные				Матери			
1	0,60	0,84	1,08	1	1,70	1,07	1,70
2	0,52	0,52	1,36	2	2,00	1,25	2,27
3	0,76	0,71	1,20	3	2,61	1,76	2,71
4	0,30	0,35	1,36	4	2,90	0,98	2,66

активность карбоангидразы материнских эритроцитов. На основании приведенных данных можно считать установленной регулирующую роль катионов в отношении дыхательной функции карбоангидразы.

Институт акушерства
Академии медицинских наук СССР

Поступило
7 XII 1946

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ R. Вrinкман, J. Physiol., **80**, 171 (1935). ² Е. М. Крепс и Е. Ю. Чен-
ныкаева, Военно-Медицинск. сб., **1**, 1944. ³ Е. М. Крепс, Тр. физиол. ин-та
им. Павлова, **1** (1945). ⁴ Е. М. Крепс, Усп. совр. биол., **2** (1944).