

Р.А. Грашин, В.В. Барбинон, А.В. Бабкин,  
С.В. Волкова, А.В. Апчел

## Влияние липосомальных и обычных мыл на функциональную активность апокриновых потовых желёз и химический состав пота человека

**Резюме.** Изучено влияние различных видов мыл на функциональную активность и химический состав секрета апокриновых потовых желёз. Использовались как обычные мыла, так и специально разработанные образцы, содержащие диоксидин и сорбент в липосомальной форме. Полученные результаты показали, что применение всех испытанных видов мыла приводит к снижению концентраций веществ, которые могут быть потенциальным источником неприятного запаха. Наиболее выраженное длительное и достоверное снижение мочевины, креатинина, аммиака, белка, аминокислот и глюкозы отмечается после применения мыл, содержащих липосомальный диоксидин и коньюгированный с липосомами сорбент.

**Ключевые слова:** апокриновая потовая железа, биохимические показатели, липосомы, антипептирант, диоксидин.

Пот (*sudor*) человека – бесцветная, слегка опалесцирующая, солёного вкуса жидкость, плотностью 1001–1006. В естественных условиях обычно образуется 400–600 мл пота в сутки [4, 10]. В состав пота входят: вода – 98–99%; азотистые вещества: мочевина, мочевая кислота, креатинин, аммиак, следы белка, аминокислоты (серин, гистидин) – около 1–1,5%; другие соединения: уроканиновая кислота, летучие жирные кислоты, мыла, холестерин, соли щелочных металлов (хлорид натрия), парные эфирсераные кислоты, ароматические оксикислоты, глюкоза, витамины, биоамины (ацетилхолин, катехоламины, гистамин), стероидные гормоны [4, 8].

Азотсодержащие соединения ежесуточно в своём составе выносят с потом около 360 мг азота. Пот человека даёт преимущественно кислую реакцию: секрет эккринных желез – pH=3,8–5,6, апокриновых желёз – pH=6,2–6,9 [3, 7, 14].

Неприятный запах пота обусловлен наличием большого количества летучих жирных кислот, циклических ароматических соединений, аммиака и его производных, которые образуются при бактериальном разложении секрета судородцитов [4, 8, 14]. Наиболее сильно жирами, белками и углеводами насыщен секрет апокриновых потовых желёз, которые сосредоточены преимущественно в паховой, подмышечной областях, в коже крайней плоти, перianальных складках, вокруг сосков молочных желёз. Некоторые авторы считают эти образованияrudimentарными, так как именно их отделяемое во многом определяет поведенческие реакции животных в брачный период. Именно пот апокриновых желёз даёт характерный запах, так как через короткое время подвергается расщеплению микрофлорой, постоянно присутствующей как в поверхностных, так и в глубоких слоях кожи [2, 3, 7].

С запахом пота человечество борется давно. Однако даже самые современные сильные антипептиранты не позволяют достичь желаемого эффекта при их регулярном применении. Все производимые современной косметической

промышленностью противопотные средства построены двух основных принципах.

1. Использование различных сорбентов с целью связывания и инактивации ароматических соединений. (Чаще всего это алюмокалиевые или алюмонатриевые квасцы)

2. Закупорка выводных протоков потовых желёз:  
– для твёрдых антипептирантов, например, производными воска или парафина;

– для жидких антипептирантов и аэрозолей используются плёнкообразующие соединения, растворяющиеся в летучих органических растворителях.

Кроме того, обязательным компонентом всех подобных средств являются отдушки с целью дезодорированного неприятного запаха [1].

При использовании любых антипептирантов прежде всего проявляется эффект «пробки», которая призвана не только задержать выделение секрета потовых желёз и дезодорировать постепенно усиливающийся неприятный запах. При этом в подмышечной впадине создаются условия «термостата – инкубатора», способствующие развитию и росту микрофлоры, расщепляющей компоненты пота [1, 8, 12].

