

# Неинвазивная УВЧ-технология для лечения первичного аксимлярного гипергидроза: пилотное исследование

**Игорь Пинсон,**

проф., д.м.н.,

**Ольга Олисова,**

проф., д.м.н.,

**Ирена Верхогляд**

проф., д.м.н.,

*1-й Московский государственный  
медицинский университет,  
каф. кожных и венерических  
болезней, Москва*

Гипергидроз представляет собой нарушение функционирования эккриновых потовых желез, сопровождающееся повышенной потливостью, превышающей физиологически необходимое для терморегуляции потоотделение.

## Введение

Спрос на неинвазивные, не требующие времени для реабилитации процедуры в эстетической медицине неуклонно растет. Воздействие высокочастотных (30–300 МГц) электромагнитных полей становятся все более популярной, неинвазивной и безопасной модальностью воздействия, направленной на устранение таких проблем кожи, как целлюлит и дряблость, а также корректировку контура тела (см. **справку**). Для этого используют моно- и биполярные конфигурации электродов, применяемых в стационарном режиме для глубокого прогрева кожи, который не зависит от содержащихся в коже хромофоров и не вызывает абляции эпидермиса и дермы. Поскольку гистологический анализ при использовании этой модальности не выявил необратимых повреждений как в поверхностных слоях кожи, так и ниже подкожного жира, то RF-технологии могут представлять интерес для индуцированного нагревом термолиза потовых желез при первичном подмышечном гипергидрозе.

## Функции потовых желез

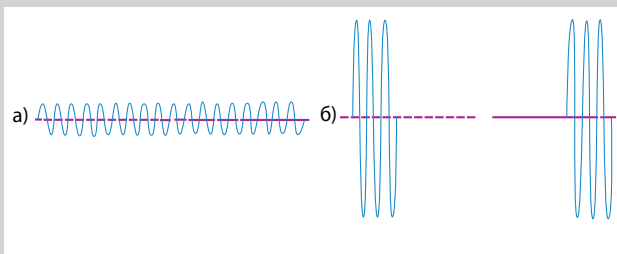
Примерно от 2 до 4 млн потовых желез распределено по телу человека. По своему строению и функциям потовые железы разделяются на апокриновые и эккриновые.

**Апокриновые потовые железы** сосредоточены в подмышечных и паховых областях, в ареолах молочной железы, коже половых органов и промежности. До наступления половой зрелости апокриновые железы не функционируют (поэтому у детей никогда не бывает гидраденитов). Секреторная деятельность апокриновых потовых желез начинается с момента половой зрелости и продолжается в течение всей жизни, физиологически угасая с наступлением климакса. Апокриновые железы крупнее эккриновых. Они расположены на уровне дермы или даже подкожной ткани на глубине 6–8 мм (**рис. 1**). Секрет апокриновых желез представляет собой мутную, молочно-белую жидкость без запаха (рН 5,0–6,5), содержащую белки, липиды, углеводы, ионы железа и аммиак. Характерный запах пота возникает, когда живущие на коже бактерии разрушают компоненты этого секрета.

**Эккриновые потовые железы** распределены по всей поверхности тела. Они мельче апокриновых и залегают более поверхностно — на глубине 3–6 мм (**рис. 1**). Их главная функция — терморегуляция, поддержание постоянной температуры тела. Особенно много эккриновых потовых желез на ладонях, подошвах, в области подмышек, лица, груди и спины. В среднем на 1 см<sup>2</sup> ладони или подошвы расположено около 430, а на остальных участках тела — от 64 до 200 потовых желез. Интересно,

## УВЧ-терапия: принцип действия и клиническое применение

Ультравысокочастотной терапией (УВЧ-терапией) называют воздействие электромагнитным полем частотой от 30 до 300 МГц (длина волны от 10 м до 1 м) в непрерывном или импульсном режиме (см. рисунок)



Графическое изображение колебаний непрерывного (а) и импульсного (б) электрического поля УВЧ

УВЧ-аппараты представлены в двух вариантах. В первом случае электромагнитное излучение генерируется катушками (в техническом описании приборов иногда пишут «катушечное поле»). При прохождении электромагнитной волны в тканях возникают токи в участках с *высокой проводимостью* (где много воды). Во втором случае излучение генерируется двумя конденсаторными электродами («конденсаторное поле»), и тогда за счет электрического поля возникают токи в направлении между электродами; при этом наибольшее количество энергии выделяется в участках с *низкой проводимостью* (роговой слой кожи, нервная, жировая и костная ткань).

