

РАДИОТЕРАПИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭСТЕТИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЕ

И. Беленькая, докт. биол. наук (Израиль); М. Элман, Ассоциация дерматологов Израиля; У.Б. Иосеф, доктор медицины (Израиль); С.Д. Браун (США); М. Вашкевич, Viora LTD (Канада); К. Левит, Департамент развития Viora LTD (Израиль)

E-mail: katia@vioramed.com

Рассматриваются возможности применения радиочастотной (RF) энергии для подтяжки кожи, коррекции целлюлита (по данным зарубежных исследований). Анализируется сочетание RF-воздействия с другими методами – мезотерапией, ультразвуковым, механической аспирацией.

Свойства электрического тока используются в медицине более чем 100 лет [3]. Радиочастотная энергия применяется в медицине более 75 лет [4], чаще всего – при небольших инвазивных вмешательствах, где требуется радиочастотная абляция и коагуляция, включая также лечение внезапной остановки дыхания во время сна [5].

Высокая эффективность радиочастотного потока при нагревании тканей сделала его крайне полезным в электрохирургии и весьма привлекательным для применения в разных сферах дерматологии [6]. В медицинских и эстетических целях обычно используется радиочастота в МГц.

Биполярные радиочастотные аппараты в первую очередь использовались при нестабильности плечевого сустава с целью термального уплотнения капсулы и связок плечевого сустава. Рынок быстро отреагировал на это, представляя монополярное неаблятивное радиочастотное устройство как устройство для укрепления тканей лица. Это монополярное радиочастотное устройство требует криораспыления для охлаждения электрода, соприкасающегося с кожей, чтобы защитить ее поверхность от термального ожога. В 2000 г. эта система получила первое одобрение от FDA. Области применения аппарата были расширены, включив неинвазивное воздействие на морщины разной глубины, а также для улучшения состояния целлюлитных участков кожи. Вскоре получили одобрение FDA несколько других монополярных и биполярных неаблятивных радиочастотных систем для эстетической медицины. Некоторые из них являются только радиочастотными, другие сочетают в себе радиочастотное излучение с инфракрасным светом или вакуумно-механическим массажем. FDA дало разрешение на использование

этих комбинированных систем, способствующих улучшению циркуляции крови и уменьшению объема бедер.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАДИОЧАСТОТНОЙ ЭНЕРГИИ

Радиоизлучение (радиоволны, радиочастоты) – тип электромагнитного излучения с диапазоном длины волны от $5 \cdot 10^{-5}$ метров до 10^{10} и частотами от $6 \cdot 10^{12}$ Гц.

При использовании электромагнитного излучения в медицине важно помнить, что по мере проникновения в ткани организма энергия электромагнитной волны ослабевает в геометрической прогрессии (экспоненциально). При высоких частотах, т.е. при небольшой длине волны, пучок энергии распределяется в области, близкие к поверхности, ослабевая по мере продвижения в глубь ткани. При низких частотах, в частности при радиочастоте, глубина проникновения значительно больше. Поскольку длина волны большая, то нагревание ткани не может быть локализовано в узкоограниченной зоне. Поэтому существует термин «объемный нагрев ткани» (*«bulk» tissue heating*) [1].

Механизм теплообразования подчинен закону Джоуля:

$$H = \frac{j^2}{\sigma},$$

где j – плотность электрического тока; σ – электрическая проводимость [2].

Физическое понятие, противоположное проводимости, называется сопротивлением или импедансом. Кровь и ткани с хорошим кровоснабжением обладают самой высокой электрической проводимостью. Костная ткань имеет очень низкий показатель электрической проводимости. Следовательно, электрический ток практически не проникает в костную ткань, но он как бы обтекает ее. Сухая кожа также имеет высокий уровень сопротивления электрическому току; она должна быть увлажнена для снижения уровня сопротивления и возможно большего проникновения электрического тока в ткань [1].

Ключевые слова:
радиочастота,
радиочастотная
энергия, вакуум,
целлюлит,
уплотнение кожи,
моделирование тела

Key words:
radiofrequency,
radiofrequency energy,
vacuum, cellulite,
skin tightening,
body simulation

ТИПЫ РАДИОЧАСТОТНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ

Электрическая проводимость тканей зависит от частоты электрического тока, типа ткани и ее температуры, а распределение электрического тока — от геометрического вида электродов. В медицине используются однополярные и дипольные конфигурации. Основная разница между этими системами заключается в возможности контроля за потоком электромагнитной энергии и в возможности целенаправленно управлять потоком энергии. Однако по суммарному эффекту воздействия на ткани при эквивалентном радиочастотном потоке (радиочастотной плотности энергии) они не различаются [1].

В *однополярной (или монополярной)* системе доставка энергии осуществляется через один активный электрод с относительно небольшой контактной поверхностью, который накладывается на область воздействия, в то время как другой, заземленный, электрод, значительно превышающий его по размерам, накладывается на тело на большом удалении. Активный электрод, как правило, имеет цилиндрическую форму. Он накладывается на поверхность кожи, следовательно, электрическая энергия концентрируется у поверхности электрода. Она значительно теряет свою мощность с увеличением расстояния. Глубина проникновения радиочастотной энергии может рассчитываться как половина диаметра электрода. Например, 10-миллиметровый однополярный электрод имеет примерную глубину проникновения 5 мм. Этого достаточно для того, чтобы проникнуть на глубину залегания мышц.

Преимущество однополярной системы — возможность создать высокую плотность энергии у поверхности активного электрода. Чрезвычайно популярные в хирургии монополярные радиоволновые аппараты с электродами малого размера имеют такой явный недостаток, как непредсказуемость, поскольку ток проходит через все тело от активного электрода к электроду заземляющему [1].

В *биполярной* системе электрический ток проходит между двумя электродами, расположенными на относительно небольшом расстоянии друг от друга. Оба электрода накладываются на область воздействия. Зона распространения электрического тока ограничена расстоянием между электродами. Глубина пенетрации приблизительно равна половине расстояния между электродами.

Основным преимуществом биполярной (дипольной) системы является контролируемое распространение радиоволновой энергии внутри ткани, зона которого ограни-

чена расстоянием между двумя электродами. Следовательно, биполярная система менее пригодна для электрохирургии, но более пригодна для гомеостаза и контролируемой коагуляции сосудов (с использованием интраваскулярного катетера) [1]. Поскольку биполярная энергия более локализована, то меньше энергии требуется для достижения эффекта нагревания тканей, сравнимого с получаемым при использовании монополярной энергии [3].

