

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2012

УДК 615.46.03:616.716.4-089].015.44.076.9

В. А. Маланчук¹, Е. А. Астапенко¹, В. В. Григоровский²

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ДИНАМИКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ ДЕФЕКТА НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ И ТИТАНОВЫХ ПЛАСТИН И ШУРУПОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

¹Национальный медицинский университет им. А. А. Богомольца (01601, г. Киев, Украина, ул. Т. Шевченко, д. 13); ²ГУ Институт травматологии и ортопедии Национальной АМН Украины (01601, г. Киев, Украина, ул. Воровского, д. 27)

В эксперименте на 52 крысах, которым после создания дырчатого дефекта нижней челюсти имплантировали титановые и полиуретановые (ПУ) пластины и шурупы, изучена морфологическая динамика и морфометрические параметры показателей регенерации в дефектах и окружающих костной и мягких тканях. Установлено, что в сроки наблюдения 7–14 сут вокруг имплантатов формируется соединительнотканная капсула, которая со временем созревает и сохраняется вплоть до 90-х суток. Фиброзная капсула ПУ-шурупов в отличие от титановых содержит очаги неспецифического гранулематозного воспаления инородных тел вокруг частиц ПУ, что, однако, мало влияет на созревание капсулы и формирование костных регенератов вокруг дефекта. Средняя площадь костных регенератов в области имплантации ПУ-пластин больше, чем в соответствующих сериях, когда применяли титановые пластины, а при имплантации ПУ-шурупов — в ранние и поздние сроки превышает средние значения для локусов титановых шурупов либо приближается к ним.

Ключевые слова: острая травма нижней челюсти, имплантация титановых и полиуретановых пластин и шурупов

COMPARATIVE DYNAMICS OF MORPHOLOGICAL CHANGES AND MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS IN THE REGION OF A MANDIBULAR DEFECT AFTER THE IMPLANTATION OF POLYURETHANE AND TITANIUM PLATES AND SCREWS (AN EXPERIMENTAL STUDY)

Malanchuk V.A., Astapenko E.A., Grigoryevsky V.V.

The dynamics of morphological changes and morphometric characteristics of mandibular defects and the surrounding bone and soft tissues in the course of regeneration were investigated in 52 rats after the infliction of a perforated defect in the mandible and its repair by the implantation of polyurethane and titanium plates and screws. It was shown that a connective tissue capsule formed around the implants within 7-14 days after their introduction; it thereafter matured and persisted as long as 90 days. The fibrous capsule surrounding polyurethane screws, unlike that around titanium screws, contained foci of non-specific granulematous inflammation induced by the foreign bodies (polyurethane particles). However, the inflammation had only insignificant influence on the maturation of the capsule and the formation of bone regenerates around the defect. The mean area of the newly-formed bone tissue adjacent to the polyurethane plates was greater than that around titanium plates. The mean area of bone regenerates around polyurethane screws in the early and intermediate time intervals after their implantation was similar to or larger than that around titanium screws.

Key words: acute injury to the mandible, implantation of polyurethane and titanium plates and screws

Разработка материалов и устройств для имплантации в челюстно-лицевой хирургии остается актуальной проблемой неорганической химии, химии высокомолекулярных соединений и сопровождается выполнением многочисленных экспериментальных исследований [1, 7]. Практика хирургии предъявляет разнообразные требования к биоматериалам, которые имплантируют по показаниям, хотя идеальный во всех отношениях материал для имплантации пока не найден, но искусственные материалы благодаря своим ценным свойствам уже находят широкое применение [1–3]. В большинстве работ, посвященных изучению реакций ложа на имплантаты, установлено, что такой материал, как гидроксилапатит, в зависимости от химического состава, температуры спекания и композиционной формы длительно персистирует в тканях, при этом его резорбция происходит очень медленно [3, 6, 10]. В то же время остеогенез на поверхности гранул этого имплантата регистрируется не во

всех случаях и оказывается топографически неоднородным, что может быть связано с патологическими процессами в ложе имплантации [6].

Из биодеструктурируемых полимерных материалов, которые используются для изготовления разнообразных фиксаторов в ортопедии и черепно-челюстно-лицевой хирургии, наиболее широко изучены и получили применение поливинилпирролидон [8], полигликолиды и полилактиды [1, 7, 11–14], а также полиуретаны (ПУ) [5, 9, 15]. Полиуретановые полимеры в ряде работ использовали как основу для создания, изучения физико-химических свойств и апробации в эксперименте сложных биокомпозитов, в том числе как носителей биологически активных средств, в частности иммуномодулятора левамизола [4, 5, 9]. Полиуретановые полимеры и изделия из них имеют ряд преимуществ, которые выгодно отличают их от металлических устройств, — легкость обработки при достаточной прочности, низкая теплоемкость, постепенная резорбируемость и сопоставимая экономичность [5, 9]. Нами исследован материал биоактивного действия, содержащий иммуномодулятор левамизол, на основе ПУ с улучшенными механическими свой-

Маланчук Владислав Александрович — д-р мед. наук, проф., член-корр. Нац. АМН, зав. каф., тел. 8 (044) 483-94-93

ствами (прочность и т. п.), из которого можно изготавливать на костные пластины, в том числе для остеосинтеза [4]. Однако биологические свойства полиуретановых имплантатов в виде разных устройств для фиксации костных фрагментов в сравнении с общеизвестными металлическими в экспериментальных исследованиях в полной мере не изучены, а различия между ними не представляются очевидными.

Цель нашего экспериментально-морфологического исследования — установить особенности реакций костной и мягких тканей и их различия при лечении последствий острой травмы нижней челюсти в группах сравнения, в которых животным имплантировали металлическими пластины и шурупы, полимерные пластины и шурупы, изготовленные из полиуретан-эпоксидной композиции с добавлением иммуномодулятора левамизола.

Материал и методы

Эксперимент поставлен на 52 крысах, которым под кетаминным наркозом с соблюдением принципов медицинской этики и асептики наносили бором диаметром 1,5 мм транскортикальный дырчатый дефект тела нижней челюсти на глубину 3 мм. После гемостаза дефект закрывали на костной пластиной овальной формы размером $8 \times 6 \times 1$ мм из разных материалов: в 1-й группе животных (21 крыса) пластиной из ПУ, во 2-й группе (16 крыс) — из титана. Пластины фиксировали над внешним отверстием дефекта нижней челюсти двумя титановыми шурупами с диаметром рабочей части 1,5 мм, длиной 5 мм (рис. 1, а, б, на вклейке). В 3-й группе животных (15 крыс) с обеих сторон челюсти симметрично просверливали два отверстия диаметром 1,5 мм. В каждое из них завинчивали шурупы: справа — титановые, слева — полиуретановые (рис. 1, в, на вклейке). После гемостаза раны послойно зашивали. Животных содержали в обычных условиях вивария и выводили из эксперимента в сроки 7, 14, 30, 90 сут после имплантации ингаляцией летальной дозы эфира для наркоза.

Нижние челюсти выделяли вместе с окружающими мягкими тканями, выполняли рентгенографию в аксиальной проекции (см. рис. 1, а, б, в, на вклейке), пластины и шурупы демонтировали. Челюсти декальцинировали 5% раствором азотной кислоты. Гистологические блоки вырезали в горизонтальной плоскости с включением дефекта и заливали в целлоидин. Срезы толщиной 10 мкм окрашивали гематоксилином и эозином и гематоксилином и пикрофуксином по ван Гизону. Гистологические исследования и микрофотографии выполняли на микроскопе OLYMPUS CX-41.