В последнее время в состав антипептирантов вводятся антибиотические вещества с целью подавления роста микрофлоры как основной причины образования запаха. Таким веществом является традиционно использующийся в парфюмерно-косметической промышленности триклозан.

**Цель исследования.** Разработать и создать мыло, обладающее выраженным антипептирантными свойствами, позволяющими на достаточно длительный срок (1 суток) избавить человека от неприятного запаха пота.

**Материалы и методы.** При разработке рецептуры антипептирантного мыла использовали антибактериальное средство, сорбент и проводник, способный быстрее

эффективно проводить активные компоненты в кожу. В качестве проводника служили липосомы. В качестве антибактериального средства применялся диоксидин (препарат, повышающий свою активность в анаэробных условиях), заключённый в липосомы, что дополнительно усиливает его антимикробное действие [2]. В качестве сорбента – полимер, конъюгированный с липосомами, способный к связыванию многих ароматических соединений в т.ч. и дурно пахнущих, например: индола, скатола, аммиака и его производных, сероводорода и т.п. Такие вещества являются продуктами метаболизма различных микроорганизмов, обильно заселяющих кожу [1, 10, 11]. С целью выявления антипиренантных свойств специально разработанного липосомального туалетного мыла, была предпринята попытка сравнительного биохимического анализа пота человека после применения различных, в том числе наиболее широко используемых образцов этой продукции. Для сравнения были использованы 2 вида туалетного экспериментального мыла и 2 вида широко используемого в настоящее время:

– «Антиперспирантное» липосомальное, содержащее липосомальный диоксидин и конъюгированный с липосомами сорбент;

– «Антибактериальное» липосомальное, содержащее липосомальный диоксидин;

– «Абсолют», содержащее триклозан;

– «Русская баня», не содержащее активных биодобавок.

В испытаниях участвовали 24 практически здоровых мужчины в возрасте от 21 до 25 лет. Все участники испытаний предварительно были разделены на 4 группы по числу видов мыла. В 1-ю группу вошли 9 человек, в остальные группы по 5. В 1-й группе испытывалось «Антиперспирантное», во 2-й – «Антибактериальное», в 3-й и 4-й группах – «Абсолют» и «Русская баня», соответственно. Сбор материала в каждой группе испытуемых производился в бане (сауне) при температуре 80°C в течение 30 минут в специально изготовленные пластиковые стаканы, которые фиксировались в подмышечных впадинах каждого участника. Полученный секрет потовых желёз сливался в пробирки и маркировался. Для проведения дальнейших исследований полученный биоматериал делился на несколько аликвот по 0,5–1 мл и замораживался при -20°C.

В каждой группе сбор пота осуществлялся дважды: до использования мыла и через 3 дня, в течение которых производилось ежедневное мытьё подмышечных впадин определённым мылом в каждой группе участников. В течение этих 3 дней лица, участвующие в испытаниях, не использовали каких-либо других средств для помывки тела и тем более антиперспиранты. В день повторного взятия пота подмышечные впадины мылом не обрабатывались. Таким образом, мыло применяли 1 раз в день в течение 2 суток и не применяли в течение 24 часов перед повторным забором материала.

С целью определения или отсутствия эффекта закупорки выводных протоков потовых желёз компонентами мыла проводилось исследование по методу Вада и Тагаки [1, 6], позволяющему сделать вывод о количестве функционирующих потовых желёз, расположенных на единице площади.

Кожу боковой области живота на площади 1 см<sup>2</sup> через специальный трафарет обрабатывали 3% раствором йода в спирте. После высыхания спирта исследуемый участок кожи смазывали 50% эмульсией крахмала в касторовом масле. Далее, через 5 минут, в парной производился визуальный подсчёт функционирующих выводных протоков, которые проявлялись в виде мелких чёрных точек.