УВЧ-терапия оказывает существенный тепловой эффект нагрева ткани в зоне воздействия примерно на 1 °С, при этом происходит сильное расширение капилляров, диаметр которых увеличивается в 3–10 раз. За счет улучшения крово- и лимфообращения УВЧ-терапия оказывает хорошее противовоспалительное действие, активирует функции соединительной ткани и особенно ее клеток (фиibroбластов, макрофагов, тучных клеток), уменьшает отечность, стимулирует процессы клеточной пролиферации, что создает возможность ограничивать воспалительный очаг плотной соединительной капсулой.

Интересно, что при непрерывном воздействии на первый план выступают именно тепловые эффекты, величина которых обусловлена средней мощностью поля. В импульсном же режиме тепловые эффекты невелики, поскольку паузы в тысячу раз превышают длительность импульса. Таким образом, импульсный режим служит для усиления специфичности воздействия индуцированных электрических токов на молекулы.

Биофизики объясняют этот феномен следующим образом. Основными проявлениями специфического (осцилляторного) действия электрического тока в тканях при УВЧ-воздействии считают изменения коллоидного состояния цитоплазмы клеток, а именно усиление дисперсности белков. Наиболее вероятной причиной снижения дисперсности белков в клетке является нарушение укладки полипептидной цепи и формирование так называемой «расплавленной глобулы» — «расшатанной» молекулы белка, в которой гидрофобные участки «обнажаются» на поверхности молекулы. Это приводит к слипанию молекул с формированием белковых агрегатов. Опасность формирования таких агрегатов состоит не только в том, что белки теряют в них свою функциональную активность, но и в том, что целый ряд процессов, происходящих с участием свободных радикалов и сахаров, может способствовать образованию сшивок внутри агрегатов и между ними, «захламляя» клетку молекулярным «ломом». Эти процессы приводят к старению клеток и внеклеточного матрикса. «Встряска» молекул импульсами УВЧ-полей замедляет деструктивные процессы старения. Кроме того, происходит уменьшение вязкости жидких сред, нормализация рН, увеличение гидратации матрикса, свойственное молодым тканям. В клетках также активизируются ионные транспортные системы и работа многих ферментов.

Показаниями к проведению УВЧ-терапии являются острые воспалительные заболевания кожи и подкожной клетчатки, болезни периферических сосудов конечностей, вегетососудистые дисфункции. О новой технологии лечения гипергидроза, основанной на УВЧ-терапии, рассказывается в данной стат

что на ладонях и подошвах процесс выделения пота происходит непрерывно путем периодических, неощутимых в обычных условиях выбросов. Длительность выброса равна 12–30 с. Кроме того, потоотделение на ладонях и подошвах не увеличивается при воздействии обычных термических раздражителей, зато легко усиливается при действии психических или сенсорных агентов.

Эккриновые потовые железы иннервируются постганглионарными симпатическими немиелинизированными нервными волокнами типа С, использующими в качестве медиатора ацетилхолин. Связывание ацетилхолина с мускариновыми рецепторами потовых желез приводит к увеличению внутриклеточной концентрации ионов  $Ca^{2+}$ . В результате этого возрастает проницаемость  $K^{+}$ - и  $Cl^{-}$ -каналов и происходит высвобождение изотонической жидкости из секреторных клеток желез.

Эккриновые железы	Апокриновые железы
Секрет прозрачный, лишенный запаха	Секрет молочно-белый, обуславливающий неприятный запах пота
Распределены по всему телу	Распределены преимущественно в области подмышек и гениталий
Локализованы в нижнем слое дермы	Локализованы на границе дерма/гиподерма
Контролируются симпатическими холинэргическими нервами	Контролируются симпатическими адренэргическими нервами