При гистологическом исследовании определяли наличие остеонекрозов в краях дырчатого дефекта, характер периостального и эндостального регенератов, которые образовались вокруг дефекта и прилегали к имплантату, активность остеогенеза в костных регенератах, строение капсулы имплантата, характер патологических процессов в капсуле имплантата. Для количественной оценки репаративной реакции кости на повреждение и персистенцию имплантированных материалов (пластины, шурупы) производили отбор и окрашивание гистологических срезов, изготовленных из блоков челюстей на разных уровнях резания. Площадь костных регенератов в гистопрепаратах измеряли под стереомикроскопом МБС-2 с применением окулярной измерительной сетки, имеющей 196 пересечений. Площадь, соответствующая одному пересечению, составляла 0,02 мм². В сериях крыс, которым имплантировали титановые и ПУ-пластины, определяли общую площадь регенератов в срезе и площадь регенератов в проекции дырчатого дефекта. В сериях крыс, которым в дырчатый дефект были ввинчены титановые и ПУ-шурупы, определяли площадь регенератов, которые окружали канал шурупа с обеих сторон кортекса челюсти. Средние значения этих показателей и другие характеристики с указанием метода статистического сравнения представлены в табл. 1, 2.

Результаты гистологического исследования тканей локусов имплантации пластин и шурупов

Имплантация на костных пластинах. В срок наблюдения 7 сут дырчатый дефект почти во всех случаях был перекрыт незрелой соединительной тканью и губчатыми костными регенератами (рис. 2, на вклейке). Ткань, которая заполняла дефект, распространялась непосредственно в капсулу пластины и была представлена грануляционной или незрелой фиброзной тканью, в которой отмечена мононуклеарная инфильтрация разной плотности. В инфильтратах преобладали лимфоциты и макрофаги, экссудативное воспаление имело характер серозного. Периостальные и эндостальные костные регенераты располагались на латеральной поверхности тела и ветви нижней челю-

Таблица 1

Статистические характеристики морфометрических показателей площади срезов костных регенератов в местах имплантации титановых и полиуретановых пластин, закрывающих дырчатый дефект нижней челюсти у крыс

Группа сравнения имплантатов	Статистические характеристики групп	Срок наблюдения и абсолютная площадь костных регенератов в срезах, мм ²							
		7 сут		14 сут		30 сут		90 сут	
		общая площадь костного регенерата в срезе	площадь регенерата в проекции дефекта	общая площадь костного регенерата в срезе	площадь регенерата в проекции дефекта	общая площадь костного регенерата в срезе	площадь регенерата в проекции дефекта	общая площадь костного регенерата в срезе	площадь регенерата в проекции дефекта
Титановые пластины	<i>n</i>	3	3	3	3	5	5	3	3
	\bar{X}	1,780	0,493	1,813	0,293	3,068	0,812	1,960	0,393
	s_x	0,424	0,093	0,052	0,123	0,809	0,257	0,239	0,087
Полиуретановые пластины	<i>n</i>	4	4	3	4	5	5	3	3
	\bar{X}	3,095	0,510	3,460	0,375	3,132	0,960	3,073	1,320
	s_x	0,618	0,139	0,662	0,107	0,604	0,269	0,557	0,461

Примечание. Здесь и в табл. 2: *n* — число животных (локусов подсчета); \bar{X} — средняя арифметическая; s_x — ошибка средней арифметической.

Таблица 2

Статистические характеристики морфометрических показателей площади срезов костных регенератов вокруг титановых и полиуретановых шурупов, имплантированных в дырчатый дефект нижней челюсти у крыс

Группа сравнения имплантатов	Статистические характеристики групп	Срок наблюдения и абсолютная площадь костных регенератов в срезах, мм ²			
		7 сут	14 сут	30 сут	90 сут
Титановые пластины	<i>n</i>	3	4	4	4
	\bar{X}	1,313	1,460	1,845	0,835
	$s_{\bar{x}}$	0,414	0,442	0,189	0,136
Полиуретановые пластины	<i>n</i>	3	3	4	4
	\bar{X}	1,800	1,407	1,750	1,230

сти, т. е. по краям ложа костной пластины, в краях дефекта, на медиальной поверхности челюсти, в проекции дефекта и каналов шурупов. Во всех локусах регенераты были образованы незрелой костной тканью с признаками активного остеогенеза (рис. 3, на вклейке).

Через 14 сут после нанесения дефекта и фиксации имплантата отмечено увеличение объема костной части регенерата, который заполнял дефект, а также некоторое увеличение объема периостальных костных регенератов по краям пластины и на медиальной поверхности челюсти (рис. 4, на вклейке). В сравнении с предыдущим сроком наблюдения костные регенераты выглядели более плотными, компактизированными. В незрелой фиброзной ткани, которая замещала дырчатый дефект, в этот срок наблюдения под ПУ-пластиной встречались мельчайшие фрагменты ПУ с перифокальной гранулематозной воспалительной реакцией инородных тел.

На 30-е сутки после имплантации титановой пластины полость дефекта была частично перекрыта костно-фиброзным регенератом (рис. 5, на вклейке), в котором определялись признаки созревания с утолщением и уплотнением трабекул, участками остеорезорбции, замещением незрелой фиброзной ткани в костно-мозговых полостях желтым и красным костным мозгом. В случае имплантации ПУ-пластин степень замещения дырчатого дефекта различалась: у одних животных дефект был полностью заполнен созревающим костным регенератом, у других регенераты из зрелой костной ткани располагались по краям дырчатого дефекта (рис. 6, на вклейке).

Через 90 сут после начала эксперимента дефект был заполнен костно-фиброзной тканью с разным соотношением и качеством ее компонентов: фиброзная ткань плотная оформленная или миксоидно-измененная, костная ткань полностью компактизирована, пластинчатого характера, без признаков активности остеогенеза. Аналогичные свойства имели периостальные регенераты по краям ПУ-пластины и на медиальной поверхности тела челюсти, в проекции просверленных каналов везде в новообразованных регенератах определялись признаки продолжающейся перестройки костной ткани.

Имплантация шурупов. В срок наблюдения 7 сут вокруг титановых и ПУ-шурупов определялась тонкая соединительнотканная капсула из незрелой фиброзной и грануляционной ткани. Ткань капсулы шурупа содержала мононуклеарные инфильтраты малой плотности; в инфильтратах преобладали лимфоциты

и макрофаги, экссудативное воспаление в этих случаях было слабовыражено. Незрелая костная ткань образовывала периостальные регенераты, которые были построены из незрелой ретикулофиброзной ткани с участками активного остеогенеза (рис. 7, на вклейке). В толще капсулы ПУ-шурупов в разных местах содержались небольшие гранулы гомогенного материала — результат абразии ПУ (рис. 8, на вклейке). Как и в случае применения титановых шурупов, на поверхностях кости вокруг дырчатого дефекта определялись распространенные губчатые костные регенераты с признаками активного остеогенеза.