В настоящее время существуют также радиочастотные аппараты, включающие в себя триполярную и восьмиполярную конфигурации. По сути триполярная конфигурация — это комбинация из одного монополярного и одного биполярного электродов, а аппликатор-восьмиполярник — это не что иное как четыре пары биполярных электродов.

ПОКАЗАНИЯ И ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ АППАРАТАМИ НА ОСНОВЕ РАДИОЧАСТОТНОЙ ЭНЕРГИИ

Радиочастотный ток оказывает главным образом тепловой эффект на биологическую ткань. При этом необходимо учитывать, что реакция соединительных тканей на повышенный уровень тепла (и степень сжатия тканей) зависит от максимально достижимой температуры, продолжительности воздействия тепловой энергии на ткани, степени ее увлажнения и возраст пациента.

Подтяжка кожи. Радиочастотное (RF) излучение, способствует ретракции избыточной или ослабленной соединительной ткани посредством механизма денатурации коллагена. Коллаген вырабатывается фибробластами, которые синтезируют 3 полипептидные цепочки, закручивающиеся в тройную спираль. Процесс термального сжатия коллагена начинается с денатурации его тройной спирали. При нагревании разрушаются термолабильные межмолекулярные связи, и из высокоорганизованной кристаллической структуры белок переходит в гелеобразное состояние. Сжатие коллагена происходит посредством кумулятивного эффекта «раскручивания» тройной спирали, связанного с разрушением термолабильных межмолекулярных связей, и остаточного напряжения термостойких межмолекулярных связей [7].

Нагретые фибробласты вовлекаются в процесс формирования нового коллагена и последующее ремоделирование тканей, что также способствует достижению эстетического результата. Действие RF-излучения основано на умеренном нагревании коллагеновых и эластических волокон, что приводит

RF-воздействие — прекрасная альтернатива хирургическому лифтингу для пациентов с легкой и умеренной дряблостью кожи

к ретракции коллагена, утолщению кожи, повышению ее плотности и эластичности.

Как показали результаты ряда исследований, повышение внутрикожной температуры до 39–42°C (клинически эффективной температуры) способствует получению эстетических результатов. Hiragami и соавт. (2009) продемонстрировали, что тепловое воздействие в течение 10 мин при температуре 43°C повышало увеличение числа (3D-подобную пролиферацию) дермальных фибробластов и активизировало выработку нового коллагена [8].

Коррекция целлюлита. Воздействие RF-системы оказывает электротермическо-опосредованное омолаживающее действие на кожу и подкожные ткани. Радиочастотное излучение – это избирательное нагревание относительно больших объемов подкожной жировой ткани [1]. Нагревание ведет к улучшению микроциркуляции, а следовательно – к увеличению притока крови к жировой ткани [9], что, в свою очередь, повышает ее метаболизм, гомогенизируя подкожный жир и увеличивая эластичность кожи. Кроме того, Franco и соавт. (2010) в исследованиях *in vivo* показали, что RF-воздействие при температуре 43°C в течение 10 мин приводило к отсроченной гибели адипоцитов [1]. Однако, по мнению Galitzky и соавт. (1993), наблюдается усиление клеточного липолиза *in vivo* вследствие возросшего поступления катехоламинов в результате увеличения кровотока [10].

ПОДТЯЖКА КОЖИ С ПОМОЩЬЮ НЕАБЛЯТИВНОГО RF-ВОЗДЕЙСТВИЯ

Действие радиочастотного устройства для подтяжки кожи Thermage™ Inc. было изучено на экспериментальной модели – на нижней части мордочки и шее морской свинки [11]. Нагревание проводилось или поверхностно, на уровне папиллярного слоя дермы, или очень глубоко – на уровне подкожно-жировой клетчатки. Как оказалось, нагревание дермального слоя кожи приводит к денатурации коллагена и к последующему уплотнению и укорочению коллагеновых волокон, что сопровождалось повышением функции фибробластов и формированием неколлагена в течение нескольких месяцев. Гистологические изменения, связанные с формированием нового коллагена в дерме, были отмечены в зоне воздействия, где наблюдалось сокращение кожи. Позднее были организованы многоцентровые слепые клинические исследования с участием 86 пациентов с периорбитальными морщинами или с дряблой кожей, которым была проведена 1 процедура [12]. 50% пациентов были доволь-

ны или очень довольны результатами. Большинство пациентов испытывали болевые ощущения от легких до умеренных. Отмечались побочные эффекты, в частности эритема (36%) и отек (13,9%).

Alster и Tanzi (2004) провели подобное исследование с участием 50 пациентов (средний возраст – 53,3 года) с дряблостью кожи от легкой до умеренной: в области щек – у 30 пациентов и шеи – у 20 пациентов [13]. Эстетический эффект в зоне носогубных складок после RF-воздействия был отмечен у 28 из 30 пациентов. Улучшение в подчелюстной области и верхней части шеи отмечалось у 17 из 20 пациентов. У 5 пациентов старше 62 лет эффекта не наблюдалось. У всех пациентов в течение 2–12 ч сохранялась легкая эритема. 56% процентов пациентов жаловались на болезненные ощущения в обрабатываемой области; им были назначены пероральные противовоспалительные препараты. У 3 пациентов (6%) наблюдались эритематозные папулы, которые разрешились спонтанно в течение 24 ч после процедуры. У 1 пациента возникла дизестезия нижней челюсти, которая спонтанно исчезла в течение 5 дней. Таким образом, благодаря неинвазивности и незначительным побочным эффектам RF-воздействие – прекрасная альтернатива хирургическому лифтингу для пациентов с легкой и умеренной дряблостью кожи.

Abraham и соавт. (2004) изучали RF-воздействие на область над бровью у 35 пациентов [14]. Одним пациентам была проведена только RF-обработка, другим – чрескожный лифтинг средней зоны лица и RF-терапия. Через 12 нед после процедуры у всех пациентов отмечалось статистически значимое увеличение высоты брови. У пациентов, которым выполнялось только RF-воздействие, высота брови в среднем увеличилась на 1,6–2,4 мм. Побочные эффекты были минимальными.

