



ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ГИПОХЛОРИТА И ВОДОРОДА В ТОКЕ КРОВИ.

В.А. Руденок, А.М. Алимов, А.А. Закомырдин, В.Б. Милаев, Е.В. Шабалина

тел. +79128554226, skype: live:rudenva, rudenva@rambler.ru

г. Ижевск

Разработан метод детоксикации организма и лечения путем электрохимического синтеза натрия гипохлорита и водорода в токе крови непосредственно в кровеносном сосуде из компонентов, входящих в состав крови. Необходимы его дальнейшие испытания с целью выявления диапазона эффективности, оптимальных технологических параметров и отдаленных последствий электрохимических процессов на организм.

Эфферентные методы лечения находят все более широкое распространение. Одним из наиболее эффективных методов является электрохимическое воздействие. Авторами [1] разработано и изготавливается устройство для электрохимической детоксикации непрямым электрохимическим окислением крови. Электролиз физиологического раствора проводится в электрохимической ячейке, и продукт вводится в кровеносную систему с помощью капельницы. Продукт электрохимического синтеза - гипохлорит - моделирует работу печени, которая, используя цитохром Р-450, синтезирует в организме гипохлорит-ион, являющийся эффективным детоксикатором, разрушающим бактерии и их токсины. Метод не лишен недостатков, так, объем вводимого раствора не должен превышать 0,1 ОЦК при невысокой концентрации конечного продукта, что снижает его эффективность.

Схема прямого электрохимического окисления крови в кровеносном сосуде

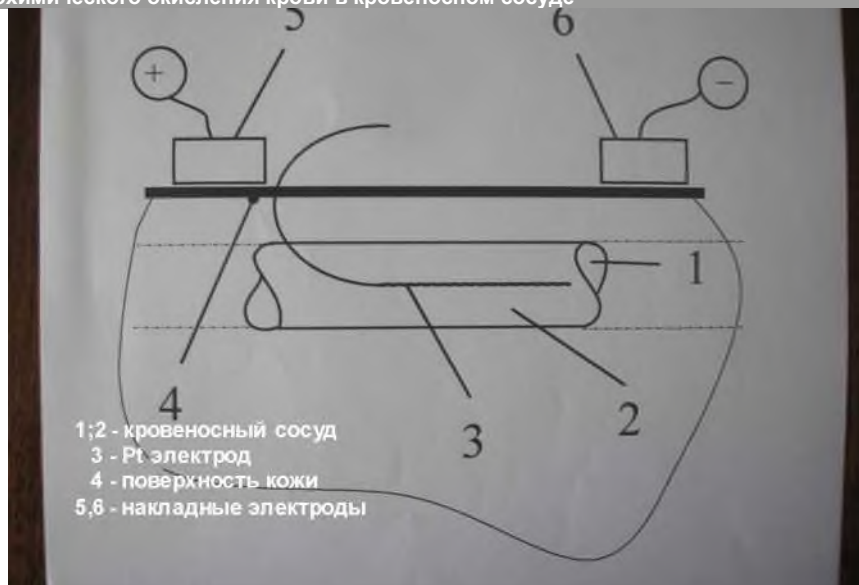


Рис.1

Нами разработана методика прямого электрохимического окисления крови путем ее электролиза непосредственно в кровеносном сосуде [2]. Моделирование процесса в электрохимической ячейке показало, что при биполярном включении протяженного проволочного платинового электрода потенциал распределяется по его длине, и на одном из его концов потенциал поляризации соответствует процессу окисления хлор - иона, а на втором (катоде) потенциал поляризации соответствует потенциалу восстановления водорода (Рис.1). При этом детоксицирующее действие оказывает синтезируемый гипохлорит, а не сам электрический ток в крови. [3,4].

Воздействие гипохлорита испытано с положительным эффектом на кроликах и телятах при стафилококковой инфекции и пневмонии [5,6] и методика внедрена в одной из ветеринарных клиник при лечении кожных заболеваний у собак (Рис.2)[7]. В условиях клиники были проведены более детальные исследования метода с использованием биохимических и других методик.



Рис.2

Опыты проводили на 18 беспородных собаках в возрасте от 1,5 до 2 лет, живой массой от 20 до 30 кг, подобранных по принципу аналогов. Было сформировано 3 группы по 6 животных в каждой: контроль - клинически здоровые, первая и вторая опытные с диагнозом: мокнущая экзема в области спины.

