



МЕДЭЛ

ЭЛЕКТРЕТНЫЕ СТИМУЛЯТОРЫ
ОСТЕОРЕПАРАЦИИ



ООО «РосИмпортМед»

ИНН 6311119553

г. Самара, Московское шоссе 17-2001

Тел (846) 300-45-87

e-mail: info@rim-med.ru

ЛЕЧЕНИЕ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО АРТРОЗА

РОССИЯ

ВВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМАТИКУ ЛЕЧЕНИЯ АРТРОЗА

Сложность лечения артроза сустава обусловлена многофакторностью механизма его развития (патогенеза).

За внешними проявлениями болезни (болевым синдромом, ограничением подвижности в суставе, его деформацией, и изменением сочленяющихся поверхностей костей) стоит каскад паталогических процессов в разных подсистемах сустава.

A. Нарушение функции синовиальной мембраны:

- изменение питания хряща
- нарушение состава и вязкости синовиальной жидкости
- фиброз, запустевание капилляров
- синовит

B. Нарушение суставного хряща:

- изменения функционирования хондроцитов
- нарушение биосинтеза протеогликанов
- нарушение синтеза и организации коллагена

C. Изменения субхондральной кости:

- нарушение питания хряща
- дисконгруэнтность суставных поверхностей
- изменение васкуляризации, некроз
- потеря механической прочности

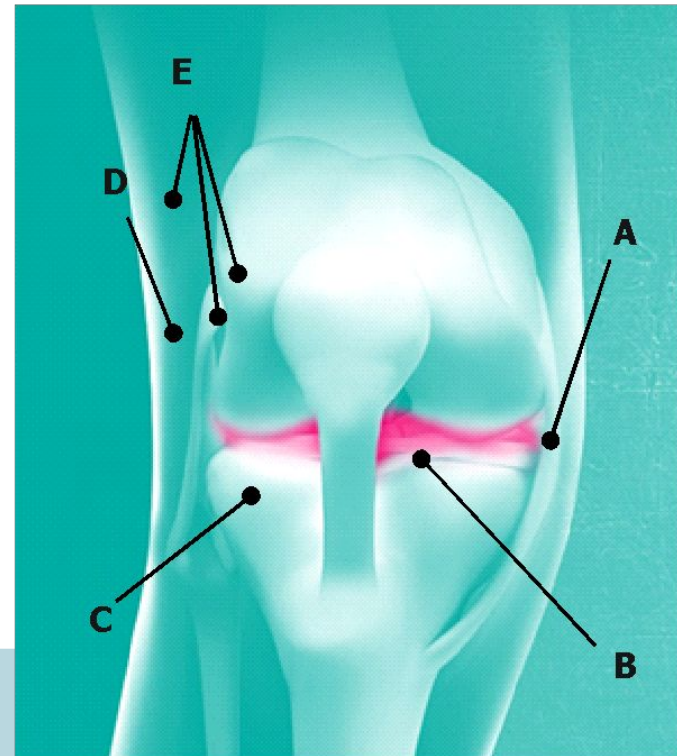
D. Изменения в параартикулярных тканях (связках, мышцах, сухожилиях)

- дегенерация и склерозирование капсулы

сустава, связок, сухожилий мышц.

E. Нарушение локального кровообращения в кости и параартикулярных тканях

- капиллярный стаз, венозный стаз
- гипоксия (изменение аэробного и анаэробного окислительно-восстановительных процессов)



При этом в зависимости от причины артроза меняется набор паталогических процессов, причинно-следственная связь между ними и последовательность их включения в механизм развития болезни.

Поэтому лечебная стратегия при артрозе должна основываться на системном подходе и комплексно воздействовать на все возможные факторы развития болезни.

Тем не менее, до сих пор не существует такого системного подхода в лечении, что приводит к господству эндопротезирования как основного средства решения проблемы больных. Весь остальной комплекс методов лечения, эффективно решая локальные задачи, не решает проблему прогрессирования дегенеративно-дистрофических изменений в целом из-за отсутствия важного элемента: **стимуляции репаративных процессов со стороны кости сустава.**

Современная стратегия лечения строится следующим образом:

На ранней стадии болезни , центральными задачами лечения становятся:

- устранение болевых ощущений;
- устранение патологических изменений синовиальной мембраны;
- улучшение питания хряща.