Fritz и соавт. (2004) первыми выполнили сравнительное изучение единичных и множественных RF-процедур у пациентов различных категорий: с легкой и умеренной дряблостью кожи в области средней и нижней трети лица [15]. 11 пациентам была проведена 1 процедура, 9 пациентам – 2 процедуры с интервалом в 1 мес. Полученные результаты для каждой группы пациентов сравнивали с использованием независимого t теста. Через 4 мес пациенты из 2-й группы получили более высокую оценку, чем пациенты из 1-й группы. 2 RF-процедуры оказались более эффективны, чем 1 процедура, хотя в общем улучшения были незначительными у пациентов обеих групп.

**RF-терапия –
хороший метод
коррекции
целлюлита**

Fisher и соавт. (2005) опубликовали данные о практическом использовании RF-аппарата ThermoCool™, предназначенного для коррекции дряблости кожи лица [16]. По их мнению, аппарат малоэффективен при ожирении и значительных избытках кожи. Подчеркивается необходимость постоянного наблюдения за пациентом во время процедуры, чтобы отследить признаки ретракции и отека (их появление — момент окончания воздействия). Аппарат применялся также для коррекции дряблости кожи рук, ног, живота и ягодиц.

Emilia del Pino и соавт. (2006) использовали монополярный RF-аппарат Accent™ для коррекции целлюлита у 26 женщин с явным двусторонним целлюлитом в области ягодиц и бедер (проводились по 2 процедуры с интервалом 15 дней [17]. У 68% пациенток было отмечено уменьшение объемов приблизительно на 20%. Авторы пришли к выводу, что RF-терапия — хороший метод коррекции целлюлита при дряблости кожи. Побочные эффекты включали небольшие гематомы у 2 пациенток и экхимозы у 3.

В 2007 г. Friedman и Gilead сообщили о коррекции морщин на лице и дряблости кожи при помощи однополярной насадки для глубокого прогревания ткани и двуполярной насадки для поверхностного [18]. 16 пациенткам было сделано от 4 до 6 процедур с интервалом 2–3 нед. В течение 60 с поддерживалась терапевтическая температура 39–43°C. После воздействия у всех пациенток наблюдалась эритема, которая исчезла самостоятельно через 1–2 ч. Ожогов и повреждений кожи зафиксировано не было. У 69% пациенток отмечены улучшения.

Ikomi и Schmid-Schonbein (1995) продемонстрировали технику механического массажа, улучшающего микроциркуляцию и трофику кожи, отметили изменения морфометрических измерений при целлюлите благодаря улучшению лимфодренажа, временно сокращающего отек [19]. Согласно Monteux и Lafontan (2008), аспирационный массаж оказывает прямое влияние на микроциркуляцию, а также на эластичность соединительнотканых перегородок в дерме и подкожный жир [20].

Первая вакуумная система была описана Gold и соавт. (2007) [21]. Вакуумный биполярный аппарат втягивал кожу между двумя параллельными электродами непосредственно перед воздействием RF-излучения. 46 пациентам было сделано 8 процедур на лице с интервалом через 1–2 нед. Через 6 мес их состояние оценивали по шкале классификации морщин по Fitzpatrick и по аналогичной визуальной шкале. На протяжении всего курса лечения и впоследствии отмечалось значительное улучшение внешнего вида кожи и ее текстуры. Осложнений не было.

Клинические и гистологические результаты использования вакуумного биполярного RF-аппарата для коррекции морщин, дряблости кожи, рубцов постакне и растяжек были опубликованы Montesi и соавт. (2007) [22]. 36 пациентов получили курс из

Предъявителю
купона на покупку
аппарата INFUSION™

СКИДКА **12%**
ТОЛЬКО ДО
МАРТА

Infusion™

Мезотерапия без иглы
на аппарате INFUSION™ (VIORA, Израиль)



Реклама

Уникальность метода:

комфортно и безболезненно

отсутствие игл

нет следов от уколов

мгновенный видимый
результат

возможность введения
низко- и высокомолекулярных
веществ

90% препарата достигает цели

частота воздействия
– 3000 МГц

VIORA
Revealing your potential

В комплект входят
180 ампул для лица и тела:

- восстановление
- лифтинг
- глубокое увлажнение
- лечение стрий
- тонизация кожи
- профилактика целлюлита



Электропорация – метод трансдермальной
доставки продукта в клетку



АльфаСПА Эксклюзивный дистрибьютор Viora (Израиль)
109240, Москва, Москворецкая наб., д.2а, стр.1 Тел.: (495)775-26-50
e-mail:alfaga@alfaspa.com www.alfaspa.com www.viora-med.ru

6–8 процедур с интервалом 2 нед. RF-воздействие оказывалось не только на проблемные участки (например, периорбитальную зону), но и на дистальные (лоб и височную область), чтобы улучшить общий эффект сокращения коллагена. 15 пациентам были сделаны 2 биопсии: 1-ю – в начале лечения, 2-ю – через 3 мес после проведения последней процедуры. После 2-й процедуры у всех пациентов наблюдались улучшения в обрабатываемых областях. По окончании курса все пациенты были полностью удовлетворены результатом. Наиболее выраженные результаты были отмечены при коррекции растяжек. Временные побочные эффекты включали высыпания и экхимозы. Завышенные параметры воздействия в 2 случаях привели к появлению волдырей. Пункционная 3 мм биопсия кожи необработанных участков выявила атрофию и выраженную эластоидную дегенерацию коллагена, тогда как биопсия обработанной кожи показала уменьшение атрофии коллагена и увеличение интерстициального отека, указывающего на улучшение трофики кожи.

Проблеме безопасности неаблятивной RF-подтяжки кожи посвящена публикация Weiss и соавт. (2006) [23]. Авторы анализируют эффективность и безопасность более чем 600 процедур RF-подтяжки кожи лица. Алгоритм воздействия изменялся от единственной обработки при высокой плотности потока до многократных проходов. Низкая плотность потока при множественных обработках приводит к лучшим результатам и лучше переносится пациентами.

Narins и соавт. (2006) сообщили о редких случаях чрезмерного воздействия на ткани, которое может привести к неровностям кожи, сохраняющимся более 6 мес [24]. Эта проблема решается с помощью субцизии (подсечения) и аутогенной пересадки жира, однако ее лучше предотвратить, наблюдая за пациентом во время процедуры. Реакция пациента на нагревание кожи – надежный критерий для выбора параметров RF-терапии, что в значительной степени сокра-

щает риск чрезмерного воздействия и побочных эффектов.

Биполярный RF-аппарат (Израиль), объединяющий технологию CORE™ (Channeling Optimized RF-Energy) и технику механического массажа, был разработан с целью воздействия на кожу высокочастотным электрическим током для неинвазивной подтяжки, уменьшения проявлений целлюлита и коррекции неглубоких морщин в различных областях тела.