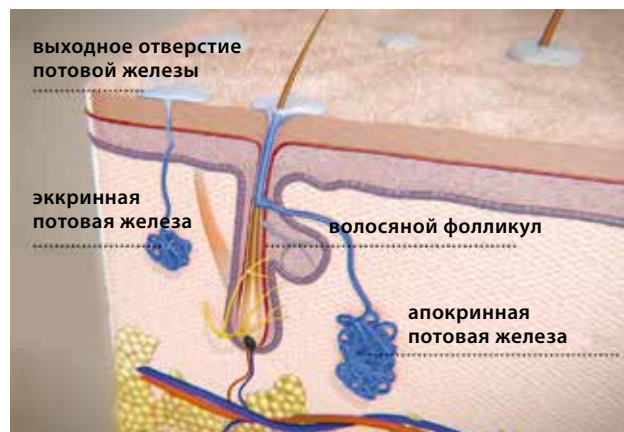


Рис. 1. Эккриновые и апокриновые потовые железы: характеристика и локализация

Первичный гипергидроз представляет собой расстройство, при котором наблюдается избыточная потливость на руках, ногах, лице и в подмышках. Исследования показали, что при этом состоянии число эккриновых потовых желез на единицу площади в области подмышек, на ладонях и стопах существенно возрастает. Предполагают, что подмышечный гипергидроз возникает из-за избыточной стимуляции эккриновых желез ацетилхолинэргическими нервными волокнами симпатической нервной системы. В результате выделяется больше пота, чем необходимо для терморегуляции.

### Техническое обеспечение УВЧ-терапии гипергидроза

## ВЫНОСЫ

Действие аппарата SweatX (Alma Lasers Ltd., Израиль) на кожу основано на высокочастотном (40,68 МГц) электромагнитном поле. Система SweatX использует два вида рабочих наконечников для нагрева биологических тканей:

- 1) однополярный наконечник (Unipolar Pro), единственный электрод которого характеризуется возможностью глубокого проникновения RF-энергии;
- 2) наконечник с коаксиальными электродами (Coaxipolar Pro), оптимизированный для поверхностной обработки.

Доминирующим механизмом нагревания в обоих случаях является вращательное движение молекул воды в переменных электромагнитных полях (разогрев диэлектрика). Наконечники снабжены системой динамического фазового контроля интенсивности и глубины проникновения УВЧ-энергии для целевого воздействия на эккриновые или апокриновые железы, отличающиеся по размерам и глубине залегания, и благодаря постоянной оценке импеданса обеспечивается компенсация реактивного сопротивления на участке кожи, подверженной воздействию.

На рис. 2 представлены термограммы воздействий однополярного и коаксиально-го наконечников с многоуровневыми глубинами проникновения в ткани:

- 1) однополярный наконечник: поверхностный (5–8 мм), средний (10–12 мм) и глубокий (15–18 мм);
- 2) коаксиальный наконечник: поверхностный (1–2 мм), средний (3–5 мм) и глубокий (6–8 мм).

### Механизм воздействия

Вода, являясь полярным соединением, представляет большинство молекул нашего тела. Поглощение УВЧ-электромагнитного излучения в ткани вызывает колебательные движения дипольных молекул воды, что в свою очередь из-за трения приводит к выделению тепла.

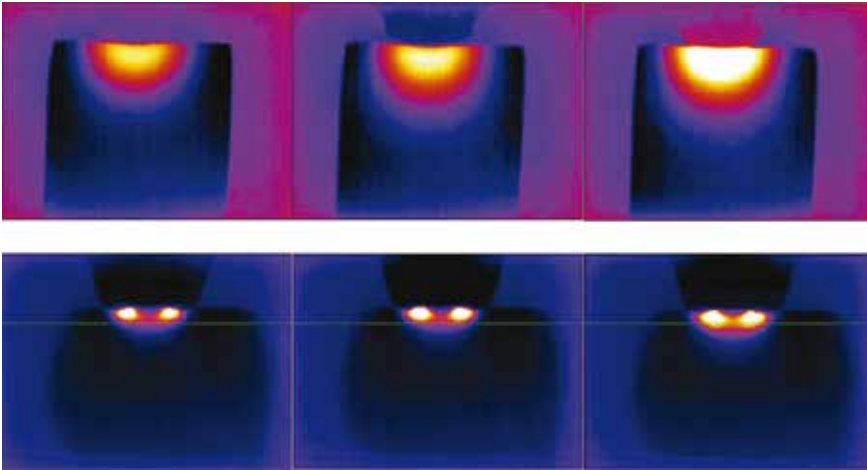


Рис. 2. Термограммы динамического фазового контроля при использовании однополярной насадки (вверху) и коаксиальной насадки (внизу) при поверхностном (слева), среднем и глубоком (справа) воздействии

Количество выделяемого тепла пропорционально величине подаваемой УВЧ-энергии. Потовые железы содержат 99–99,5% воды, в то время как в окружающих их структурах в коже (волосные фолликулы, сальные железы) воды значительно меньше.