Различают две группы артрозов в зависимости от класса причин:

- первичный (идиопатический) артроз не имеет установленной причины;
- вторичный артроз развивается на фоне различных заболеваний и состояний (травмы, перенесенной инфекции, врожденного анатомических недостатков и т.д.).

Стратегия лечения показан на примере идиопатического артроза

Боль снимается физиотерапией, обезболивающими средствами, лечебной физкультурой.

На патологические изменения в синовиальной мембране воздействуют при помощи стероидных и нестероидных противовоспалительных препаратов.

Функцию и восстановление хряща пытаются улучшить, воздействуя медикаментозными средствами (хондропротекторы, протезы синовиальной жидкости и др.).

Проблема этой фазы лечения заключается в том, что запущенные механизмы дегенерации хряща ухудшают его способность питаться от синовиальной жидкости. От синовиальной жидкости хрящ питается пассивно, впитывая ее как губка в результате механических нагрузок. Нарушения функционирования хряща приводят к его голоданию даже при обильном снабжении здоровой синовиальной жидкостью.

Поэтому, как только запущен механизм дегенерации хряща действительно улучшить его функционирование возможно только, возместив дефицит питания со стороны синовиальной оболочки улучшением трофики (обменных процессов) со стороны субхондральной кости.

Ни один используемый сейчас метод лечения не работает с этой проблемой, что неизбежно приводит к прогрессу заболевания.

На второй стадии болезни в стратегии лечения добавляются задачи:

- улучшение венозного оттока;
- улучшение питания субхондральной кости;
- предупреждение некроза субхондральной кости.

Венозный отток восстанавливают массажем, отдельными видами физиотерапии, декомпрессионными операциями.

Питание субхондральной кости пытаются оптимизировать медикаментозно (корректорами метаболизма костной и хрящевой ткани) и при помощи физиотерапии. Однако, по мере прогресса дегенеративно-дистрофических изменений в суставе, ухудшается локальное кровообращение в нем, что осложняет доставку лекарственных препаратов к местам некроза. Поэтому в отдельных случаях для улучшения микроциркуляции и питания в пораженном суставе прибегают к радикальной мере - операции корригирующей остеотомии (рассечение кости и подведение богатой сосудами губчатой части кости к субхондральной).

Некроз тканей в субхондральной кости в экспериментальной практике пробуют заместить пересадкой стволовых клеток. Это направление пока не изучено в должной мере, в связи, с чем остается неясной действительная способность пересаженных клеток дифференцироваться в нужные типы и эффективно конкурировать с запущенным в месте трансплантации отмиранием клеток, особенно на фоне нарушенных трофических процессов.

В отсутствии эффективного способа восстановления трофики в субхондральной кости на этой фазе лечения прогресс болезни продолжается.

На третьей стадии болезни в стратегии лечения добавляются задачи:

- устранение деформаций;
- компенсация утраченных механических функций хряща;
- компенсация утраченных функций сустава.

Лечение на этой фазе неизбежно требует хирургического вмешательства. Самым кардинальным и распространённым вариантом такого вмешательства сейчас является эндопротезирование.

Таким образом, вся существующая стратегия лечения артроза (до эндопротезирования) в основном направлена на устранение проявлений болезни и некоторых сопутствующих состояний (например, отека и спазма в параартикулярных тканях). Малая доля методов, нацеленных на работу с причинами паталогических процессов, не может проявить свою силу в полной мере, поскольку эти методы используют в качестве «средств доставки» механизмы, нарушенные дистрофическими процессами.

Решением проблемы лечения артроза суставов может стать метод лечения, который воздействует на репаративные процессы в субхондральной кости (области, которая не охвачена ни одним из других известных методов лечения).

Таким методом лечения является ИМПЛЭСО®.

ИМПЛЭСО®

НОВЫЙ МЕТОД ЛЕЧЕНИЯ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО АРТРОЗА

Метод лечения ИМПЛЭСО® основан на стимуляции репарации костной и хрящевой ткани электрическим полем электрета, имплантированного в пораженный сустав (Патент РФ 2563107, Евразийский патент 025289, положительное решение о выдаче патента США по заявке 15/034,200). Электретный имплантат, применяемый для реализации метода, зарегистрирован в Росздравнадзоре под названием «Имплантат электретный стимулятор остеорепаляции» (РУ № РЗН 2017/5729 от 05.05.2017) (далее по тексту «имплантат ЭСО»).