У контрольных животных были проведены морфологические, биохимические исследования крови, а также определение микроэлектрофоретической активности эритроцитов с помощью прибора «Цито-эксперт». Данные послужили контролем. Собакам первой опытной группы применяли медикаментозное лечение по ниже описываемой схеме, без применения прямого электрохимического окисления (ПЭХО) крови. Собаки второй опытной группы подверглись медикаментозному лечению в комбинации с ПЭХО крови. Экземы у собак медикаментозно лечили по общепринятой методике путем парентерального введения глюкокортикоидов (в дозе 4мг/животное), гама- вит (согласно инструкции) и местной обработки антисептическими средствами (террамицин).

Животным второй опытной группы дополнительно проводили ПЭХО крови с помощью устройства для осуществления детоксикации организма, с целью лечения эндогенной и экзогенной интоксикации, обусловленной накоплением различных токсических веществ. Для этого в полость латеральной подкожной вены предплечья вводили проводник, выполненный из платиновой проволоки. На кожный покров у концевых участков проводника накладывали два разнополярных электрода, которые соединялись с источником постоянного тока, и пропускали ток силой в 3 мА в течение 15 минут. Осуществляли процедуры десятикратно через день.

У всех больных животных до опыта, а затем через 1, 3, 7, 14, 21 и 28 суток проводили клиническое обследование, морфологические и биохимические исследования крови, определяли микроэлектрофоретическую подвижность эритроцитов с помощью прибора для экспресс-диагностики эндотоксикоза и микроэлектрофореза клеток «Цито-Эксперт» Изучая изменение электрофоретической подвижности эритроцитов в процессе лечения экзем различными методами, мы можем говорить о снижении интоксикации и (или) ее устранении.

Исследования крови собак из контрольной группы показало, что основные морфологические и биохимические показатели находились в пределах физиологической нормы. У собак обеих опытных групп были отмечены до лечения следующие изменения крови: уменьшение количества эритроцитов, гемоглобина, повышение СОЭ, лейкоцитоз, эозинофилия, нейтропения, лимфоцитоз. Проведенные исследования содержания в крови эритроцитов при лечении животных, больных экземами, с применением ПЭХО крови показали увеличение их количества во все периоды исследования, к окончанию лечения они превысили данные контроля на 2,78%, у собак первой опытной группы даже к окончанию терапии показатель был меньше на 8,33% по сравнению с клинически здоровыми. Гемоглобин в крови собак первой и второй опытных групп до опыта составлял соответственно $104,0 \pm 1,26$ и $102,0 \pm 1,11$ г/л, после $125,0 \pm 3,6$ и $135,0 \pm 4,0$ г/л. У собак первой опытной группы он не

достиг уровня контроля на 6,72%, в отличие от второй опытной группы. Полученные данные свидетельствуют о благоприятном воздействии этого способа лечения на динамику эритроцитов и гемоглобина.

Количество лейкоцитов в крови собак первой и второй опытных групп в процессе лечения имеет тенденцию к снижению, но более интенсивно это происходит у животных, которым применялось ПЭХО крови. Как видно из табл.1, количество эозинофилов, палочкоядерных нейтрофилов и лимфоцитов уменьшается и приближается к показателям контрольной группы через 28 суток после начала лечения. Это говорит о купировании аллергической и воспалительной реакции. Нейтропения и лимфоцитоз, свидетельствующие об антигенной стимуляции организма, исчезают к концу лечения. Но у собак первой опытной группы происходит значительное снижение количества лимфоцитов, что вероятно является реакцией на введение глюкокортикоидов, и может развиваться иммунодепрессия, приводящая в будущем к ослаблению организма и появлению новой патологии у данных животных. Такой иммунодепрессии не происходит у собак второй опытной группы, которым применялось ПЭХО крови, что может быть рекомендовано как способ повышения иммунитета.

Таблица 1

Лейкограмма собак при лечении экзем разными способами.