Через 14 сут после нанесения дырчатых дефектов и введения титановых шурупов вокруг них определялась соединительнотканная капсула, которая в большинстве мест была построена из плотной фиброзной ткани, лишь кое-где встречались участки незрелой грануляционной ткани. Воспалительная мононуклеарная инфильтрация была незначительной, что соответствовало продуктивному воспалению низкой активности. По сравнению с предыдущим сроком наблюдения регенераты на поверхностях кости вокруг дырчатого дефекта выглядели более плотными, компактизированными, а признаки активного остеогенеза наблюдались лишь в некоторых местах. Капсулы вокруг ПУ-шурупов в этот срок наблюдения были также построены из более или менее зрелой фиброзной ткани (рис. 9, на вклейке), в которой попадались гранулемы инородных тел вокруг мелких гранул и глыбок гомогенного материала (ПУ). Периостальные костные регенераты вокруг краев дырчатого дефекта были большей частью зрелыми, компактизированными, органотипически перестроенными, признаки активности остеогенеза наблюдались в них лишь в местах, непосредственно прилежащих к ПУ-шурупам.

На 30-е сутки после моделирования дырчатого дефекта и введения титановых шурупов в 3 случаях имплантаты были окружены капсулой из незрелой, в одном случае из зрелой фиброзной ткани (рис. 10, на вклейке). Периостальные костные регенераты на внешней поверхности кости были в большей или меньшей степени компактизированы. В участках, обращенных к шурупу, наблюдались признаки сохранения активности остеогенеза. Капсулы ПУ-шурупов во всех случаях имплантации состояли из незрелой фиброзной ткани, в трех случаях из четырех содержали участки грануляционной ткани, мелкие инкорпорированные гранулы инородных тел гомогенного вида, которые сопровождалась гранулемами. Периостальные костные регенераты вокруг краев дырчатого дефекта

во всех случаях были компактизированы с сохранением активного остеогенеза (рис. 11, на вклейке).

Через 90 сут после начала эксперимента титановые шурупы были окружены сравнительно тонкой капсулой из зрелой фиброзной ткани и компактизированными периостальными регенератами с медуллизацией и отсутствием активного остеогенеза. В двух случаях в проекции стенок дырчатого дефекта содержалась зрелая новообразованная костная ткань, образующая наложение непосредственно на поверхности шурупов. Вокруг ПУ-шурупов капсула также была построена из зрелой фиброзной ткани, в двух случаях стенка дырчатого дефекта была отделена от шурупа сравнительно толстой капсулой из зрелой фиброзной ткани, в одном из них — с включениями гомогенных инородных тел. В одном случае костные регенераты кое-где содержались непосредственно на поверхности ПУ-шурупа (рис. 12, на вклейке). Во всех исследованных случаях имплантации ПУ-шурупов периостальные регенераты вокруг дырчатого дефекта кости были ассимилированы, компактизированы, без признаков активности остеогенеза.

Результаты морфометрического исследования костных регенератов

Результаты морфометрии костных регенератов в области экспериментальной травмы нижней челюсти при имплантации разных устройств из титана и ПУ (см. табл. 1, 2; рис. 13) свидетельствуют о том, что в случае применения ПУ-пластин как общие размеры костных регенератов, так и размеры регенератов в проекции дырчатого дефекта во все сроки наблюдения имеют большие средние значения, чем при применении титановых устройств, при этом индивидуальные параметры довольно сильно варьируют, что предопределяет недостоверность различий средних величин в соответствующих сериях групп сравнения. Особенно заметно значительное преобладание средних размеров общей площади регенератов вокруг ПУ-пластин в ранние и отдаленные сроки после имплантации (см. рис. 13, *а*). Существенно также преобладание средних размеров костных регенератов в проекции дефекта, закрытого ПУ-пластинами, в отдаленные сроки наблюдения, когда регенераты под титановыми пластинами уменьшаются вследствие компактизации и перестройки (см. рис. 13, *б*). В местах имплантации титановых и ПУ-шурупов в дырчатые дефекты челюстей средние параметры в разных сериях близки по значениям, или отмечается некоторое преобладание средних величин для ПУ-шурупов через 7 и 90 сут, недостоверное при данном числе наблюдений (см. рис. 13, *в*).

Обсуждение

Сравнительный качественно-количественный анализ патологических изменений и основных процессов в челюстях крыс в группах исследования показал, что изменения в полости дефекта челюсти, капсулах пластин, каналах крепежных шурупов однотипны и различаются лишь выраженностью проявления тех или иных морфологических симптомов. Можно отметить только одно различие: в толще капсулы ПУ-пластины у некоторых животных встречались мелкие инкапсулированные инородные тела — микрофрагменты

ПУ, вокруг которых наблюдалась мононуклеарная инфильтрация, соответствовавшая неспецифическому гранулематозному продуктивному воспалению низкой активности. Степень выраженности и характер тканевых регенератов, замещающих дырчатый дефект, оказались разными даже в сериях, относившихся к одному сроку наблюдения в группах сравнения. Так, в срок 30 сут в группе животных с имплантированными ПУ-пластинами из шести наблюдений в трех дефект был полностью замещен зрелым костным регенератом, в группе крыс с титановыми пластинами в этот срок во всех случаях дефект был замещен фиброзно-костным регенератом.

Сравнивая полученные нами данные с результатами работ других авторов, которые применяли пластины из полимеров молочной и гликолевой кислот [1, 2, 7], можно отметить, что применение ПУ-пластин обеспечивает адекватное замещение дефекта нижней челюсти фиброзно-костными регенератами, которые, постепенно созревая и подвергаясь компактизации, замещают дефект кости. Качественно-количественные морфологические особенности регенератов в группах сравнения свидетельствуют о том, что в случае применения ПУ-пластин частота

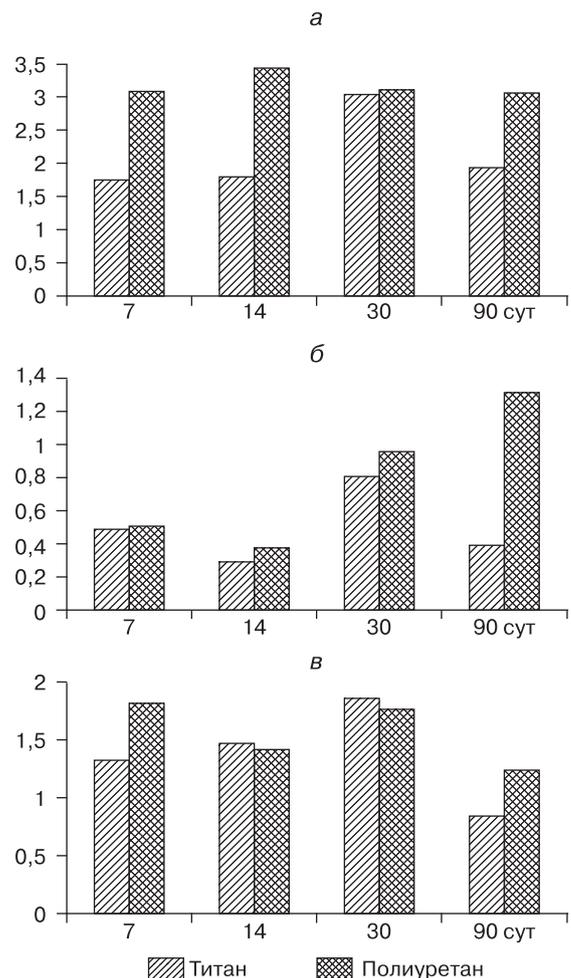


Рис. 13. Сравнительная динамика средних значений площади (в мм²), занимаемой костными регенератами.