ИСТОРИЯ РАЗРАБОТКИ

Метод лечения остеоартроза ИМПЛЭСО® разработан в России на основе многолетнего опыта применения электрического поля электретов в исследованиях и хирургическом лечении повреждений и заболеваний опорно-двигательной системы.

Первые исследования по влиянию электрического поля на процессы остеорепарации были предприняты в конце 60 - х годов прошлого века (Lavene, Humbert, Becker, Bassett, Ткаченко, Рущкий, Анисимов, Зацепины и др). В 1975 г. после исследований на животных и клинических исследований, получен первый патент на применение полимерных электретов для стимуляции остеорепарации: Eiichi Fukada, Toshiaki Takamatsu, Iwao Yasuda Electret method of promoting callus formation in regeneration of bones, US3968790 — 1975-02-26. <http://www.google.ru/patents/US3968790>.

С конца 1970 – х годов исследования влияния электрического поля электретов на остеорепарацию начались в Военно-Медицинской Академии им. С. М. Кирова. Первые результаты применения электретов были представлены в 1983 при лечении замедленной консолидации костей голени [1,2]. Были получены авторские свидетельства [3,4,5]. В ряде работ, выполненных Рущким В. В., Нелиным Н.И., Хомутовым В.П., Тихиловым Р.М., Василевичем С.В., Фатеевым И.В., Артёмьевым А.А. с соавторами, было исследовано воздействие электрического поля электретов на рост фибробластов *in vitro*, энхондральный остеогенез у кроликов [6], на остеогенные и хондрогенные структуры у животных и человека в процессе лечения переломов костей, ложных суставов, замедленной консолидации, остеоартроза суставов, на регенерацию кожи и нерва [7,8,9,11,13]. Эти исследования показали наличие распределения статических электрических потенциалов (СЭП) кости, которое нарушается при травме и артрозе суставов, а его коррекция с помощью электрического поля электретов вызывает восстановление нормального распределения (СЭП) и восстановление структуры кости. Было показано, что электрическое поле электрета влияет на рост и ориентацию фибробластов в культуре тканей, под его воздействием активизируется энхондральный остеогенез. Электрическое поле электрета индуцирует восстановление хрящевой и костной ткани, благоприятно воздействует на микроциркуляцию крови пораженного артрозом сустава, при этом купируется болевой синдром, увеличивает объем движения и улучшает, таким образом, функционирование сустава, предупреждая прогрессирование дегенеративных изменений в костно-хрящевых структурах.

В последующем успешное использование электретов, совмещенных с имплантатами, при хирургическом лечении переломов (в том числе огнестрельных), ложных суставов и замедленной консолидации, подтвердили эффективность воздействия квазистатического электрического поля электрета на репаративные процессы костной ткани. Использование воздействия электрического поля электрета на остеогенные и хондрогенные структуры показали высокую эффективность при лечении артрозов крупных суставов человека и подтвердили возможность продуктивного применения электретов в клинической практике [12].

Для разработки серийной технологии изготовления электретных стимуляторов остеорепарации и внедрения методов лечения с применением электретов в широкую клиническую практику, автором первых конструкций и технологии получения электретных имплантатов была основана компания ООО «Медэл».

В 2013 г. компания «Медэл» получила патент РФ на конструкцию и метод лечения остеоартроза, основанный на стимуляции репарации костной и хрящевой ткани электрическим полем электрета, имплантированного в пораженный сустав (авторы Моргунов, Хомутов). Метод лечения получил название ИМПЛЭСО®. Электретный имплантат, применяемый для реализации метода, зарегистрирован в Росздравнадзоре под названием «Имплантат электретный стимулятор остеорепарации» (РУ № РЗН 2017/5729 от 05.05.2017) (далее по тексту «имплантат ЭСО»).

Использование ИМПЛЭСО® предупреждает прогрессирование дегенеративно-дистрофических процессов и способствует раннему восстановлению функции пораженного сустава.