Измерение pH полученного секрета производилось на pH-метре фирмы «Beckman-Coulter», США в течение первого часа после окончания забора секрета в группе. Определение большинства биохимических показателей производилось с использованием диагностических систем фирмы «La Roche» на автоматическом биохимическом анализаторе «Hitachi 917» и фирмы «Lachema» на спектрофотометре DU 650 «Beckman-Coulter». Для контроля результатов проводилось выборочное повторное определение ряда показателей. Кроме того, определяли общий белок, альбумин, мочевину, креатинин, глюкозу; титрометрически – концентрацию аммиака, а хроматографически – концентрацию аминокислот.

Статистическая обработка результатов проводилась на ПК с использованием пакета программ «Microsoft Excel».

**Результаты.** При изучении функционирующих потовых желёз было отмечено, что их количество у различных лиц варьируется в значительном диапазоне. Это подтверждается многочисленными литературными данными [5, 9, 13]. Так, обычно указываются цифры числа эккринных потовых желёз в количестве 85–250 на 1 см<sup>2</sup>. Применение испытуемых мыл ни в одном случае достоверно не изменяло числа функционирующих желёз, т.е. не вызывало закупорки их протоков. Различий между группами испытуемых также выявлено не было.

Следует отметить, что характер потоотделения – крайне индивидуальный процесс, причём по многим параметрам. Так, при заборе секрета у ряда испытуемых количество отделяемого было очень скучным, тогда как у некоторых лиц, напротив, – обильным. У одних волонтёров пот был мутный, у других – прозрачный и это при том, что конституция, возраст, пол, характер питания и образ жизни в целом у этих людей практически одинаковы. Изучаемые биохимические показатели пота и изменение их величин при использовании испытуемых мыл представлены в таблице.

Из таблицы видно, что при определении количества общего белка в полученном секрете отмечалась значительная вариабельность его концентрации. До применения мыла во всех группах – от 0,44 до 0,92 г/л. После их применения во всех группах наблюдения отмечалась тенденция к снижению концентрации протеинов, но достоверный результат был получен только в 1-й и 2-й группах – в 3,6 раз и в 2,72 раза соответственно.

Основную массу общего белка традиционно можно разделить на две большие фракции – альбумины и глобулины. Результаты исследования альбуминов показали, что тенденция к снижению их концентрации была характерна для всех групп наблюдения кроме группы 3 (мыло «Абсолют»), в которой прослеживался некоторый рост концентрации этого белка.

Таблица

## Результаты биохимического исследования пота до и после использования мыла различных видов

Показатели	1-я группа (n=9) «Антиперспирантное»		2-я группа (n=5) «Антибактериальное»		3-я группа (n=5) «Абсолют»		4-я группа (n=5) «Русская баня»	
	до	после	до	после	до	после	до	после
Общий белок, г/л	0,65±0,36	0,16±0,04*	0,6±0,17	0,22±0,12*	0,44±0,16	0,24±0,06	0,92±0,58	0,48±0,25
Альбумины, г/л	0,31±0,13	0,11±0,06*	0,14±0,02	0,08±0,03	0,12±0,03	0,16±0,02	0,32±0,13	0,14±0,04
Мочевина, ммоль/л	19,7±3,4	10,2±1,69*	20,3±2,7	12,8±2,0*	20,3±1,8	24,8±4,7	17,7±1,8	17,9±4,6
Креатинин, мкмоль/л	41,9±8,5	27,7±7,6	54,0±10,2	18,5±3,9*	34,5±2,3	66,5±37,0	55,8±20,9	39,3±14,6
Аммиак, ммоль/л	18,2±2,9	8,3±1,4*	14,5±3,8	12,9±3,1	8,4±0,74	12,8±4,4	22,5±8,7	20,8±8,3
Аминокислоты, мг/л	27±4,7	11,9±3,4*	31,4±5,7	18,2±4,4*	32,0±6,5	31,4±4,4	37,0±8,8	21,4±6,1*
Глюкоза, ммоль/л	0,25±0,05	0,13±0,03*	0,29±0,05	0,11±0,01*	0,27±0,04	0,17±0,02*	0,4±0,16	0,19±0,06
Водородный показатель, pH	6,44±0,23	5,48±0,12*	7,08±0,14	5,78±0,16*	6,86±0,13	5,66±0,24*	6,98±0,21	6,08±0,28*

Примечание: \* – различия в группах испытуемых, между категориями до и после достоверны ( $p<0,05$ ).