Показатели	Группы животных	До лечения	Через 7 суток	Через 14 суток	Через 28 суток
	2	3	6	7	9
Эозинофилы, %	Контроль	4,0±0,4*			
	1 опытная группа	7,5±0,47*	5,8±0,44*	4,8±0,34*	4,2±0,23*
	2 опытная группа	7,5±0,73*	5,5±0,47*	4,2±0,44*	4,0±0,40*
Нейтрофилы Палочкоядерные, %	Контроль	3,5±0,24*			
	1 опытная группа	5,2±0,18*	4,3±0,37*	4,0±0,40*	3,7±0,37*
	2 опытная группа	5,3±0,23*	4,8±0,18*	4,3±0,37*	3,3±0,24*
Нейтрофилы сегментоядерные, %	Контроль	62,7±0,83*			
	1 опытная группа	55,5±0,84*	60,8±0,87*	64,3±0,67*	69,3±0,97*
	2 опытная группа	55,7±0,73*	58,2±0,91*	60,5±0,84*	62,8±0,72*
Лимфоциты, %	Контроль	28,1±0,5*			
	1 опытная группа	30,0±0,80*	27,3±0,61*	25,2±0,71*	20,5±0,4*
	2 опытная группа	29,8±0,72*	29,3±0,83*	28,8±0,66*	27,6±0,2*
Моноциты, %	Контроль	1 7±0 37****			
	1 опытная группа	1,8±0,34***	1,8±0,34***	1 7±0 37****	2,3±0,37**
	2 опытная группа	1 7±0 37****	2,2±0,34**	2,2±0,34**	2,3±0,37**

Примечание: * - P<0,001, ** - P<0,002, *** - P<0,005, **** - P<0,01

Происходит положительная динамика общего белка у животных обеих подопытных групп. Но более выраженные изменения его наблюдаются у собак, которым в комбинации с медикаментозным лечением проводили ПЭХО крови. Увеличение уровня белкового обмена также свидетельствует о повышении иммунного ответа со стороны организма животного в ответ на ПЭХО крови.

Важными показателями в оценке лечебного эффекта выше описываемых схем лечения при экземах являются аспартатаминотрансфераза (АСТ) и аланинаминотрансфераза (АЛТ). До лечения количество АСТ у животных первой и второй опытных групп было больше показателей клинически здоровых животных в 2,8 и 3,3 раза соответственно. Однако содержание АСТ в сыворотке крови у

собак первой опытной группы даже к окончанию лечения превышает данные контроля на 86,67%, а у собак второй опытной группы, которым применялось ПЭХО крови, только на 13,33%.

Содержание АЛТ в крови собак первой и второй опытных групп до лечения отличалось от показателей клинически здоровых животных в 2,2 и 2,4 раза соответственно. Несмотря на стремительное снижение количества АЛТ у животных обеих опытных групп, содержание данного фермента у собак, которым применялось только медикаментозное лечение не достигло уровня клинически здоровых и отличалось от него в 1,4 раза. У животных второй опытной группы, которым в комбинации с базисной традиционной терапией использовалось ПЭХО крови, показатель АЛТ достиг уровня клинически здоровых собак.

Таким образом, ПЭХО крови вызывает достоверную позитивную динамику таких важных при экземах лабораторных показателей как АСТ и АЛТ. Проведенные исследования также показали, что включение в схему лечения экзем ПЭХО крови оказывает благоприятное влияние на динамику щелочной фосфатазы, общего билирубина, холестерина, креатинина, мочевины.

В связи с тем, что экзему сопровождает интоксикация, мы применили метод экспресс-диагностики эндотоксикоза, основанный на микроэлектрофорезе, с помощью прибора «Цитоэксперт».

Таблица 2.

Динамика электрофоретической активности эритроцитов у собак при лечении экзем разными способами ($P < 0,001$).

Показа-тели	Группы животных	До лечения	Через 7 суток	Через 14 суток	Через 28 суток
1	2	3	6	7	9
Амплитуда колебаний эритроцитов, мкм	Контроль	13,69±0,71			
	1 опытная группа	5,49±0,63	7,91±0,32	9,1±0,39	11,2±0,61
	% к контролю	40,1	57,8	66,5	80,5
Доля подвижных эритроцитов, %	2 опытная группа	5,58±0,53	8,99±0,41	10,7±0,38	13,4±0,52
	% к контролю	40,8	65,7	78,2	98,0
	Контроль	96,5±0,5			
Доля подвижных эритроцитов, %	1 опытная группа	59,9±0,6	71,8±1,2	76,5±0,6	83,7±0,5
		59,1±1,0	74,9±1,0	81,2±0,7	96,0±1,0
	2 опытная группа				