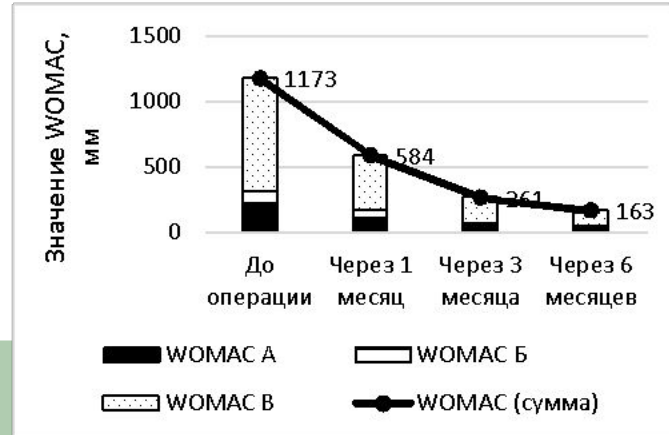
КЛИНИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В 2015-2016 г. на базе ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И.Мечникова Минздрава России проведены клинические испытания безопасности и эффективности имплантатов ЭСО.

В течение 6 месяцев наблюдений после операции ИМПЛЭСО® наблюдалось:

- Сокращение уровня боли, скованности и функциональных ограничений, измеренных по шкале WOMAC: в 2 раза через 1 месяц после операции, в 4-5 раз через 3 месяца и в 7-8 раз через 6 месяцев после операции.
- Рост объема движения сустава у 100% испытуемых, вплоть до полного восстановления объема движений у 60% пациентов.
- Прекращение дегенеративно-дистрофических изменений, подтверждаемое рентген-, КТ- и МРТ-диагностикой в наблюдениях в течение 6 мес. после операции.

а)



б)

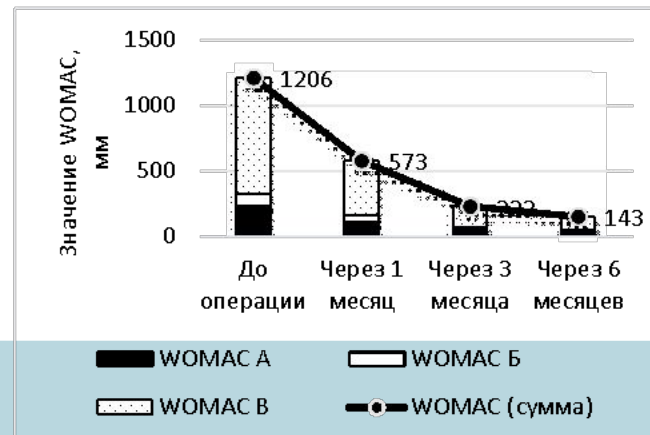


Рисунок 1. Изменение индекса WOMAC (мм) тазобедренного (а), коленного (б) сустава WOMAC А – боль, WOMAC Б – скованность, WOMAC В - затруднения в повседневной деятельности