Технология CORE™. Глубина проникновения RF-излучения зависит от частоты электромагнитных волн, проницаемости ткани и ее проводимости.

Глубина проникновения обратно пропорциональна квадратному корню частоты. Следовательно, низкие частоты более глубоко проникают в кожу. Контролировать глубину нагревания особенно важно при работе на аппарате, который предназначен для коррекции эстетических проблем (как на теле, так и на лице).

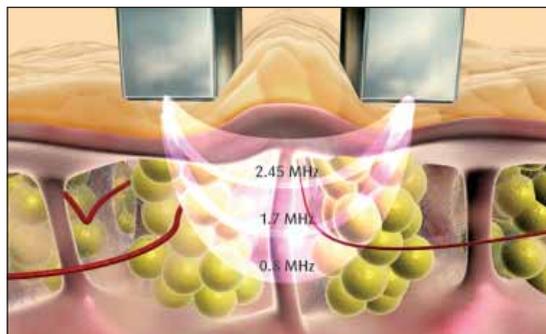
Технология CORE™ позволяет самостоятельно устанавливать глубину нагревания, используя излучение 3 различных частот: 0,8; 1,7 и 2,45 МГц, а также сочетание этих частот в одном импульсе (рис. 1). 4 различных частотных режима могут быть выбраны оператором для достижения глубинного нагревания, что рекомендуется делать для каждого пациента и при каждом воздействии.

Проводимость ткани зависит от ее температуры. Повышение температуры на 1°C снижает сопротивление кожи на 2% (Duck, 1990) [25]. Вследствие этого распределение электрического тока можно регулировать, предварительным нагреванием различных участков. Предварительное нагревание обрабатываемой области увеличивает ее проводимость, а следовательно – селективное нагревание RF-излучением. Поэтому, если температура обрабатываемой ткани выше окружающей, то RF-ток селективно фокусируется, повышая нагрев обрабатываемой области (Franco с соавт. 2010) [1].

Преимущество сочетания 3 частот дает возможность оператору одновременно прогреть все слои кожи. Благодаря этому осуществляется предварительное нагревание кожи и по достижении клинически эффективной температуры значительно уменьшается длительность обработки. Как только температура всех слоев кожи достигает клинически эффективной – 39–42°C, оператор может сконцентрироваться на обработке проблемной области. Например, при низкой частоте (0,8 МГц) можно воздействовать на жировую ткань, не теряя энергии излучения и времени процедуры.

82% пациентов
высоко
оценили
результат
лечения

Рис. 1.
Технология
CORE™



В систему входят 3 различных аппликатора:

- аппликатор В-Contour для обработки поверхностей площадью 35×30 мм подает импульсное RF-излучение мощностью 50 Вт и вакуум;
- аппликатор F-Contour для обработки небольших участков площадью 15×10 мм подает импульсное RF-излучение мощностью 8,5 Вт и вакуум;
- ST-аппликатор, предназначенный для подтяжки кожи лица, тела и обработки поверхностей площадью 8×8 мм, подает импульсное RF-излучение плотностью энергии 130 Дж/см³ (без вакуума) и охлаждается до 6°C.

Измерения *in vivo* глубины проникновения различных частот. Для определения глубины нагревания ткани при различных частотах было проведено исследование *in vivo* на коже 2 домашних свиней (возраст — 6 мес, вес — 146,5 и 157,0 кг) с использованием тепловой видеокамеры (тепловизора). Тепловизор (TiR3FT, Fluke, США) улавливает температуру в диапазоне от -20 до 100°C, обладает чувствительностью 0,07°C и погрешностью $\pm 2^\circ\text{C}$. Исследования проводились под ингаляционной анестезией (Isoflurane 2–3%).

Были протестированы 3 разных RF-аппликатора. Для исследования влияния частоты на глубину прогревания ткани обработка проводилась при фиксированной частоте и интенсивности вакуума, а также при фиксированном количестве импульсов и изменении только типа частоты. Видеозапись изображений разрезанной кожи началась с 1-го импульса и была прекращена, когда температурный эффект ослаб, т.е. примерно через 2 мин после последнего импульса. Для сравнения глубина нагревания была определена произвольно. Выбрали глубину, при которой температура ткани повысилась на 4°C по отношению к исходной (обычно — 28°C).

Целлюлит и моделирование фигуры. В исследовании участвовали 27 здоровых женщин от 24 до 63 лет с индексом массы тела менее 29. Критерии включения в исследование: умеренный двусторонний целлюлит, соответствующий или превышающий II степень, в абдоминальной области, на бедрах и ягодицах. Пациенткам не разрешалось соблюдать диету или вызывать любые изменения веса более чем на 2 кг в течение всего периода исследования. Всем участницам было проведено 8 процедур с интервалом 1 нед. 3 пациентки покинули исследование по личным причинам, не имевшим отношения к эксперименту. Фотографии были сделаны в начале (до проведения 1-й процедуры), во

время проведения курса процедур (после 4-й процедуры) и в конце курса процедур (через 1 нед после 8-й процедуры), затем 1 раз в месяц в течение 3 мес во время контрольного осмотра и 1 раз через 6 мес после последней процедуры. Измерения объемов бедер, ягодиц и живота проводились независимыми экспертами. Анализ выполнялся до курса процедур, перед 4-й процедурой и во время каждого контрольного визита на основе данных клинической оценки фотографии, измерений объемов (талии, бедер, живота) и оценки степени удовлетворенности пациенток. Для завершения обзора 3 независимых эксперта должны были оценить степень выраженности целлюлита по случайно выбранным фотографиям. Измерения проводились в соответствии со стандартными методами. Кроме того, исследователи должны были немедленно сообщать о побочных или неожиданных эффектах. Степень удовлетворения пациенток (в баллах) отмечалась при каждом контрольном визите в течение 3 мес.