а — в срезах в дырчатых дефектах и вокруг пластин; *б* — в проекции дырчатого дефекта челюсти при использовании пластин; *в* — вокруг шурупов, изготовленных из разных материалов, имплантированных в дырчатые дефекты челюсти.

замещения дефектов регенератами, в которых преобладает костная ткань, несколько выше, чем в группе, в которой применяли титановые пластины. Это выявлено нами в сериях животных при сроках 7 и 30 сут от начала эксперимента.

Результаты исследования показали, что уже через несколько суток в ложе имплантации шурупов формируется соединительнотканная капсула, периостальный и эндостальный костный регенерат, которые характеризуются незрелостью и сохранением активности остеогенеза. В более поздние сроки наблюдения происходит постепенное созревание фиброзной капсулы как титанового, так и полиуретанового шурупа.

Существенным различием морфологических изменений капсулы титановых и ПУ-шурупов является наличие в капсуле ПУ-имплантата мелких фрагментов полимерного материала, которые обнаруживали во все сроки наблюдения вплоть до 90-х суток после имплантации. Эти частицы имели разный размер, как правило, были расположены в фиброзной ткани капсулы, при этом наблюдалась макрофагально-гигантоклеточная гранулематозная реакция инородных тел. Подобные изменения вокруг титановых имплантатов не обнаруживались. Появление в ложе, а со временем в капсуле ПУ-имплантата долек полимера мы связываем с частичной абразией резьбовой части ПУ-шурупа при его завинчивании в дырчатый дефект нижней челюсти. В течение максимального срока наблюдения в нашем исследовании (90 сут) полная биодеструкция частиц, которые образовались вследствие абразии полимера, не происходила. В единичных случаях, когда ПУ-шуруп вследствие отлома его головки оставался фиксированным в дырчатом дефекте кости (см. рис. 12), можно было наблюдать биодеструкцию этого имплантата весьма незначительной степени.

Репаративная регенерация костной ткани с образованием периостальных регенератов вокруг дырчатого дефекта в челюсти отмечена при имплантации как титановых, так и ПУ-шурупов. Признаки активности остеогенеза на обеих поверхностях челюсти вокруг краев дефекта прослеживались вплоть до 30-х суток после создания дефекта и имплантации шурупа. Признаки компактизации регенератов были заметны уже через 14 сут после имплантации. В сроки 30 и 90 сут была хорошо выражена органотипическая перестройка регенератов с их медуллизацией. Лишь в единичных случаях в срок 90 сут на поверхности нарезанной части титановых и ПУ-шурупов наблюдались участки непосредственной аппозиции костной ткани.

Результаты сравнительного морфометрического исследования площади регенератов в гистологических срезах показали, что в случае применения ПУ-пластин средние значения площади регенератов в дырчатых дефектах и вокруг пластин и площади регенератов в проекции дырчатого дефекта во все сроки наблюдения были большими, чем при применении титановых пластин, а в случае применения ПУ-шурупов — заметно большими в некоторые сроки наблюдения. Полученные данные свидетельствуют о том, что применение устройств из ПУ может в некоторой степени стимулировать увеличение размеров костных регенератов.

Выводы

1. Имплантация титановых и полиуретановых пластин и шурупов в область дырчатого дефекта нижней челюсти в эксперименте на крысах уже в ранние сроки наблюдения (7—14 сут после имплантации) вызывает формирование соединительнотканной капсулы, которая со временем созревает и сохраняется вплоть до 90-х суток после имплантации.
2. Применение ПУ-пластин показало, что контакт с полимерным имплантатом не нарушает ход процессов заживления дефекта и регенерационного замещения его новообразованной костной тканью.
3. Имплантация полиуретановых пластин и шурупов для закрытия дырчатого дефекта челюсти в эксперименте сопровождается перестроением мелких частиц полимера в толще фиброзной капсулы имплантата, тем не менее заметной биодеструкции ПУ-шурупов в сроки наблюдения вплоть до 90 сут не установлено.
4. Фиброзная капсула ПУ-шурупов в отличие от капсулы титановых имплантатов содержит очаги неспецифического гранулематозного воспаления инородных тел вокруг частиц ПУ, что, однако, мало влияет на созревание капсулы и формирование периостальных костных регенератов вокруг дырчатого дефекта. Очевидной причиной образования частиц инородных тел является абразия ПУ краями костного дефекта.
5. Периостальные костные регенераты вокруг дефектов нижней челюсти, в которые завинчены ПУ-шурупы, уже через 14 сут после имплантации проявляют признаки компактизации, позднее — органотипической перестройки с медуллизацией, хотя участки активности остеогенеза в регенератах можно наблюдать вплоть до 30-х суток после имплантации.
6. Средние величины площади костных регенератов в области имплантации ПУ-пластин, а именно общей площади регенератов и площади регенератов в проекции дырчатого дефекта, несколько выше, чем в соответствующих сериях животных, в которых применяли титановые пластины.
7. Средние величины общей площади регенератов вокруг ПУ-шурупов, имплантированных в дырчатые дефекты челюсти, в ранние и поздние сроки после имплантации превышают средние значения соответствующего показателя для локусов имплантации титановых шурупов либо приближаются к ним.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алавердов В. П. Применение конструкций из биорезорбируемых материалов для фиксации костных фрагментов в челюстно-лицевой хирургии (клинико-экспериментальное исследование): Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 2005.
2. Арсеньев И. Г. Экспериментально-морфологическое обоснование клинического применения деградируемых биоимплантатов в комплексном лечении переломов и ложных суставов длинных трубчатых костей: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 2007.
3. Воложин А. И., Шехтер А. Б., Азюкова Т. Х. и др. // *Стоматология*. — 2000. — № 6. — С. 11—15.
4. Галатенко Н. А., Пхакадзе Г. А., Савицкая Е. С., Буфисус Н. Н. // *Биополимеры и клетка*. — 1989. — Т. 5, № 4. — С. 84—90.
5. Галатенко Н. А., Маланчук В. А., Астапенко Е. А. и др. // *Докл. НАН Украины*. — 2008. — № 6. — С. 149—152.

6. Григоровский В. В., Лучко Р. В., Зотиков Л. А. // Вестн. травматол. и ортопед. — 2008. — № 1. — С. 82—88.
7. Григорьян А. С., Набиев Ф. Н., Алавердов В. П. // Рос. стоматол. журн. — 2005. — № 3. — С. 6—9.
8. Левин Д. В. Лабораторно-экспериментальное обоснование использования резорбируемых пластин для остеосинтеза при переломах челюстных костей: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 2005.
9. Пхакадзе Г. А. Биодеструктурируемые полимеры. — Киев, 1990.
10. Радченко В. А., Дедух Н. В., Мальшикина С. В., Бенгус Л. М. // Ортопед. травматол. — 2006. — № 3. — С. 116—124.
11. Bostman O., Paivarinta U., Partio E. et al. // J. Bone Jt. Surg. — 1992. — Vol. 74-A, N 7. — P. 1021—1031.
12. Eppley B. L., Sarver D., Pietrzak B. // J. Oral Maxillofac. Surg. — 1999. — Vol. 57, N 12. — P. 1431—1435.
13. Ignatius A. A., Wolf S., Augat P., Claes L. E. // J. Biomd. Mater. Res. — 2001. — Vol. 57, N 1. — P. 126—131.
14. Landes C. A., Kriener S. // Plast. Reconstr. Surg. — 2003. — Vol. 111, N 6. — P. 1828—1840.
15. Thompson F. R., Sezgin Z. // J. Bone Jt Surg. — 1962. — Vol. 44-A, N 8. — P. 1605—1620.