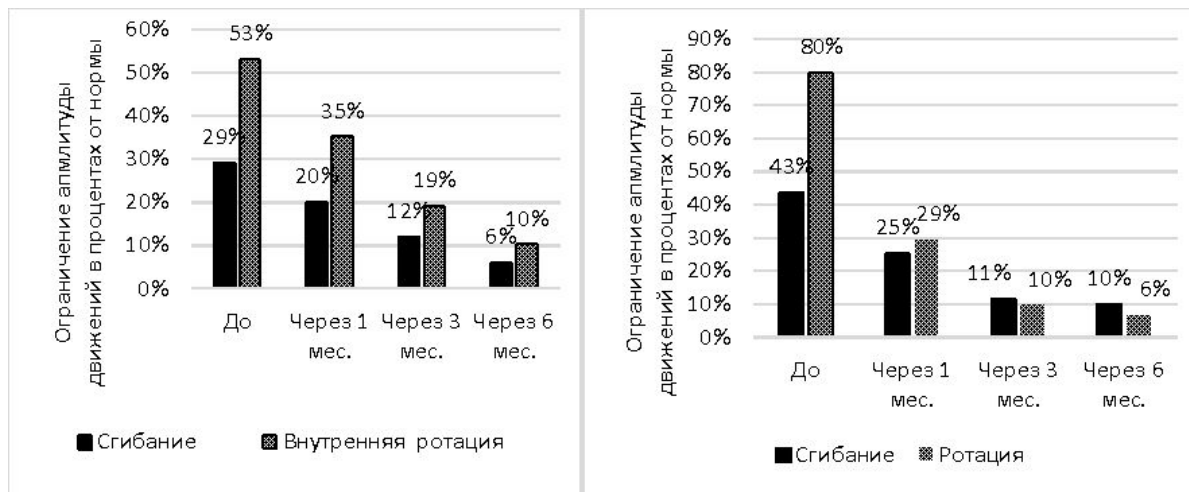


Рисунок 2. Ограничения амплитуды движений в процентах от нормы тазобедренного (а), коленного (б) сустава.

Совокупность клинических, рентгенологических, МРТ и КТ изменений через 6 месяцев после хирургического вмешательства позволяет достаточно точно спрогнозировать динамику и результат проведенного лечения.

Проведённые испытания подтвердили результаты длительных предшествующих наблюдений в экспериментальной клинической практике автора метода лечения над более чем 90 пациентов с остеоартрозом суставов. Отдаленные результаты прослежены у 92% больных в сроки от 1 года до 24 лет. В первые дни после операции пациенты отмечали стойкое уменьшение болевого синдрома, улучшалась походка и уверенность при ходьбе. Под влиянием квазипостоянного электрического поля электретного имплантата деструктивные изменения протекали менее выражено, участки некроза костной ткани подвергались рассасыванию с последующей активацией репаративных процессов и восстановлением структуры кости. Восстанавливалась васкуляризация в субхондральном отделе кости. Положительный результат достигнут в 93% случаев. У 7 пациентов с коксартрозом III стадии в связи с кратковременностью эффекта в последующие 6-9 месяцев было выполнено тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава.

Проведённые недавно исследования в Институте Цитологии РАН показали, что электрическое поля электретов на основе анодного оксида тантала увеличивает пролиферативную и миграционную активность ММСК, хондроцитов и остеоцитов человека [15], подтвердив выводы работы [6].

ПОКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ ИМПЛЭСО®

Хирургическое лечение показано больным с деформирующим артрозом I-III стадии при неудовлетворительном эффекте комплексной консервативной терапии или, когда определяются выраженные дегенеративно-дистрофические изменения в суставе, которые сопровождаются стойкими функциональными нарушениями. Метод ИМПЛЭСО® может применяться как самостоятельный или в сочетании с другими вариантами хирургического лечения – туннелизацией, артроскопией, коррегирующей околосуставной остеотомией, резекционной артропластикой.

ОПИСАНИЕ ИМПЛАНТАТА

Имплантат ЭСО представляет собой цилиндрический стержень из тантала, закруглённый на одном конце и имеющий головку с резьбой на другом. На торце головки имплантата расположен шлиц под шестигранную отвертку. На поверхности имплантата сформирован анодный оксид тантала в электретном состоянии толщиной 0,3 мкм (рис. 3).

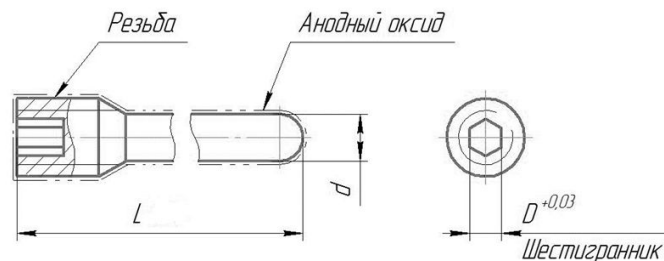


Рисунок 3. Имплантат электретный стимулятор остеорепаляции

Электрическая разность потенциалов ($U_{\text{э}}$) между внешней поверхностью анодного оксида и танталом в любой точке поверхности закругленного торца имплантата и на расстоянии до 5 мм от него составляет не менее 45 ± 2 В (значение $U_{\text{э,max}}$) и далее спадает по направлению к резьбе. Это значение $U_{\text{э,max}}$ создаётся отрицательным зарядом внешней поверхности анодного оксида с плотностью не менее $3,6 \pm 0,2 \cdot 10^{-2}$ Кл/м².