УВЧ-электромагнитное излучение, испускаемое однополярным наконечником, вызывает быстрое вращение молекул воды в заполненных ею гиперактивных потовых железах, вызывая их постепенный нагрев, значительно больший, чем в прилегающих структурах, содержащих меньшее количество воды (таких, как волосные фолликулы). Коаксиальный наконечник воздействует на поверхностно расположенные эккринные железы, дополняя тем самым воздействие однополярного наконечника, действующего на более глубокие слои. и тем самым усиливая термолиз потовых желез. Таким образом, УВЧ-нагрев однополярной и коаксиальной насадками приводит к необратимому термолизу гиперактивных, содержащих много воды как эккринных, так и апокринных желез, которые значительно отличаются по физическим размерам и глубине расположения в коже.

## ВЫНОСЫ

### Клиническое исследование

#### Пациенты

В период с декабря 2012 г. по март 2013 г. 20 пациентов (17 женщин и 3 мужчины в возрастном диапазоне 16–51 лет) с диагнозом первичного подмышечного гипергидроза были рандомизированно выбраны для клинического исследования эффективности аппарата SweatX, проводимого в крупной дерматологической клинике в Москве.

Пациенты были осведомлены о целях исследования, его протоколе (количество процедур и интервалы между ними), преимуществах данного вида воздействий и возможных рисках. Пациенты были выбраны на основе карт их обращения в данную клинику. Все участники подписали информированное согласие на исследование. К каждому предполагаемому пациенту были применены соответствующие критерии включения и исключения в эксперимент.

Критерии исключения из исследования:

- 1) аллергические реакции на йод;
- 2) активные стадии инфекционного процесса;
- 3) планирование беременности;
- 4) беременность или кормление грудью;
- 5) предшествующее хирургическое вмешательство по лечению подмышечного гипергидроза в последние 12 мес;

- б) подмышечные инъекции ботулинического токсина типа А в последние 12 мес;
- 7) онкологическое заболевание;
- 8) наличие кардиостимулятора или другого электронного имплантата.

Критерием включения был гипергидроз, соответствующий по шкале тяжести HDSS (Hyperhidrosis Disease Severity Scale) 3 и 4 степени:

Степень тяжести	Описание состояния
1	Моя потливость под мышками никогда не заметна и не мешает мне в моей повседневной деятельности
2	Моя потливость под мышками является допустимой, но иногда мешает мне в повседневной деятельности
3	Моя потливость под мышками является едва терпимой и часто мешает в моей повседневной деятельности
4	Моя потливость под мышками невыносима и всегда мешает в моей повседневной деятельности

Перед лечением у 8 пациентов уровень HDSS был равен 4, у 12 пациентов уровень HDSS был равен 3.

### Протокол проведения исследования

В йод-крахмальном тесте 10% раствор повидона-йода (антисептик, применяемый для подмышечных впадин) наносили на обе подмышечные впадины и давали высохнуть в течение 5 мин. Порошок кукурузного крахмала наносили на поверхность подмышечной впадины, удаляя избыток порошка кисточкой. Через 15 мин эту область фотографировали (рис. 3а).

За 48 ч до проведения йод-крахмального теста мужчин попросили побрить волосы в подмышечных впадинах и не пользоваться дезодорантами. Все отобранные для испытаний показали положительный йод-крахмальный тест (тест Минора) на обеих подмышках.

Каждый пациент прошел последовательно 4 процедуры с интервалом 1 нед. Фото-съемка подмышек с йод-крахмальным тестом испытуемых была проведена в начале исследования и через 1, 3 и 6 мес после последней обработки.

Точно так же HDSS был оценен в начале исследования и через 1, 3 и 6 мес после последней обработки.