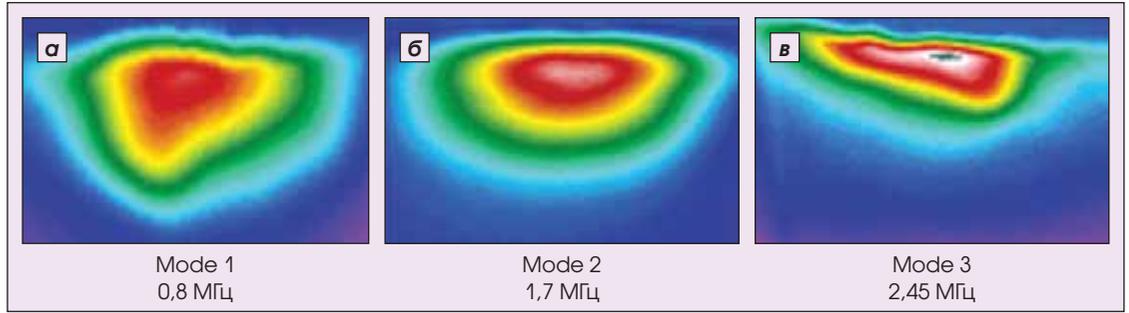
Подтяжка кожи. 16 здоровым пациенткам в возрасте от 37 до 66 лет с умеренными и глубокими морщинами или/и дряблой кожей были проведены процедуры с использованием системы Reaction™. Всем пациенткам было выполнено по 3 процедуры с интервалом 3 нед. При обработке лица воздействие оказывалось на всю поверхность кожи, при обработке областей тела (например, абдоминальной) — только на кожу правой стороны. Средняя длительность каждой процедуры составила 25 мин. Для мониторинга и анализа окончательных результатов по стандартному методу были сделаны фотографии: до проведения курса процедур, перед каждой процедурой, на каждой из 2 контрольных консультаций, через 1 и 3 мес после окончания курса. Фотографии, сделанные на 2-й консультации, были проанализированы 3 независимыми экспертами, которые отметили улучшения. Дополнительно сравнивали фотографии, выполненные на 1-й и 2-й консультациях, отметив значительную разницу. Степень удовлетворения пациенток (в баллах) фиксировалась после проведения 3-й процедуры и на каждой контрольной консультации.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ RF-ТЕРАПИИ

Измерения *in vivo* глубины проникновения различных частот. Эксперименты *in vivo* подтвердили, что глубина нагревания, достигаемая при применении разных частот, обратно пропорциональна частоте. Во всех случаях глубина прогревания тканей была наибольшей при самой низкой частоте (0,8 МГц), а

Из всех методов, основанных на нагревании тканей, RF-терапия наиболее надежна и клинически эффективна

Рис. 2. Изображения на экране тепловизора отражают нагревание тканей ST-аппликатором при различных частотах



самой поверхностной – при самой высокой частоте (2,45 МГц). Глубина проникновения при различных частотах была изучена *in vivo* на свиньях. Режим воздействия: уровень ST-аппликатора – 3 (примерно 40 Дж/см²), единичный импульс, глубина нагревания – 7,2; 5,1 и 3,9 мм, частота – 0,8; 1,7 и 2,45 МГц (рис. 2).

Исследования *in vivo* продемонстрировали также увеличение эритроцитов и объема плазмы крови, что свидетельствует об улучшении кровообращения (рис. 3).

Повышение эластичности соединительной ткани было рассмотрено в соответствии модельными экспериментами по заживлению ран *in vitro*, согласно которым снятие

напряжения распластанных фибробластов в культуре запускает эктоцитоз, играющий решающую роль в ремоделировании внеклеточного матрикса [26]. Однако при растяжении культуральных фибробластов Kim с соавт. (2002) отметили увеличение экспрессии коллагена I и III типов [27]. Согласно результатам исследований, фибробласты соединительной ткани активно участвуют в процессах заживления ран и ремоделирования внеклеточного матрикса, отвечая на механическое растяжение усилением экспрессии генов коллагена I и III типов и фактора роста β_1 (TGF).

В ходе исследований *in vivo* на свиньях показана возможность получения эффекта ремоделирования соединительной ткани после RF-воздействия (рис. 4). Через 8 ч после завершения процедуры признаки неоднородности соединительной ткани как результата микротравмы были заметны на образце подкожно-жировой клетчатки. Через 48 ч после процедуры наблюдалось формирование новой соединительной ткани как результат процесса заживления.

Эксперименты *in vivo* показали, что вакуум также значительно влияет на глубину проникновения RF-излучения. Повышение только интенсивности вакуума приводит к увеличению глубины проникновения. Например, при 4-м уровне вакуума в режиме I (0,8 МГц) повышается глубина проникновения на 7,3 и 2,7 мм при применении аппликаторов B-Contour и F-Contour по сравнению с 1-м уровнем интенсивности вакуума (табл. 1).

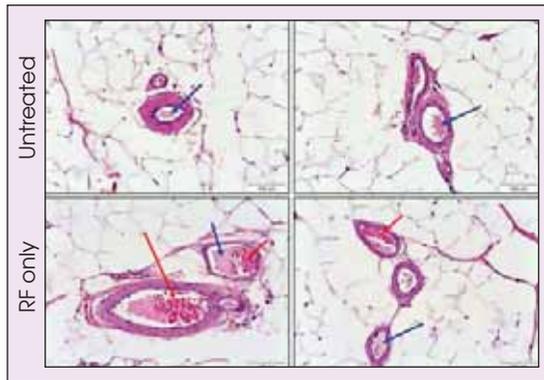


Рис. 3. ПЭТ-срезы (30 мкм) подкожно-жировой клетчатки свиньи через 48 ч после процедуры. Красными стрелками показаны эритроциты в кровеносных сосудах, а синими – плазма крови. (ПЭТ – позитронно-эмиссионный томограф)

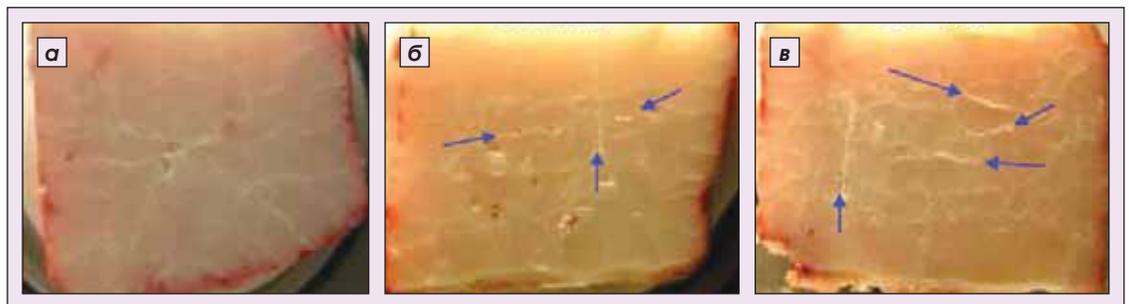


Рис. 4. Срезы подкожно-жировой клетчатки: а – контроль (необработанный участок); б – через 8 ч (острая реакция); в – через 48 ч после процедуры. Синими б-стрелками показаны неровности соединительной ткани как результат микротравмы; в-стрелки – образование новой соединительной ткани (процесс заживления)