Поступила 08.06.11

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2012

УДК 617.52/.53-018-092:612.67]-085.846-039.77

А. И. Неробеев, А. В. Аликова, О. П. Близнюков, Т. В. Шутенко, Ю. К. Данилейко, В. А. Салюк

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНЫХ ТОКОВ (RF) В КОРРЕКЦИИ ИНВОЛЮЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МЯГКИХ ТКАНЕЙ ЛИЦА И ШЕИ

ФГУ ЦНИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии Минздравсоцразвития России, Москва, ул. Тимура Фрунзе, д. 16

Технологии, основанные на радиоволновом воздействии на биологические ткани, представляют огромный интерес как для косметологов, так и для пластических хирургов. Дано описание физических аспектов радиочастотного (RF) воздействия и результаты экспериментального исследования минимально инвазивного RF-лифтинга, осуществляемого аппаратом ЭХВЧ "КиК-Медимастер 250" с игольчатыми электродами. Под влиянием высокочастотного тока происходит контролируемое нагревание тканей, что приводит к стимуляции в них репаративных процессов. В зависимости от подбора параметров воздействия возможно моделирование эффектов в тканях от пролиферативных и репаративных до термических деструктивных. На основании полученных экспериментальных данных доказана безопасность и эффективность применения данной методики с целью ремоделирования инволюционно измененных тканей лица и шеи.

Ключевые слова: радиоволновой лифтинг, RF-лифтинг, радиоволна, репарация, неоколлагеногенез

THE EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE APPLICATION OF RADIOFREQUENCY (RF) CURRENTS FOR THE CORRECTION OF INVOLUTIONAL CHANGES IN THE SOFT TISSUES OF THE FACE AND THE NECK

Nerobeev A.I., Alikova A.V., Bliznyukov O.P., Shutenko T.V., Danilenko Yu.K., Salyuk V.A.

The technologies using radiofrequency impacts on the biological tissue are of crucial importance for both cosmetologists and plastic surgeons. The present paper is focused on the physical aspects of RF treatment and the results of experimental studies of the minimally invasive RF-lifting with the use of a KiK MediMaster-250 radiofrequency electro-surgical apparatus equipped with needle electrodes. It was shown that the RF current can be applied to heat the tissues in the controllable mode and thereby stimulate reparative processes in them. The proper choice of the current characteristics makes it possible to simulate the consequences of proliferation, reparation, and thermal destruction. The results of this experimental study confirmed the safety and efficacy of the proposed method that can be recommended for remodeling involutional changes in the soft tissues of the face and the neck.

Key words: radiowave lifting, RF-lifting, radiowave, reparation, neocollagenesis

Решение комплекса проблем, связанных с возрастными изменениями мягких тканей лица и шеи, является одной из важнейших задач современной эстетической хирургии. На сегодняшний день большинство эстетических хирургов приходят к выводу, что зачастую выполнение оперативных вмешательств по устранению возрастногоптоза тканей лица и шеи без воздействия на их структуру и качество является недостаточным для достижения оптимальных результатов [11]. Современный рынок косметологических услуг предлагает специалистам целый ряд методов, направленных на стимуляцию репаративных процессов в биологических тканях, изменяющих их структуру, что позволяет значительно повысить резуль-

тативность лечения. К ним относятся фракционное лазерное омоложение кожи, чрескожная стимуляция коллагена с помощью роликовых систем, химиобразия и др. Однако эти методы сопряжены с нарушением целостности кожи, длительным периодом реабилитации и высоким риском развития дисхромии кожи и странгуляционных полос, поэтому актуальным остается поиск методов воздействия на кожу с максимальным сохранением целостности эпидермоцитов, особенно меланоцитов.

Одним из таких методов является радиоволновое (RF) воздействие на мягкие ткани лица и шеи с целью лифтинга. Процедура радиоволнового лифтинга широко используется во всем мире. Вместе с тем мнения специалистов и отзывы пациентов относительно эффективности процедуры очень разноречивы. Вопросы о подборе оптимальных параметров воздействия, морфологических изменениях в тканях после

Аликова Алла Владимировна — асп., тел. 8-926-811-30-67, e-mail: alla.alikova@mail.ru



К ст. В. А. Загорского и соавт.

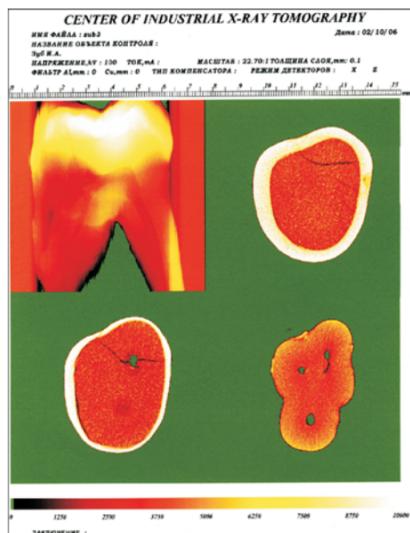


Рис. 1. Микрорадиограмма различных уровней зуба.

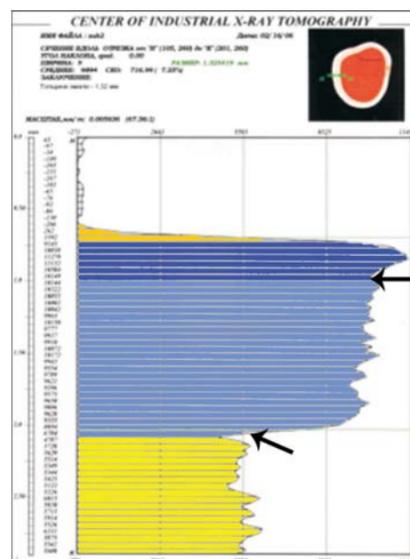


Рис. 2. Гистограмма сканирования твердых тканей зуба в области экватора. Оранжевым цветом отмечена пилликула, темно-синим — гомогенный поверхностный слой эмали, голубым — базовый слой эмали, желтым — дентин. Первая стрелка обозначает зону перехода поверхностного гомогенного слоя эмали в базовый слой, вторая — зону перехода эмали в дентин.

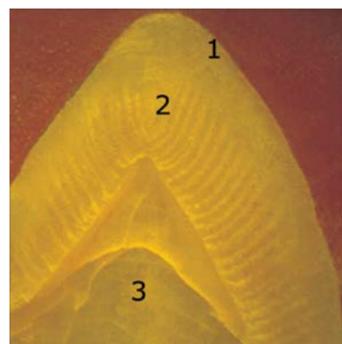


Рис. 3. Продольный шлиф зуба. 1 — гомогенный слой эмали, 2 — базовый слой эмали, 3 — дентин.