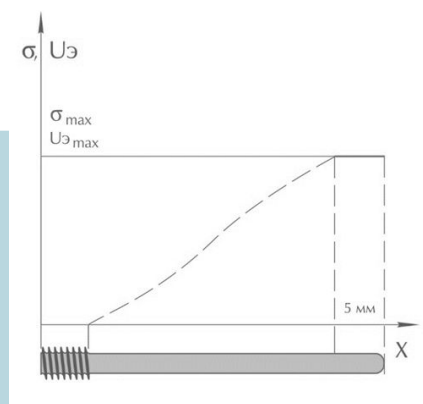


Рисунок 4. Схема распределения плотности заряда по длине Имплантата ЭСО

ПРЕДОПЕРАЦИОННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Предоперационное планирование необходимо для определения размера имплантата ЭСО, ориентиров необходимых для правильной установки имплантата, для подготовки оборудования и инструментов. Предоперационная разметка положения имплантата позволяет хирургу во время операции проконтролировать точность выполнения своих действий.

При планировании операции ИМПЛЭСО необходимо иметь обзорную рентгенограмму обоих суставов, рентгенограмму пораженного сустава в прямой и боковой проекциях с определенным увеличением, которое определяется расстоянием от трубки рентген-аппарата до снимаемого объекта с помощью маркеров.

На рентгенограмме пораженного сустава в прямой проекции выполняют построения и измерения:

- определяют проекционное увеличение рентгеновского изображения путем измерения маркера;
- накладывают шаблон имплантата на рентгенограмму пораженного сустава для определения места имплантации ЭСО;
- проводят прямую линию от очага поражения до коркового слоя кости в зависимости от анатомических особенностей и размеров сустава;
- отмечают и записывают размеры необходимого имплантата ЭСО;
- определяют диаметр сверла и размер гексональной отвертки, необходимых для выполнения хирургического вмешательства по таблице 2;
- размеры имплантата ЭСО и необходимого инструментария фиксируют в протоколе предоперационного планирования.

Таблица 2.

Для имплантатов ЭСО с диаметром рабочей части (d) мм	Диаметр сверла, мм	Размер гексональной отвертки, мм
2	2,5 _{0,2}	1,5
3	3,4 _{0,2}	1,5
4	4,5 _{0,2}	2,5

ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

Имплантация ЭСО осуществляется с помощью специального комплекта инструментов (таблица 3) под контролем ЭОП, что идеально для минимально-инвазивной техники хирургического вмешательства. Операция проводится под адекватным обезболиванием: спинномозговая анестезия для операций на тазобедренном суставе, проводниковая на других.

При имплантации ЭСО его размеры подбирают согласно таблице 1.

В соответствии с предоперационным планированием в область поражения мыщелка вводят направляющую спицу до субхондрального слоя кости. Для более точного формирования канала желательнее применять направляющий аппарат.

Канюлированным сверлом диаметром большим диаметра рабочей части имплантата (см. табл.2) формируют канал для соответствующего имплантата ЭСО.

Через сформированный канал при необходимости saniруют очаг деструкции полым сверлом или другим способом.

С помощью метчика формируют резьбу в кортикальном и прилежащем слое канала для головки имплантата.

Измерителем длины винта определяют глубину сформированного канала для окончательного выбора размера имплантата.

Имплантат ЭСО за резьбовую часть вынимают из стерилизационного пакета, вводят в сформированный канал и отвёрткой ввинчивают заподлицо в кость.

ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

При правильно выполненной операции ИМПЛЭСО® допускаются движения в оперированном суставе и нагрузка на оперированную конечность. Ограничением могут служить лишь боль или страх у пациента. В день операции нужно посадить больного в постели, дать ему почувствовать возможность движений в суставах и осевую нагрузку. На следующий день под руководством инструктора ЛФК или врача разрешают самостоятельно передвигаться (при необходимости с помощью костылей), проводят ФТЛ. В последующие дни режим активности расширяется и к концу недели пациент должен свободно ходить с полной нагрузкой на оперированную ногу. Исключение составляют пациенты после некоторых сочетанных реконструктивных хирургических операций. В таких случаях режим подбирается индивидуально.