В результате наших исследований мы выявили следующее. У животных первой опытной группы до лечения амплитуда колебания эритроцитов отличалась от контроля на 40,1%, у животных второй опытной группы на 40,8%. К окончанию лечения данный показатель максимально приблизился к данным группы клинически здоровых животных. Количество подвижных эритроцитов по отношению к их общему числу имеет тенденцию к росту: с 59,9%±0,6 до 83,7%±0,5 и с 59,1±1,0% до 96,0±1,0% у собак первой и второй опытных групп соответственно. Но более интенсивно этот процесс наблюдается у животных, которым применялось ПЭХО. Таким образом, ПЭХО крови в сочетании с традиционной схемой лечения экзем у животных второй опытной группы вызывает достоверное стойкое увеличение числа подвижных эритроцитов в более короткие сроки по сравнению с животными первой опытной группы, которым использовались только фармакологические препараты, что свидетельствует о детоксикационном эффекте ПЭХО.

Таким образом, ПЭХО крови по выше описанной методике вызывает активизацию выработки эритроцитов, клеток белой крови, повышают уровень гемоглобина в крови, а также оказывают выраженное биостимулирующее и детоксикационное действие. Это позволяет сделать вывод, что включение ПЭХО крови в комплекс интенсивных терапевтических мероприятий при лечении экзем у собак улучшает обменные процессы, повышает активность защитных факторов организма и способствует более быстрому купированию воспалительной реакции, а также заживлению пораженных участков кожи.

Кроме того, известно, что введение водорода в кровь снижает некрологический эффект в присутствии препаратов химиотерапии, не снижая при этом их лечебного эффекта [8]. Поскольку в процессе электролиза в кровеносном сосуде одновременно с гипохлоритом выделяется эквивалентное количество водорода, нами проводится работа по выявлению эффективности получаемого при электролизе водорода как восстановителя неравновесных радикалов, являющихся причиной побочных явлений при химиотерапии в онкологии. В связи с этим потребовалось расширение функциональных возможностей устройства за счет избирательного синтеза либо только водорода,

либо только гипохлорита в токе крови. С этой целью была изменена методика проведения электролиза, схема устройства приведена на рисунке 3.

Устройство состоит из проволочного электрода 1, одна часть которого погружена в кровеносный сосуд 2, а вторая часть погружена в накладной сосуд 3, с раствором электролита 4. В донной части сосуда 3 смонтирована пористая диафрагма 5, проницаемая для раствора 4. В раствор 4 погружен дополнительный электрод 6; второй дополнительный электрод 7 наложен на поверхность кожного покрова 8 вблизи конца проволочного электрода 1, погруженного в кровь. Электроды 6 и 7 через контакты 9 соединены источником постоянного тока (на рисунке не показан), а сосуд 3 установлен на кожный покров 8 со стороны, противоположной месту наложения электрода 7 с возможностью электрического контакта раствора 4 с кожным покровом через пористую диафрагму 5. При протекании электрического тока между электродами 6 и 7 по тканям организма происходит поляризация лежащего на пути линий тока проволочного электрода 1 таким образом, что часть проволочного электрода 1, погруженного в кровь в кровеносном сосуде 2 поляризуется до потенциала, знак которого противоположен знаку электродного потенциала 7. Вторая часть проволочного электрода 1, находящаяся над поверхностью кожного покрова 8, и погруженная в раствор электролита 4 внутри накладного сосуда 3, поляризуется до потенциала, знак которого противоположен знаку электродного потенциала электрода 6.

Таким образом, проволочный электрод 1 поляризуется по биполярной схеме так, что один его конец поляризован катодно, а второй конец - анодно. При этом на поверхности одной части проволочного электрода 1 протекают процессы окисления, а на второй его части - процессы восстановления. В зависимости от полярности электрода 7 на конце проволочного электрода 1, погруженного в кровь в кровеносном сосуде 2 будет протекать либо процесс окисления иона хлора, входящего в состав плазмы крови, с образованием гипохлорит - иона, либо будет протекать процесс восстановления молекул воды с образованием элементарного водорода.