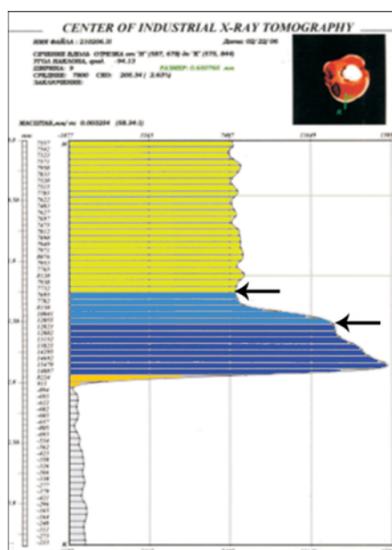


Рис. 4. Гистограмма сканирования твердых тканей зуба в области его шейки. Обозначения те же, что на рис. 2.

К ст. И. А. Шугайлова и соавт.

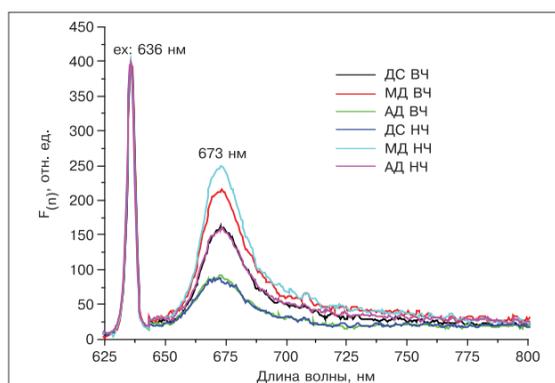


Рис. 1. Типичные спектры лазериндуцированной флуоресценции, измеренные в контрольных ВЧ и НЧ через 5 мин экспозиции ФС и его изоляции каплей. Спектры нормированы на величину обратного рассеянного в ткани сигнала возбуждающего лазерного излучения (636 нм).

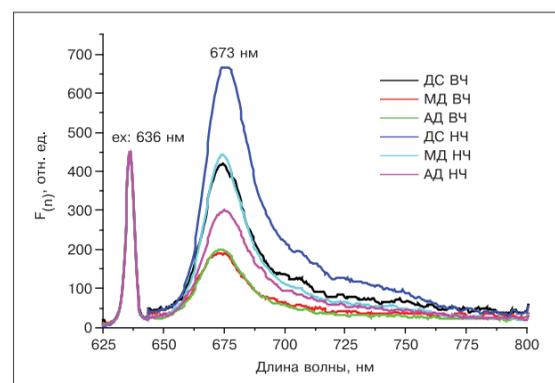


Рис. 2. Типичные спектры лазериндуцированной флуоресценции, измеренные в контрольных точках ВЧ и НЧ через 45 мин экспозиции ФС и его изоляции каплей. Спектры нормированы на величину обратного рассеянного в ткани сигнала возбуждающего лазерного излучения (636 нм).

К ст. В. А. Маланчука и соавт.

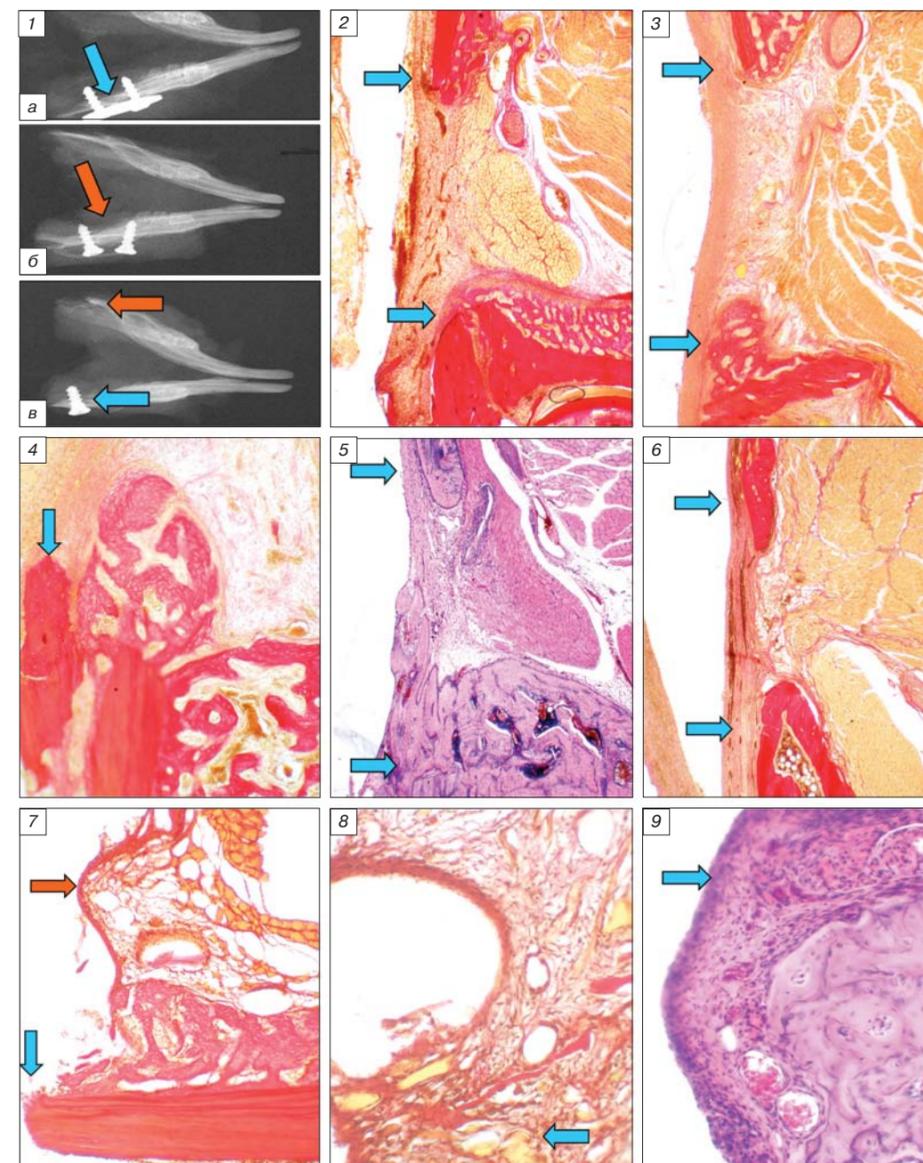


Рис. 1. На рентгенограммах: титановая пластина закреплена шурупами на латеральной поверхности нижней челюсти. Дырчатый дефект указан стрелкой. Срок наблюдения 14 сут (а); полиуретановая пластина закреплена шурупами на латеральной поверхности нижней челюсти. Дырчатый дефект указан стрелкой. Срок наблюдения 30 сут (б); титановый (синяя стрелка) и полиуретановый (не контрастируется, красная стрелка) шурупы в двух половинах нижней челюсти. Срок наблюдения 90 сут (в).

Рис. 2. Микрофотография гистопрепарата через 7 сут после имплантации пластины. По краям дырчатого дефекта (указано стрелками) располагаются незрелые костные регенераты, лишь незначительно закрывающие дефект; ложе титановой пластины слева. Окраска гематоксилином и пикрофуксином по ван Гизону. Здесь и на рис. 3, 5, 6: ув. микроскопа 4 (об.) × 5 (окр.), проекционное ув. 1,6; общее ув. 32.