Глубина расположения области нагревания тканей при использовании аппликаторов (А) В-Contour и (В) F-Contour при наивысшем и самом низком уровнях интенсивности вакуума и режимах RF-воздействия

	Интенсивность вакуума	Частота, МГц	Глубина нагревания тканей, мм		
А	4 (highest)	0,8	18,6	А	12,4 мм
	4 (highest)	2,45	11,8	В	
	1 (lowest)	0,8	11,3	С	
	1 (lowest)	2,45	6,2	D	
В	4 (highest)	0,8	10,7	А	6,5 мм
	4 (highest)	2,45	6,4	В	
	1 (lowest)	0,8	8	С	
	1 (lowest)	2,45	4,2	Д	

Клинический опыт в сочетании с технологией CORE™ дает возможность точно подбирать степень нагревания ткани для конкретного пациента и конкретной проблемы. Например, толщина дермы у пациентов в разных анатомических зонах может быть разной – от менее 2 до почти 5 мм. Поэтому (например при целлюлите) требуется более глубокое прогревание подкожных слоев, а при коррекции морщин – поверхностное нагревание дермы.

Сочетание 3 частот с 4 разными уровнями вакуума обеспечивает широкий диапазон глубины проникновения RF-излучения. Как видно из табл. 1, при использовании аппликатора В-Contour она увеличивается от 6,2 мм при частоте 2,45 МГц (режим III) и самом низком уровне вакуума (уровень 1) до 18,6 мм при самой низкой частоте 0,8 МГц (режим I) и самой высокой интенсивности вакуума (уровень 4). Таким образом, система предоставляет широкий диапазон возможных режимов воздействия, поэтому у специалистов есть возможность гибкого подхода к пациентам.

Коррекция целлюлита. В целом среднее улучшение внешних проявлений целлюлита было отмечено у 55% участников исследования. У 79% участников улучшения колебались от умеренных до значительных. Наиболее значительные улучшения (75%) были зафиксированы у пациентов с целлюлитом II–III степени (рис. 5). По данным самооценки, все пациенты были удовлетворены результатами. На устойчивость результатов CORE™ указывает то, что не было отмечено ни одного ухудшения как во время исследования, так и в течение 3 мес контрольных визитов. Кроме того, значительно уменьшилась дряблость кожи и улучшилась ее текстура в обрабатываемых областях. Исследователи предположили, что полученный эффект связан с использованием различных частот и особенно режима III (при частоте 2,45 МГц мишенью становится эпидермис и дерма). Осмотр пациентов на 1-й

контрольной консультации после процедуры показал полное сокращение признаков целлюлита при первоначальной степени, равной 1,38. В конце исследования количество участников с целлюлитом I–II степени составило 91,6%, а выше II степени – только 8,4%.

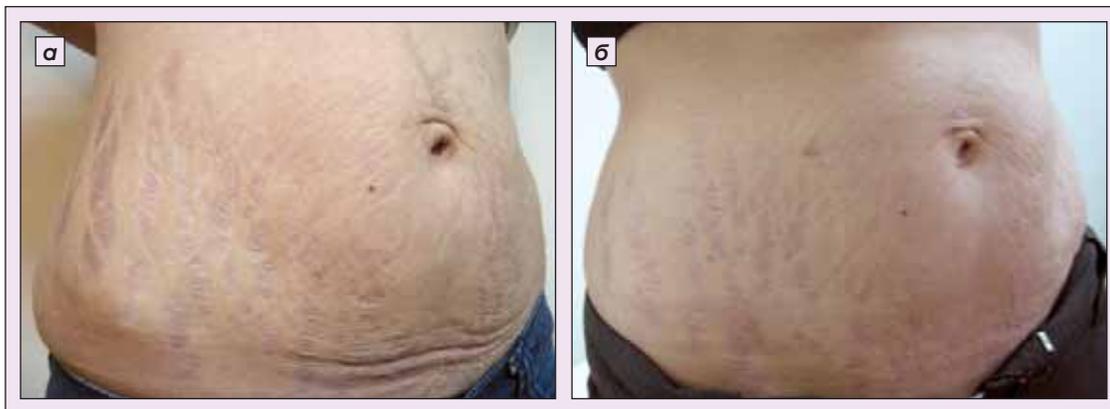
Сравнение измерений, выполненных до начала лечения и на 1-й контрольной консультации, показало уменьшение объема ягодиц на 3,31 см, бедер – на 2,94 см и живота – на 2,14 см.

Подтяжка кожи. У 50% пациентов отмечался умеренный эффект подтяжки кожи и у 31% – значительный. При проведении коррекции дряблости кожи в области живота умеренное улучшение (51–75%) наблюдалось у 3 пациентов, а значительное (>75%) – у 2 (рис. 6). При обработке нижней челюсти умеренные улучшения (51–75%) зафиксированы у 2 пациентов и значительные (>75%) – у 1. При воздействии на область скуловой кости на лице умеренное улучшение (51–75%) было достигнуто у 3 пациентов и значительное (>75%) – у 2 (рис. 7). Сравнение измерений, сделанных во время 2 контрольных консультаций (через 1 и 3 мес после процедуры) и до



Рис. 5. 37-летняя женщина с целлюлитом II степени и с неровной кожей на бедрах до проведения процедуры (а) и после 7 процедур (б); объем бедер уменьшился на 3,5 см

Рис. 6. Результаты коррекции дряблой и обвисшей кожей в области живота у 40-летней женщины: до (а) и после 5 лечебных процедур (б)



начала лечения, показало устойчивость результата. Более того, результаты были стабильными и сохранялись с течением времени, никаких отклонений не было зафиксировано ни у одного из пациентов. 82% пациентов высоко оценили результат лечения.