Соответственно, противоположные электродные процессы будут протекать в накладном сосуде 3 на поверхности той части электрода 1, которая погружена в раствор 4. Следовательно, условия работы электрода 1 моделируют условия работы биполярного электрода, разделенного двойной диафрагмой 5 и 8, исключающей проникновение продуктов электролиза из одного электродного пространства в другое. Такая схема электролиза позволяет синтезировать в токе крови либо только гипохлорит - ион, либо только элементарный водород.

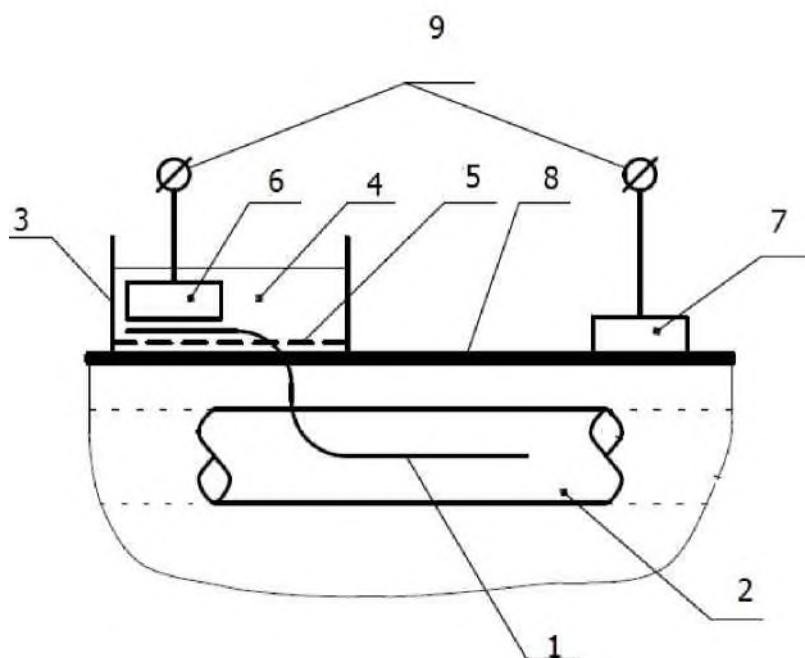


Рис.3

Литература.

1. Руденок В.А., Березкин С.В., Ковязин Ю. В. Активатор. Патент RU № 2163570 от 11.07.2000.
2. Петросян Э.А. Патогенетические принципы и обоснование лечения гнойной хирургической инфекции методом непрямого электрохимического окисления: Автореферат диссертации д.м.н. - Л., 1991.

3. Руденок В.А., Марасинская Е.И. Газовыделение при электролизе в кровеносном сосуде. Современные проблемы аграрной науки и пути их решения: мат. Всеросс. науч.-практической конференции 15-18 февраля 2005 г. ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. - Ижевск, 2005. - с. 210-212.
4. Руденок В.А., Марасинская Е.И., Закомырдин А.А. Детоксикация организма прямым электрохимическим окислением крови. Ветеринария. - 2008.- №4. - с.41-44.
5. Руденок В.А., Закомырдин А.А., Марасинская Е.И. Синтез препарата натрия гипохлорита прямым электрохимическим окислением крови. Актуальные проблемы ветеринарной фармакологии, токсикологии и фармации: материалы 3 съезда фармакологов и токсикологов России. - СПб, издательство СПб ГАВМ, 211, с. 390-394.
6. Руденок В.А., Марасинская Е.И., Закомырдин А.А. Способ детоксикации организма и устройство для осуществления способа. Патент RU № 2229300 от 30.07.2002.
7. Шабалина Е.В., Руденок В.А., Милаев В.Б., Кочурова Н.В. Использование метода прямого электрохимического окисления крови в комплексе лечения поражений кожи собак, вызванных *Demodex Canis*. Ветеринарная медицина домашних животных: сборник статей. - Выпуск 3. Казанская ГАВМ. - Казань, 2006. - с. 139-141.
8. Молекулярный водород снижает индуцированную нефротоксичность на противоопухолевый препарат цисплатин без ущерба на противоопухолевую активность у мышей. Naomu Nakag- hima - Kamimura [и др.] (08.02.2013).