Рис. 3. Микрофотография гистопрепарата через 7 сут после имплантации пластины. Частичное замещение дырчатого дефекта (края указаны стрелками) челюсти незрелой грануляционно-фиброзной тканью и незрелыми краевыми костными регенератами; ложе ПУ-пластины — слева. Окраска гематоксилином и пикрофуксином по ван Гизону.

Рис. 4. Микрофотография гистопрепарата через 14 сут после имплантации пластины. Частичное закрытие дырчатого дефекта челюсти костным регенератом под имплантированной ПУ-пластиной; кортекс края дефекта указан стрелкой. Окраска гематоксилином и пикрофуксином по ван Гизону. Здесь и на рис. 7, 11: ув. микроскопа 10 (об.) × 5 (окр.), проекционное ув. 1,6; общее ув. 80.

Рис. 5. Микрофотография гистопрепарата через 30 сут после имплантации пластины. Созревающий фиброзно-костный регенерат частично перекрывает дырчатый дефект челюсти, края дефекта обозначены стрелками, ложе титановой пластины слева. Окраска гематоксилином и эозином.

Рис. 6. Микрофотография гистопрепарата через 30 сут после имплантации пластины. Частичное, идущее с краев (указано стрелками) заполнение дефекта костными регенератами из зрелой костной ткани, ложе ПУ-пластины слева. Окраска гематоксилином и пикрофуксином по ван Гизону.

Рис. 7. Микрофотография гистопрепарата через 7 сут после имплантации шурупа. На медиальной поверхности некротизированного кортекса (указано синей стрелкой) нижней челюсти незрелый костный регенерат, который прилежит к тонкой соединительнотканной капсуле (указано красной стрелкой) титанового шурупа. Окраска гематоксилином и пикрофуксином по ван Гизону.

Рис. 8. Микрофотография гистопрепарата через 7 сут после имплантации шурупа. Капсула из незрелой соединительной ткани, прилежащей к ПУ-шурупу; стрелкой указаны гранулы ПУ. Окраска гематоксилином и пикрофуксином по ван Гизону. Здесь и на рис. 9, 10: ув. микроскопа 20 (об.) × 5 (окр.), проекционное ув. 1,6; общее ув. 160.

Рис. 9. Микрофотография гистопрепарата через 14 сут после имплантации шурупа. Капсула ПУ-шурупа построена из незрелой фиброзной ткани. Окраска гематоксилином и эозином.

К ст. В. А. Маланчука и соавт.

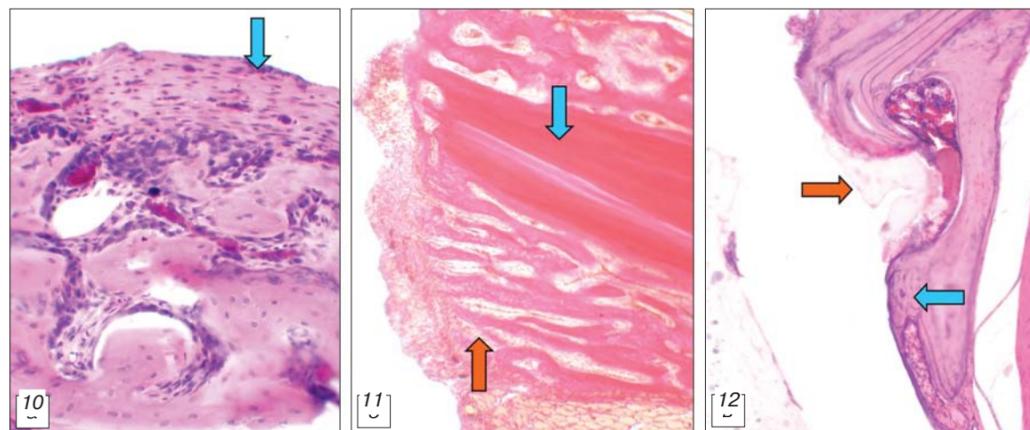


Рис. 10. Микрофотография гистопрепарата через 30 сут после имплантации шурупа. Признаки активного остеогенеза в участках костного регенерата, прилежащего к фиброзной капсуле титанового шурупа (указано стрелкой). Окраска гематоксилином и эозином.

Рис. 11. Микрофотография гистопрепарата через 30 сут после имплантации ПУ-шурупа. На обеих поверхностях кортекса нижней челюсти (указано синей стрелкой) располагаются высокие компактизирующиеся периостальные регенераты, кое-где с активным остеогенезом (указано красной стрелкой). Окраска гематоксилином и пикрофуксином по ван Гизону.

Рис. 12. Микрофотография гистопрепарата через 90 сут после имплантации шурупа. Участок зрелой костной ткани (указано синей стрелкой), прилежащий непосредственно к поверхности ПУ-шурупа (его фрагменты указаны красной стрелкой). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. микроскопа 10 (об.) × 4 (окр.), проекционное ув. 1,6; общее ув. 64.

К ст. А. И. Неробеева и соавт.

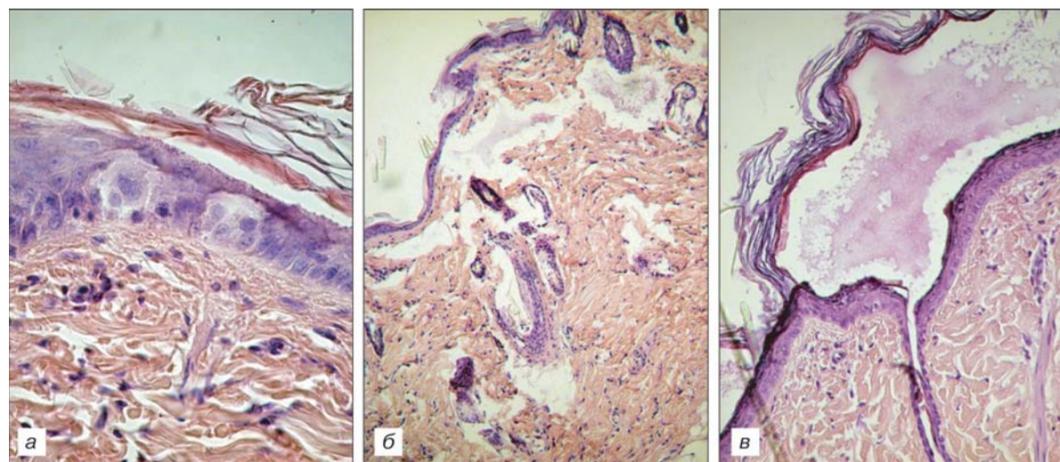


Рис. 1. Гистологическая картина изменений в коже на 3-и сутки после процедуры: а — при мощности 2 Вт, б — 3 Вт, в — 4 Вт.