Во время каждой лечебной процедуры измерялась температура и относительная влажность воздуха в помещении. Перед воздействием электромагнитных полей каждая подмышечная впадина была покрыта не содержащим воды ароматическим маслом для смазывания, чтобы облегчить взаимодействие наконечника с кожей в области подмышки. Оба наконечника двигались по перекрывающимся зонам воздействия в области обработки. Температуру поверхности кожи контролировали лазерным термометром (рис. 3б), чтобы поддерживать ее в эпидермисе ниже 45 °С.

Каждая процедура воздействия SweatX состояла из двух стадий. Суммарное время обработки каждой подмышки составляло 8–10 мин (примерно 20 мин на обе подмышки).

На первой стадии всю площадь подмышек обрабатывали однополярным наконечником, используя терапевтический режим (25 кДж при мощности 70–80 Вт), чтобы увеличить температуру на коже подмышек до 45 °С. Однополярный наконечник позволяет эффективно внести в обрабатываемый объем УВЧ-энергию для теплового воздействия как на эккриновые, так и на апокриновые потовые железы, несмотря на различия их анатомических структур и расположение в коже.

Сразу после завершения первого этапа использовали коаксиальный наконечник для обработки той же самой предварительно нагретой области (10 кДж при мощности 50–60 Вт). Целью второй стадии является поддержание в обрабатываемой области подмышек температуры на терапевтическом уровне 48–50 °С при воздействии в первую очередь на эккриновые железы, расположенные на глубине 4–6 мм.



Рис. 3. Положительный йод-крахмальный тест в подмышечной впадине (а); измерение температуры в подмышечной впадине лазерным термометром во время проведения процедуры воздействия УВЧ-нагревом SweatX (б)

При проведении процедуры не требуется местной анестезии или нанесения обезболивающих средств, поэтому время «простоя» минимально.

После воздействий обе подмышки промывали и высушивали. Каждый пациент проходил последовательно 4 процедуры с интервалом 1 нед, фотосъемка кожи подмышек с йод-крахмальным тестом проводилась в начале исследования и через 1, 3 и 6 мес после последней обработки. Во время последующего визита каждого пациента спрашивали о том, наблюдал ли он нежелательные побочные эффекты.

## Результаты

Все 20 пациентов завершили исследование согласно протоколу. В ходе испытаний, а также между процедурами и последующими визитами не было отмечено никаких нежелательных побочных явлений. Во время процедуры кожа подмышек становилась эритематозной и болезненно чувствительной, что проходило через 3–4 ч после обработки.

Перед началом манипуляций на аппарате SweatX у 8 пациентов (40%) степень гипергидроза была равна 3 по шкале HDSS, у 12 пациентов (60%) — 4. Через 3 мес показатели потоотделения (йод-крахмальным тест и HDSS) существенно не изменились (за исключением одного пациента) и оставались на том же улучшенном уровне, который был зафиксирован через 1 мес после лечения. По завершении 6 мес наблюдения показатели потоотделения по шкале HDSS у 11 пациентов (55%) были равны 2, а у 9 пациентов (45%) равны 1 (рис. 4). Через 6 мес пациенты контрольной группы не показали никаких изменений от исходного уровня по шкале HDSS.

На рис. 5 показано число пациентов, у которых изменился показатель потоотделения по шкале HDSS от исходного уровня, равного 3 или 4, до 1 или 2 через 1 мес после последней процедуры. Из пациентов с значением HDSS, равным 4 (n = 8), у 5 человек (63%) показатель HDSS изменился до 2, а у 3 пациентов до HDSS, равного 1. Из пациентов со значением HDSS, равным 3 (n = 12) у 9 пациентов (75%) HDSS уменьшился до 2, у 3 (25%) до 1.

## Обсуждение

Данное исследование является первым, в котором показаны безопасность и долговременная эффективность (до 6 мес) неинвазивной УВЧ-технологии для уменьшения потоотделения у пациентов с первичным гипергидрозом подмышек. Важно от-