Достоверное снижение концентрации мочевины отмечалось после применения как «Антиперспирантного», так и «Антибактериального» липосомальных образцов мыла в 1-й и 2-й группах соответственно, тогда как в других группах подобных изменений не было. Наибольшее и достоверное снижение концентраций креатинина было отмечено после применения мыла «Антибактериальное». Характерная тенденция к его снижению прослеживалась также в группах, где применялись мыла «Антиперспирантное» и «Русская баня». В группе 3 – (мыло «Абсолют») была отмечена тенденция к повышению экскреции креатинина. По результатам, представленным в таблице, следует также сказать, что в группе, испытывавшей мыло «Антиперспирантное» отмечено достоверное снижение концентрации аммиака более чем в 2 раза. В остальных группах наблюдения выраженных изменений отмечено не было.

Результаты определения содержания аминокислот свидетельствовали о сохранении общей тенденции к уменьшению концентраций различных веществ в поте после применения любого вида мыла. Достоверные изменения в снижении концентрации общего пула аминокислот были отмечены в группах, где применялись мыла «Антиперспирантное», «Антибактериальное» и «Русская баня», в 2,26, в 1,7 и в 1,7 раза соответственно. В группе «Абсолют» изменений не отмечалось.

В отличие от большинства предыдущих анализаторов, глюкоза является наиболее стабильным по своим количественным характеристикам. Об этом говорит относительно небольшой разброс данных. Практически во всех группах наблюдения отмечалось значительное и достоверное снижение концентрации глюкозы в поте, полученном после применения различных мыл, за исключением мыла «Русская баня», при котором выявлялась только тенденция к её снижению. В 2,6 раза концентрация глюкозы уменьшилась в группе «Антибактериальное», в 1,92 и 1,5 раза – в группах «Антиперспирантное» и «Абсолют» соответственно.

Результаты определения водородного показателя свидетельствовали о том, что pH пота апокриновых желёз у разных лиц колебался в достаточно широком диапазоне,

однако после применения мыла любого вида pH стабилизировался в диапазоне 5,5–6,0 т.е. свидетельствовал о положительном изменении в сторону слабокислой среды.

**Обсуждение.** Оценка полученных результатов свидетельствует, что наибольшие изменения биохимических показателей были отмечены в группах, где использовались липосомальные образцы мыл («Антиперспирантное» и «Антибактериальное»). На наш взгляд, это объясняется тем, что липидные компоненты, входящие в состав этих образцов, эффективно проникают в протоки потовых желёз, достигают мембран судорецитов и далее частично попадают непосредственно в клетки, влияя как на отдельные метаболические пути, так и на их транспортные системы.

Известно, что апокриновый тип секреции характеризуется прежде всего тем, что апикальная часть мембранных клеток разрывается и содержимое секреторных гранул выбрасывается в выводной проток [4, 8]. Безусловно, введение липосом, даже без учёта их содержимого, может оказывать влияние на этот процесс, так как известно, что липосомальные фосфолипиды встраиваются в мембранные клеток, а содержимое липосом может оказаться как в перимembrанном пространстве снаружи клетки, так и внутри последней.

В клетке много белка, и теоретически, при таком виде секреции, он должен обязательно появиться в составе пота. Характерно также и то, что у многих испытуемых, во всех группах без исключения, почти весь белок был представлен именно альбумином. Отсутствие глобулиновой фракции косвенно может свидетельствовать о стабилизации апикальных мембранных судорецитов, а возможно и уменьшении их секреторной активности.