СОЧЕТАНИЕ RF-ВОЗДЕЙСТВИЯ С ДРУГИМИ МЕТОДАМИ

Многие практикующие врачи при реализации омолаживающих методов начинают сочетать различные способы коррекции фигуры, чтобы быстрее достичь наилучшего результата, особенно при высокой степени целлюлита. Например, мезотерапию можно сочетать с такими методами, как ультразвук, RF-воздействие и механическая аспирация. Также сочетают мезотерапию с RF-терапией или со стандартной эндермологией. Мезотерапия выполняется на первых 6 процедурах, а затем следуют 4 или 6 процедур RF-воздействия или механической аспирации. Система Reaction™ используется во всем мире, и некоторые специалисты разработали собственные протоколы лечения помимо стандартных. В отдельных случаях сочетают подтяжку кожи с сокращением нежелательных объемов с помощью аппликатора В-Contour. На рис. 8 показаны результаты

такой процедуры, которая проводилась только на левой стороне тела в соответствии со специальным протоколом с использованием аппликатора В-Contour; через 8 процедур существенно уменьшились проявления целлюлита на обработанной стороне по сравнению с необработанной, улучшилась текстура кожи, а также поднялась ягодичная складка.

ПОДТЯЖКА КОЖИ И УЛУЧШЕНИЕ КОНТУРОВ ТЕЛА ПОСЛЕ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ПОТЕРИ ВЕСА

Экстремальная потеря избыточного веса и резкие колебания в объеме жировой ткани (независимо от того, произошло это при помощи диеты или физических упражнений, хирургической или эстетической процедуры) могут привести к неэстетическим складкам кожи и растяжкам. Подобные провисания кожи и образование кожных складок характерно для любого быстрого и массивного похудения, независимо от причин потери веса. Иногда можно наблюдать обвисание кожи после родов, лишние килограммы уходят быстро, а кожа «не успевает» подтянуться. Проблема тонуса кожи стоит в одном ряду с проблемой избыточного веса. И решать их нужно параллельно. Хирургические процедуры, связанные с коррекцией контуров тела, имеют риски и осложнения. Поэтому неинвазивные методы лечения и коррекции становятся все более популярными, в том числе основанные на RF-технологии. Благодаря универсальности технологии CORE™ удалось разработать специальный протокол ReFit™ для таких случаев. С момента его запуска многие пациенты, которые прошли лечение, получили удовлетворительные результаты (рис. 9, 10 и 11).

Таким образом, объемное нагревание дермы для неинвазивной и неаблятивной подтяжки кожи эффективно и широко применяется на практике. Опубликованные результаты свидетельствуют о высокой безопасности RF-терапии. При этом очень важен



Рис. 7. Результаты коррекции дряблой и обвисшей кожей в области щек и складок в области нижнего века у 34-летней женщины: а — до и б — после 3 процедур

правильный выбор пациентов и реалистичность их ожиданий. Из всех методов, основанных на нагревании тканей, RF-терапия наиболее надежна и клинически эффективна (табл. 2). Ее дополнительное преимущество состоит в том, что при изменении параметров воздействия можно достигать различных слоев кожи — от ретикулярного до гиподермы.

Эксперименты продемонстрировали уникальные возможности радиотерапии. Технология CORE™ позволяет использовать различные частоты, режимы RF-воздействия и уровни интенсивности вакуума. Благодаря этому можно контролировать процесс при проведении полного спектра RF-процедур на разных областях тела и лице, а также учитывать индивидуальные особенности и конкретные проблемы каждого пациента.



Рис. 8. 42-летняя женщина с дряблой, обвисшей кожей и целлюлитом III степени:
а — обработанная область;
б — необработанная



Рис. 9. Результаты уменьшения дряблости кожи в области живота. 30-летняя женщина после потери 58 кг веса:
а — до; б — после 3 и в — после 8 процедур

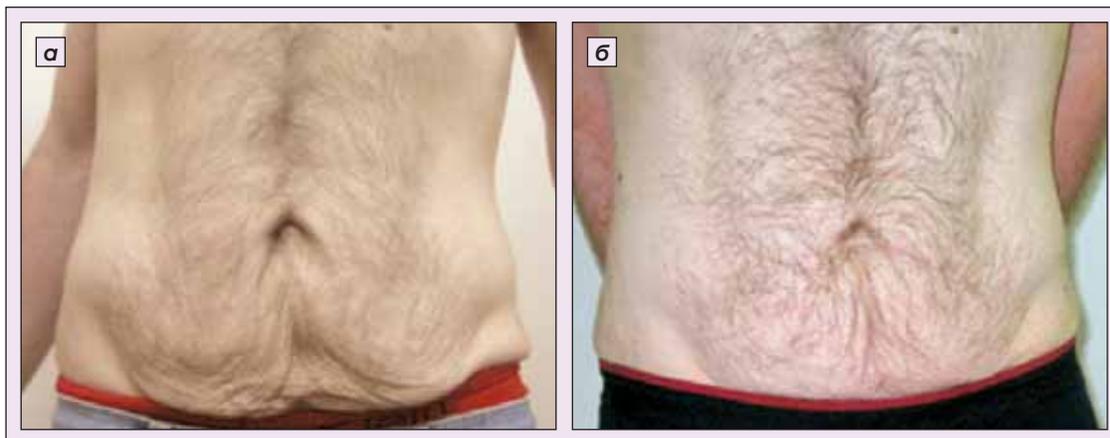


Рис 10. Результаты улучшения структуры и уменьшения дряблости кожи в области живота. 27-летний мужчина после потери 52 кг веса:
а — состояние кожи до лечения; б — после 8 лечебных процедур



Рис. 11. Улучшение структуры кожи в области живота у 33-летней женщины после потери 52 кг веса:
а — до; б — после 4 процедур

Методы коррекции контуров тела и область их использования (28)

Метод	Целлюлит	Дряблость кожи	Избыточные жировые отложения	Неровность контура
Вакуумный массаж (эндермология)	+	-	-	+
Липосакция	-	-	+	+
Химический липолиз (мезотерапия)	-	-	+	+
Лазерный липолиз	-	+	+	+
Комбинированная липосакция, роллерный массаж, инфракрасное излучение, биполярное радиочастотное излучение (аппарат VelaSmooth)	+	?	-	+
Диодный лазер, вакуумный массаж (аппарат «TriActive»)	+	?	-	+
Аппарат VelaShape	+	+	+	+
Вакуум, биполярное RF-излучение, с использованием различных частот (0,8, 1,7 и 2,45 МГц), а также сочетание этих частот в одном импульсе (аппарат Reaction)	+	+	+	+
Фокусированный ультразвук (аппарат Ultrashape)	-	?	+	+
Подтяжка кожи (аппараты Thermage, Titan, Palomar Lux IR, ReFirme, Accent)	-	+	-	+
Криолиполиз (аппарат Zeltiq)	-	-	+	+