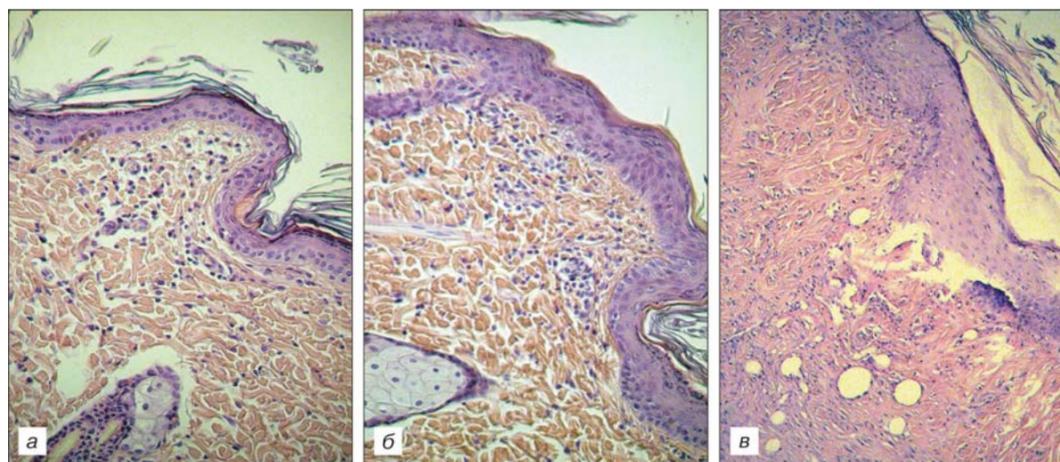


Рис. 2. Морфологические изменения в коже на 30-е сутки после RF-воздействия: а — при мощности 2 Вт, б — 3 Вт, в — 4 Вт.

К ст. А. И. Неробеева и соавт.

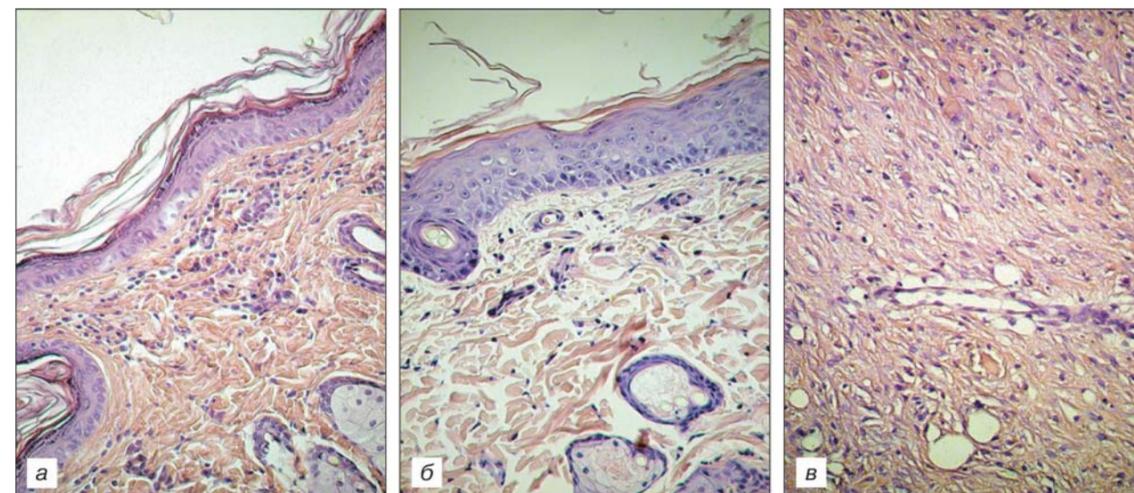


Рис. 3. Морфологические изменения в коже на 90-е сутки: а — при мощности 2 Вт, б — 3 Вт, в — 4 Вт.

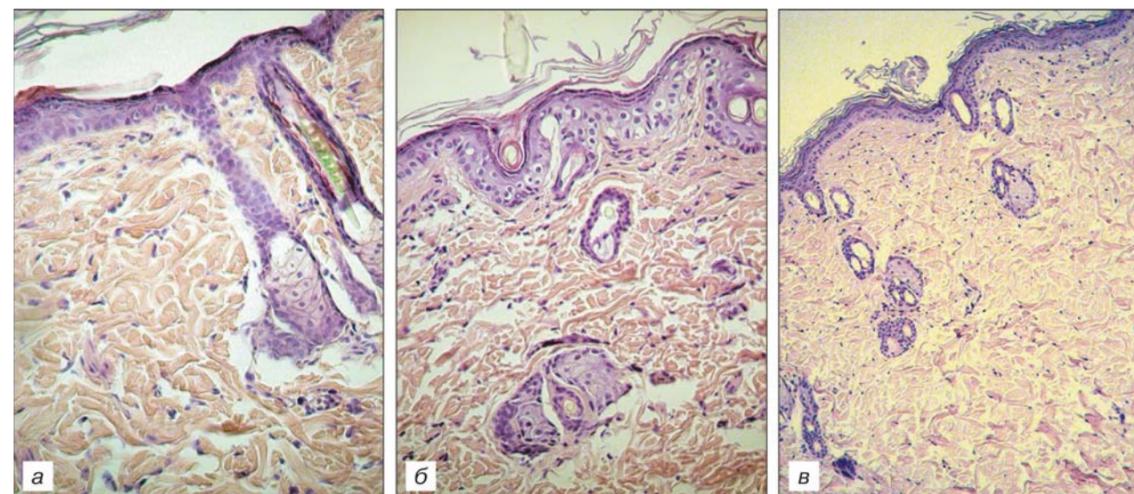


Рис. 4. Гистологическая картина на 180-е сутки после RF-воздействия: а — при мощности 2 Вт, б — 3 Вт, в — 4 Вт.

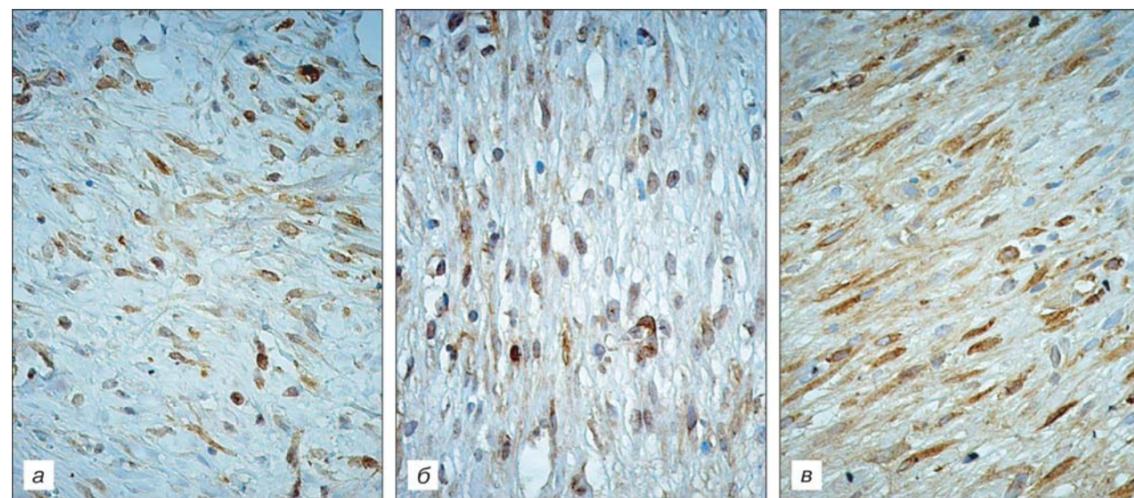


Рис. 5. Экспрессия в ткани маркеров Ki-67 (а), PCNA (моноклональных антител к ядерным антигенам клеточной пролиферации) (б) и SAM (гладкомышечного актина) (в).