Мочевина в организме человека является продуктом, синтезирующимся только в печени из аммиака аминокислот, которые отдают азот для выведения его из организма. Синтез мочевины – один из основных механизмов детоксикации. Она является конечным продуктом обмена азотсодержащих соединений и дальнейшему метаболизму в человеческом организме не подвергается, однако

большинство микроорганизмов способны расщеплять мочевину при помощи фермента уреазы до аммиака и воды [4, 6, 12], что и происходит как на поверхности кожи, так и в её глубоких слоях. Именно поэтому мочевину следует рассматривать как один из потенциальных факторов образования неприятного запаха, а её уменьшение – как потенциальный антиспериантный эффект. Этот метаболит, как и ряд других низкомолекулярных продуктов белкового обмена, например креатинин, транспортируется через клетки потовых желёз из сосудистого русла и межклеточного пространства с использованием специальных транспортных систем на базальной мемbrane и только потом подвергается удалению. Следовательно, активность судороцитов, которая у каждого индивидуальна, создаёт основные различия в концентрации подобных продуктов в поте, снижение концентрации также может свидетельствовать о снижении секреторной активности этих клеток. По видимому, креатинин и мочевина также связываются сорбентом, присутствующим в составе мыла. Креатинин, также как и мочевина, является конечным продуктом белкового обмена в организме человека. Последовательно синтезируясь в почках, печени и мышцах, креатинин подвергается выведению в основном почками и в небольших количествах с потом.

В клетках потовых желёз самостоятельное образование аммиака является ничтожно малым, вследствие процессов прямого дезаминирования глутамата, нуклеотидов и биогенных аминов. Высокие цифры концентрации аммиака в полученном секрете объясняются, видимо, тем, что в составе пота много аммонийных солей, которые транзитом выводятся из крови через судороциты вместе с мочевиной и креатинином. И, как уже было сказано, источник аммиака в поте – мочевина, которая превращается в аммиак микроорганизмами как в коже, так и на её поверхности. Уменьшение концентрации аммиака в первых двух группах наблюдения, вероятно, связано с антибактериальным эффектом как мыла «Антиспериантное», так и «Антибактериальное», но так как в мыле «Антиспериантное» есть сорбент, способный связывать аммиак, то его действие является более эффективным.

Свободные аминокислоты определяются во всех биологических жидкостях организма, в том числе и в секрете потовых желёз. Концентрация их крайне незначительна. Выделяющиеся аминокислоты имеют важное значение в формировании неприятного запаха, так как практически все они могут метаболизироваться микроорганизмами как для построения (синтеза) собственных белков, так и для окисления, в результате чего возможно образование сильно пахнущих ароматических соединений, таких как индол или скатол. В большей степени это касается ароматических аминокислот: фенилаланина, тирозина и триптофана.

Глюкоза, в отличие от мочевины и креатинина, – собственный метаболит судороцитов. Она является непосредственным показателем энергетического статуса клетки и питательным субстратом для микроорганизмов как в глубине кожи, так и на её поверхности. Снижение концентрации глюкозы после применения мыла способствует уменьшению вегетации микроорганизмов и, возможно, может свидетельствовать об уменьшении потоотделения вообще. То

есть меньше пота, меньше компонентов, меньше запах и это при том, что никаких препятствий для потоотделения нет – выводные протоколы желёз свободны.

Подавляющее большинство микроорганизмов способны ферментировать глюкозу, белок, аминокислоты и использовать их как питательный субстрат для своей жизнедеятельности. Снижение концентраций данных метаболитов в поте после применения специального «Антиспериантного» мыла должно способствовать уменьшению запаха и поддержанию антиспериантного эффекта.

Снижение водородного показателя соответствует полученным результатам. Уменьшение концентраций азотсодержащих низкомолекулярных соединений ведёт к снижению pH, что также ингибирует микробную вегетацию. Не исключено и то, что уменьшение концентрации выделяемых веществ является следствием их банального вымывания из придатков кожи, что достигается путём регулярного применения средств личной гигиены, например мыла. Однако мыла нами использовались только 2 дня, а в группах получен неоднозначный эффект.