Рентгенографию выполняют после операции и в процессе динамического наблюдения через 3-6-12 мес. и при отсутствии прогрессирования дегенеративного процесса 1 раз в год. Целесообразно ежегодное санаторно-курортное лечение, наблюдение ортопеда.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ЭЛЕКТРЕТА НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ КУЛЬТИВИРУЕМЫХ КЛЕТОК ЧЕЛОВЕКА.

Введение

Дегенеративно-дистрофические заболевания суставов значимая социально-экономическая проблема современной ортопедии. Эффективность лечения остеоартроза основана на воздействии на все возможные патогенетические звенья заболевания. Несмотря на широкое применение медикаментозных и немедикаментозных методов лечения, различных вариантов хирургических вмешательств при остеоартрозах проблема этой патологии среди трудоспособного населения все еще остается актуальной. Биоэлектрические процессы во многом определяют энергетику и метаболизм костной и хрящевой ткани. Известно положительное влияние квазистатического электрического поля электрета на репаративные процессы в костной ткани, сухожилиях, регенерации кожного покрова (Руцкий В.В.,1983,Василевич С.В.,2007, Фатеев И.В.2007). Неясность механизма действия электрета определила цель исследования – изучения влияния электростатического поля электрета на основные функции культивируемых клеток соединительной ткани – дермальные фибробласты, остециты, хондроциты, а также мультипатентные мезенхимальные стромальные клетки (ММСК) костного мозга человека в интересах оптимизации репаративной регенерации при дегенеративных заболеваниях суставов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Воздействие электростатического поля электрета на нормальные фибробласты кожи, (ММСК) костного мозга, остециты и хондроциты человека оценивали по его влиянию на процессы жизнеспособности клеток, их возможность осуществлять свои основные функции – адгезию, пролиферацию, миграцию, дифференцировку в условиях *in vitro*. В качестве электрета применяли образцы тантала высокой чистоты толщиной 0,5 мм. В 2 опытных сериях на поверхность образцов наносили анодный оксид в электретном состоянии толщиной 300 нм, электретной разностью потенциала 60-70 В и плотностью отрицательного заряда 0,048-0,056 К/м² с равномерным распределением заряда и 0-70 В и плотностью отрицательного заряда 0,048-0,056 К/м² с линейным распределением заряда по поверхности. В контрольной серии танталовые образцы были незаряженными. Клетки культивировали при 37°C в CO₂-инкубаторе в атмосфере 5% CO₂: фибробласты кожи в питательной среде DMEM (HyClone, США) с добавлением 10% FBS (HyClone, США) и 1% пеницилин-стрептомицина (Gibco by Life Technologies, США); ММСК, остециты и хондроциты в питательной среде αMEM (Lonzo, Бельгия), 20% сыворотки эмбрионов коров (HyClone, США), добавлением антибиотиков PenStrep (Gibco, США) и 2 мМ глутамина (GlutaMax, США). Оценку воздействия электростатического поля электретов на культивируемые клетки оценивали на 10, 14, 21, 28 сутки

Для определения функциональной активности клеток использовали количественные и качественные методы : пролиферацию оценивали калориметрическим методом с использованием анализатора Fluorofot “Chariti”, морфологическое состояние клеток оценивали, используя метод прижизненного наблюдения под инвертированным микроскопом с фотофиксацией, метод фазово-контрастной микроскопии (ФКМ) с использованием инвертированного микроскопа Nikon Eclipse TS100, метод сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) с использованием сканирующего электронного микроскопа JSM-35.7 (Япония), окрашивание фиксированных клеток генцианвиолетом, непрямо́е иммунофлуоресцентное мечение антителами против соответствующих белков (коллаген 1-го типа, остеокальцин, агрекан) - наблюдение и фотофиксация осуществлялась с использованием сканирующего конфокального микроскопа LSM 5 Pascal- ФРГ).


РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Влияние электростатического поля электретов на морфологию фибробластов кожи, ММСК костного мозга, остеоцитов и хондроцитов человека проявлялось хорошей адгезией, распластанностью и активной пролиферацией на поверхности всех образцов тантала. У всех типов клеток выявлены структуры характерные для мигрирующих клеток. Наиболее выражены морфологические изменения наблюдали у хондроцитов на поверхности танталовых образцов с линейным распределением электрического заряда. Наименьшая плотность монослоя клеток выявлена у остеоцитов подлежащих под линейно заряженными образцами (в вариантах, когда линейно заряженные образцы электрета лежат на поверхности слоя клеток). Напротив, у хондроцитов наблюдалась активная клеточная пролиферация и компактизация клеток, что особенно ярко проявлялось при линейном распределении электрического заряда. Хондроциты принимали вытянутую форму и плотно прилегали друг к другу.

Влияние электростатического поля электретов на пролиферацию разных клеток проявлялось в различной степени. Она оказалась равной или ниже чем в контроле у фибробластов кожи. Пролиферативная активность ММСК костного мозга , остеоцитов и хондроцитов достоверно была выше под воздействием электростатического поля электрета, чем на незаряженных образцах.

Влияние электростатического поля электретов на миграцию фибробластов кожи и ММСК костного мозга из коллагенового геля в чашках Петри выражалось в том, что они мигрировали в равной степени во все стороны от геля, одинаково как в контроле, так и в экспериментальных вариантах. Причем, у образцов с электретным покрытием формировалось колоний больше, чем у незаряженных образцов. ММСК костного мозга под воздействием электростатического поля электрета мигрировали на большее расстояние от геля, кроме того, это воздействие сопровождалось большей пролиферацией клеток в геле и выходом их из геля с большей плотностью. Остеоциты же мигрировали из геля на меньшее расстояние и с меньшей плотностью клеток, чем ММСК костного мозга. Под воздействием электрического поля электрета остеоциты мигрировали из геля активней на стороне обращенной к заряженной поверхности танталового образца. Хондроциты отличались самой низкой по сравнению с другими типами клеток способностью к миграции из коллагенового геля. Миграционная активность хондроцитов усиливалась под воздействием электростатического поля электрета и носила более выраженный характер. Показано, что воздействие электростатического поля электрета способствует остеогенной дифференцировке ММСК костного мозга. В процессе остеогенной дифференцировки ММСК экспрессия остеокальцина значительно усиливалась, особенно ярко проявлялась экспрессия коллагена 1-го типа. Воздействие электростатического поля электрета способствовало и хондрогенной дифференцировке мезенхимальных стромальных клеток. В процессе хондрогенной дифференцировки экспрессия агрекана и коллагена-2 значительно усиливалась, особенно под воздействием линейно заряженного электрета.

ВЫВОДЫ

1. Электростатическое поле электрета влияет на основные функции культивируемых *in vitro* клеток человека.
 2. Выявлено достоверное увеличение пролиферативной активности ММСК костного мозга, остеоцитов, хондроцитов под воздействием электростатического поля электрета.
 3. Под воздействием электростатического поля линейно заряженного электрета происходила более активная миграция культивируемых клеток.
 4. Под воздействием электростатического поля электрета обнаружена более активная дифференцировка ММСК костного мозга в остеогенном и хондрогенном направлениях.
 5. Под воздействием линейно заряженного электрета обнаружены морфологические изменения у всех типов клеток и особенно выраженными эти изменения были у хондроцитов.
 6. Целесообразно дальнейшее изучение проблемы использования имплантируемых электретов для оптимизации репаративных процессов в артрологии при лечении остеоартрозов.
- 

КЛИНИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

Больная Г. (род. 1951) страдает псориатической артропатией более 20 лет.

Неоднократно выполнялись различные оперативные вмешательства на коленном суставе (более 10 операций). В 2012 г. выполнена имплантация электростимулятора. Ушел болевой синдром. Дегенеративно дистрофические изменения не прогрессируют. Увеличился объем движения. В настоящее время консервативное лечение не получает, кроме санаторно-курортного лечения. Работает.

Снимок сразу после установки ЭСО



Снимок через 4 года



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !

The bottom of the slide features a decorative graphic consisting of several overlapping geometric shapes. On the left, there is a green triangle pointing towards the center. To its right, there is a larger light blue triangle pointing towards the bottom right. The rest of the bottom area is filled with a solid light blue color.