

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.

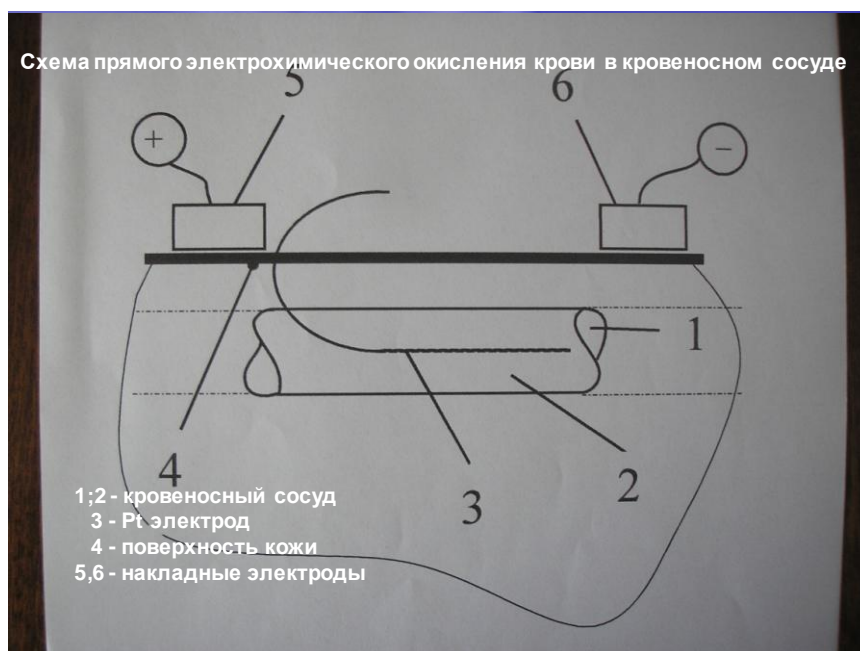


Рис.1

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 методов.

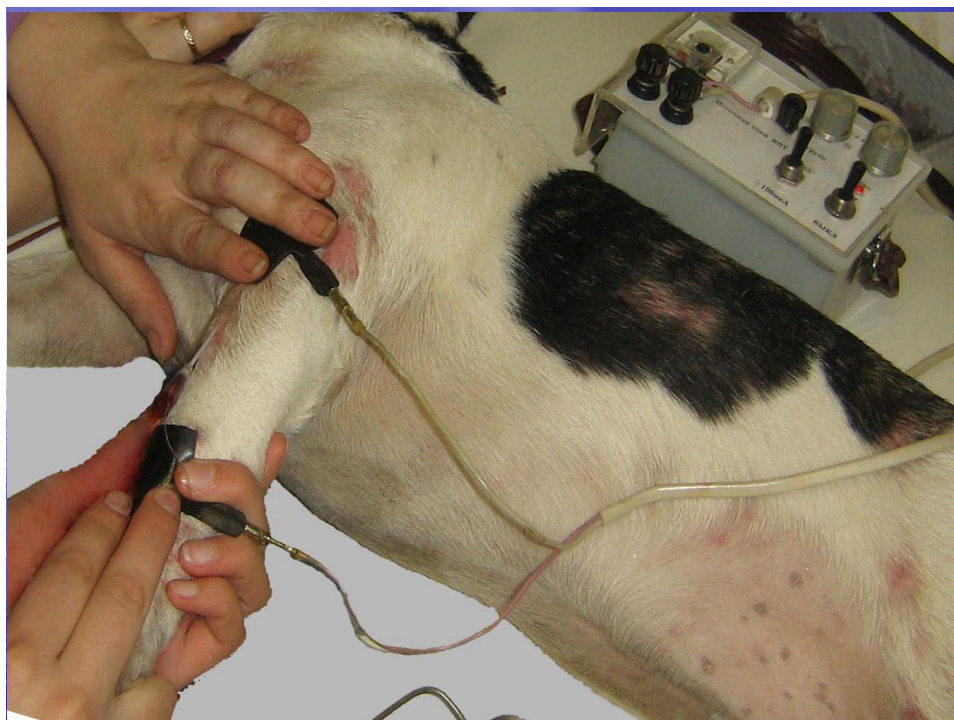


Рис.2

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), гамавит (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±1,26 и 102,0±1,11 г/л, после 125,0±3,6 и 135,0±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 ле-

чения 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 экземе сопровождается интоксикация, мы применили метод экспресс-диагностики эндотоксикоза, основанный на микроэлектрофорезе, с помощью прибора «Цито-эксперт».

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 % к контролю	5,49±0,63 40,1	7,91±0,32 57,8	9,1±0,39 66,5	11,2±0,61 80,5
	2 опытная группа % к контролю	5,58±0,53 40,8	8,99±0,41 65,7	10,7±0,38 78,2	13,4±0,52 98,0
Доля подвижных эритроцитов, %	Контроль	96,5±0,5			
	1 опытная группа	59,9±0,6	71,8±1,2	76,5±0,6	83,7±0,5
	2 опытная группа	59,1±1,0	74,9±1,0	81,2±0,7	96,0±1,0

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.

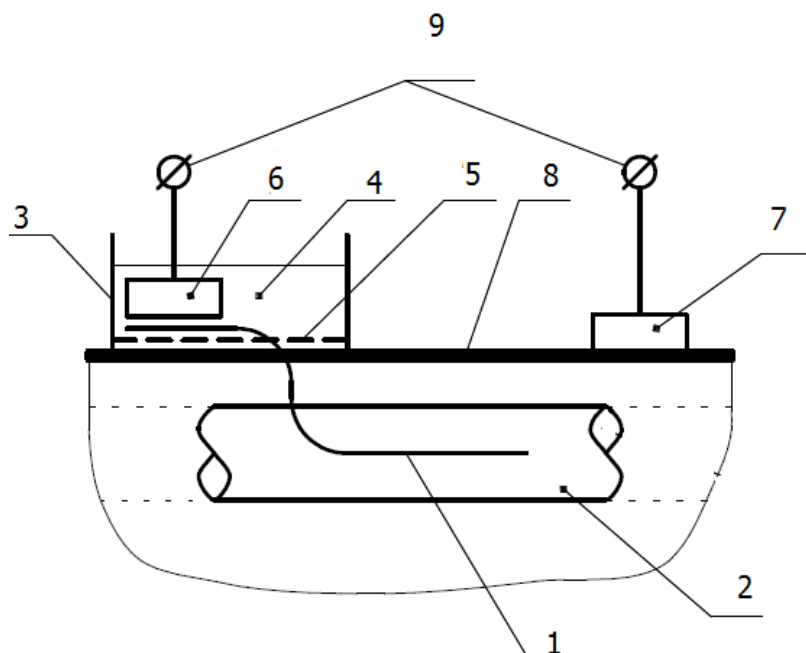


Рис.3

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. Naomi Nakagima – Kamimura [и др.] (08.02.2013).