### **Выходы**

1. Применение изученных видов мыл не вызывает закупорку выводных протоколов функционирующих потовых желёз, однако может оказывать существенное влияние на химический состав пота человека.
2. Наиболее эффективно влияет на химический состав пота мыло «Антиспериантное».
3. Применение всех видов мыл снижает pH пота, однако наиболее отчётливо этот эффект наблюдался в группах, в которых испытывались мыла, содержащие липосомальный диоксидин и коньюгированный с липосомами сорбент.

4. Применение всех испытанных видов мыла приводит к снижению концентраций веществ, которые могут быть потенциальным источником неприятного запаха. Наиболее выраженное и достоверное снижение отмечается после применения мыла «Антиспериантное» и, несколько менее значимое, – после использования мыла «Антибактериальное».

### **Литература**

1. Баджеков Б.К., Берова Н.В., Георгиева С.И. и др. Медицинская косметика : руководство / пер. с болг. – М. : Медицина, 1985. – 208 с.
2. Барбинов В.В., Самцов А.В., Бабкин А.В. и др. Влияние нового антибактериального мыла с липосомами на бактерицидность и аутомикрофлору кожи, что может стать альтернативой триклозану // Журн. дерматовенерологии и косметологии. – 2002. – №4 . – С. 12–16.
3. Воробьёв А.И., Бриллиант М.Д. Гипертермия во внутренней клинике // Терапевт. архив. – 1981. – Т.53, №10. – С. 4–14.
4. Калантаевская А.К., Кожевников П.В., Браун А.А. и др. Кожа // Большая мед. энциклопедия. – 3-е изд. – М., 1979. – Т. 11. – С. 20–44.
5. Калантаевская К.А. Морфология и физиология кожи человека. – 2-е изд., испр. и доп. – Киев : Здоровья, 1972. – 267 с.
6. Карпищенко А.И., Антонов В.Г., Бутенко А.Б. и др. Методы клинической биохимии // Медицинские лабораторные технологии. – СПб., 1999. – Т. 2. – С. 13–158.

7. Крылов О.А. Кожа // Основы морфологии и физиологии организма детей и подростков. – М., 1969. – С. 355–363.
8. Самцов А.В., Барбинов В.В. Кожные и венерические болезни : учебник для студентов мед. вузов. – СПб. : ЭЛБИ, 2002. – 312 с.
9. Фролов Е.П. Биохимия кожи // Кожа: Строение, функция, общая патология и терапия. – М., 1982. – С. 76–124.
10. Чернух А.М. Кожа и её значение в жизнедеятельности организма.(вместо введения) // Кожа: Строение, функция, общая патология и терапия. – М., 1982. – С. 7–19.
11. Ebbing F.J. The normal skin // Textbook of dermatology. – Oxford e.a., 1972. – Vol. 1. – P. 4–24.
12. Jarett A., Riley P.A. Esterase activity in dendritic cells // Brit. J. Dermatol. – 1963. – Vol. 75, № 1. – P. 79–81.
13. Rook A. The ages of man and their dermatoses // Textbook of dermatology. – Oxford e.a., 1972. – Vol. 1. – P. 195–210.
14. Rook A., Wilkinson D.S. The prevalence, incidence and ecology of diseases of the skin // Textbook of dermatology. Oxford e.a., 1972. – Vol. 1. – P. 25–36.

R.A. Grashin, V.V. Barbinov, A.V. Babkin, S.V. Volkova, A.V. Apchel

### **Effect of liposomal and ordinary soaps of apocrine sweat glands functional activities and the chemical composition of human sweat**

*Abstract. The influence of various kinds is investigated washed, on functional activity and chemical structure of a secret apocrine sweat glands. Were used both usual soaps, and specially developed samples containing dioxidinum and sorbent in liposomal to the form. The received results have shown, that application of all tested kinds washed results in decrease of concentration of substances, which can be a potential source of a unpleasant smell: ureae, creatinin, ammonia, protein, albumin, glucose. The most expressed long and authentic decrease is marked after application washed, containing liposomal and connected with liposomas sorbent.*

*Key words:* apocrine sweat glands, biochemical parameters, liposomes, antiperspirant, dioxidinum.