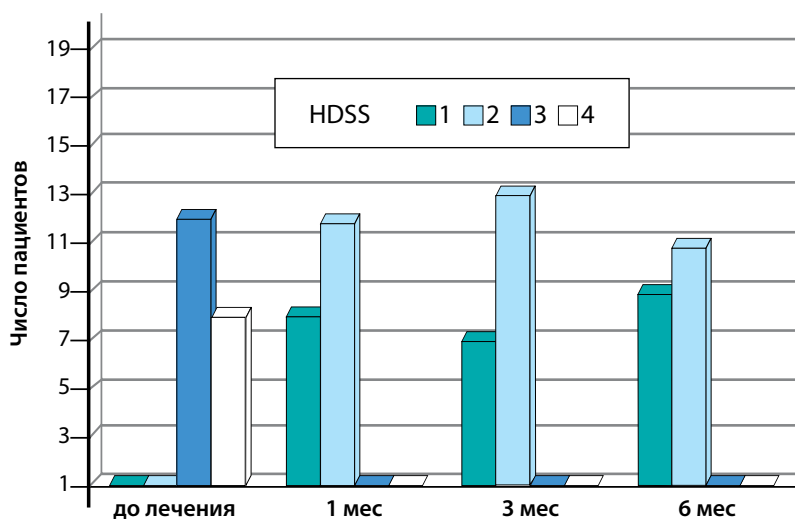


Рис. 4. Показатели потоотделения по шкале HDSS (1–4) у пациентов до лечения и через 1, 3 и 6 мес после лечения

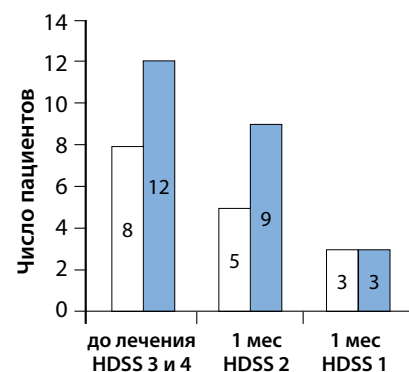


Рис. 5. Показатели потоотделения по шкале HDSS (1–4) у пациентов до лечения и через 1 мес. Пациенты до лечения с значением HDSS, равным 4, обозначены белым столбиком, а со значением HDSS, равным 3, — голубым столбиком

ПРАВАЯ



до лечения



через 1 мес после лечения



через 3 мес после лечения



через 6 мес после лечения

ЛЕВАЯ



Рис. 6. Правая и левая подмышечные впадины до лечения и спустя 1, 3 и 6 мес после лечения

метить, что через 1 мес после последней процедуры у всех пациентов показатели потоотделения, оцененные по шкале HDSS, равные до лечения 3 и 4, снизились до 1 и 2. Этот результат подтвержден данными йод-крахмального теста.

Несмотря на значительное улучшение, зарегистрированное через 1 мес после последней процедуры, у пациентов с показателями HDSS, равными 4 и 3 (рис. 5), испытуемые сообщили о значительном уменьшении потоотделения уже после 3-й и 4-й процедур лечения. Клинически наблюдаемые результаты сохранялись неизменными у большинства пациентов до 6 мес, когда испытуемые продемонстрировали существенное снижение потоотделения (рис. 6).

При отсутствии гистологических доказательств можно предположить, что повышение температуры на участке кожи с высокой плотностью эккринных желез, расположенных на разных уровнях дермы и гиподермы, может через посредство теплового шока электрофизиологически «отключать» функции этих желез и/или приводить к повреждению гиперактивных, богатых водой, секреторных протоков эккринных желез путем их деиннервации из-за инактивации или частичного повреждения пре- и постсинаптических холинэргических рецепторов, возбуждающих железы.

Согласно современным представлениям, подмышечные потовые железы разделяют на эккринные, производящие обильный, прозрачный, без пахучих веществ пот, и апокринные потовые железы, выделяющие небольшие количества мутного, пахучего, молочно-белого секрета. Поскольку известно, что потливость подмышек связана с неприятным запахом, технология SweatX может быть эффективным средством для его снижения. Таким образом, применение технологии на основе SweatX обеспечивает безопасное, эффективное и долгосрочное решение проблем, возникающих у пациентов с первичным гипергидрозом подмышек.



### Рекомендуемая литература

1. Atkins J.L., Butler P.E. Hyperhidrosis: a review of current management. *Plast Reconstr Surg.* 2002; 10: 222-228.
2. Emilia del Pino M., Rosado R.H., Azuela A., Graciela Guzman M. Effect of controlled volumetric tissue heating with radiofrequency on cellulite and the subcutaneous tissue of the buttocks and thighs. *J Drugs Dermatol.* 2006; 5: 714-722.