ЛИТЕРАТУРА

1. Franco W., Kothare A., Ronan S.J. et al. Hyperthermic injury to adipocyte cells by selective heating of subcutaneous fat with a novel radiofrequency device: feasibility studies // *Lasers Surg. Med.* – 2010; 42: 361–370.
2. Gabriel S., Lau R.W., Gabriel C. The dielectric properties of biological tissues: III. Parametric models for the dielectric spectrum of tissues // *Phys Med Biol.* – 1996; 41: 2271–2293.
3. Sadick N.S., Makino Y. Selective electrothermolysis in aesthetic medicine: a review // *Lasers Surg Med.* – 2004; 34: 91–97.
4. Sung R.J., Lauer M.R. Fundamental approaches to the management of cardiac arrhythmias // Springer. – 2000: 153.
5. Shiffman M.A., Mirafati S.J., Lam S.M., Cueteaux C.G. Simplified facial rejuvenation // Springer. – 2007: 157.
6. Carruthers A. Radiofrequency resurfacing: technique and clinical review // *Facial Plast Surg Clin N Am.* – 2001; 9: 311–319.
7. Arnoczky S.P., Aksen A. Thermal modification of connective tissues: basic science considerations and clinical implications // *J. Am Acad Orthop Surg.* – 2000; 8: 305–313.
8. Hiragami F., Motoda H., Takezawa T. et al. Heat shock-induced three-dimensional-like proliferation of normal human fibroblasts mediated by pressed silk // *Int. J. Mol. Sci.* – 2009; 10: 4963–4976.
9. Hjelmdahl P., Linde B. Adrenergic control of blood flow and lipolysis in human adipose tissue. In alpha-adrenoceptor blockers in cardiovascular disease. H. Refsum and O. D. Mjos, editors. – Churchill Livingstone, Edinburgh, 1985; 151–164.
10. Gallitzky J., Lafontan M., Nordenstrom J., Amer P. Role of vascular alpha-2 adrenoceptors in regulating lipid mobilization from human adipose tissue // *J. Clin. Invest.* – 1993; 91: 1997–2003.
11. Hsu T.S., Kammer M.S. The use of non ablativ radiofrequency technology to tighten the lower face and neck // *Semin Cutan Med Surg.* – 2003; 22: 115–123.
12. Fitzpatrick R., Geronemus R., Goldberg D. et al. Multicenter study of noninvasive radiofrequency for periorbital tissue tightening // *Lasers Surg Med.* – 2003; 33: 232–242.
13. Alster T.S., Tanzi E. Improvement of neck and cheek laxity with a nonablativ radiofrequency device: a lifting experience // *Dermatol Surg.* – 2004; 30: 503–507.
14. Abraham M.T., Chiang S.K., Keller G.S. et al. Clinical evaluation of non-ablativ radiofrequency facial rejuvenation // *J. Cosmet Laser Ther.* – 2004; 6: 136–144.
15. Fritz M., Counters J.T., Zelickson B.D. Radiofrequency treatment for middle and lower face laxity // *Arch Facial Plast Surg.* – 2004; 6: 370–373.
16. Fisher G.H., Jacobson L.G., Bernstein L.J. et al. Nonablativ radiofrequency treatment of facial laxity // *Dermatol Surg.* – 2005; 31: 1237–1241.
17. Del Pino E.M., Rosado R.H., Azuela A. et al. 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.
18. Friedman D.J., Gilead L.T. The use of hybrid radiofrequency device for the treatment of rhytides and lax skin // *Dermatol Surg.* – 2007; 33: 543–551.
19. Ikomi F., Schmid-Schonbein G.W. Lymph transport in the skin // *Clin Dermatol.* – 1995; 13: 419–427.
20. Monteux C., Lafontan M. Use of the microdialysis technique to assess lipolytic responsiveness of femoral adipose tissue after 12 sessions of mechanical massage technique // *J. Eur Acad Dermatol Venereol.* – 2008; 22: 1465–1470.
21. Gold M.H., Goldman M.P., Rao J. et al. Treatment of wrinkles and elastosis using vacuum-assisted bipolar radiofrequency heating of the dermis // *Dermatol Surg.* – 2007; 33: 300–309.
22. Montesi G., Calvieri S., Balzani A., Gold M.H. Bipolar radiofrequency in the treatment of dermatologic imperfections: clinicopathological and immunohistochemical aspects // *J. Drugs Dermatol.* – 2007; 6: 890–896.
23. Weiss R.A., Weiss M.A., Munavalli G., Beasley K.L. Monopolar radiofrequency facial tightening: a retrospective analysis of efficacy and safety in over 600 treatments // *J. Drugs Dermatol.* – 2006; 5: 707–712.
24. Narins R.S., Tope W.D., Pope K., Ross E.V. Overtreatment effects associated with a radiofrequency tissue-tightening device: rare, preventable, and correctable with subcision and autologous fat transfer // *Dermatol Surg.* – 2006; 32: 115–124.
25. Duck F.A. Physical properties of tissue. – New York, NY: Academic Press Limited, 1990. – P. 173.
26. Lee T.L., Lin Y.C., Mochitate K., Grinnell F. Stress-relaxation of fibroblasts in collagen matrices triggers ectocytosis of plasma membrane vesicles containing actin, annexins II and VI, and b1 integrin receptors // *J. Cell Sci.* – 1993; 105: 167–177.
27. Kim S.G., Akaike T., Sasagaw T. et al. Gene expression of type I and type III collagen by mechanical stretch in anterior cruciate ligament cells // *Cell Struct Funct.* – 2002; 27: 139–144.
28. Sadick N.S., Katz B.E. Procedures in Cosmetic Dermatology: Body Contouring: A Review // *Cellulite treatment using lasers and other light sources.* – 2011; 15: 202.

S U M M A R Y

RADIO THERAPY AND ITS USE IN AESTHETIC MEDICINE

I. Belenkaya, PhD (Israel); M. Elman, Israeli Association of Dermatologists; U.B. Iosef, MD (Israel); S.D. Brown (USA); M. Vaskevich, Viora LTD (Canada); K. Levit, Development Director, Viora LTD (Israel)

The paper considers the capacities of radiofrequency (RF) energy to tighten the skin and to correct cellulite (according to the data of foreign investigations). It analyzes a combination of RF exposure with other techniques: mesotherapy, ultrasound, mechanical aspiration.