

Уважаемые коллеги!

Представляем вашему вниманию очередной специальный номер журнала «Гений ортопедии». Статьи авторов из различных стран и учреждений, отобранные для этого номера, объединяет очень важная тема. Они посвящены различным аспектам развития отрасли биоактивных имплантатов и управления биологическими процессами в ортопедии. Это направление сейчас активно развивают ученые и исследователи всех стран мира. Не отстает, а в каких-то аспектах и превосходит их, и Россия. Университеты, институты, медицинские и научно-исследовательские центры объединяют усилия для формирования отечественного рынка высокотехнологичных медицинских изделий.

В номере представлены статьи авторов из России, Сербии, Франции, Швейцарии, США, Венгрии, Индии, многие из которых подготовлены в соавторстве с коллегами из Центра Илизарова.

Статьи представляют как теоретические и экспериментальные разработки, так и оригинальные исследования по практическому применению инновационных технологий и обзоры литературы по проблеме. Примечательно, что из 13 статей номера семь работ посвящены исследованию биорезорбируемых материалов и имплантатов, востребованных современной медициной. Так Пьер Ласкомб, Пьер Журно, Д.А. Попков представляют собственный опыт применения резорбируемых имплантатов в детской ортопедии и травматологии. Было прооперировано 7 детей с переломами длинных трубчатых костей с использованием резорбируемых винтов (ActivaScrew™). В ближайшем послеоперационном периоде ни в одном случае не были обнаружены избыточный отек, гиперемия или иная патологическая реакция со стороны мягких тканей. Во всех случаях болевой синдром исчезал к седьмому послеоперационному дню. Восстановление опороспособности, возможности полноценной нагрузки на оперированную конечность, обычной физической активности отмечено в стандартные для таких повреждений сроки. Авторы заключают, что основными показаниями для применения резорбируемых имплантатов у детей остаются переломы и остеотомии, которые необходимо фиксировать винтами, а развитие производства пластин и эластичных винтов из резорбируемых материалов расширит показания к их применению.

Авторы из Венгрии (Gergő Jozsa, Tamas Kassai, Marcell Varga) делятся результатами применения резорбируемых эластичных интрамедуллярных стержней при переломе костей предплечья у 4 пациентов. Костное сращение без вторичных смещений, анатомическое и функциональное восстановление были констатированы через 5-7 месяцев после операции в каждом случае. Утверждается, что резорбируемый материал для остеосинтеза обеспечивает надежную стабильность и аналогичные результаты как при применении металлических стержней. Очевидное преимущество резорбируемых имплантатов объясняется отсутствием необходимости их удаления. Также исключена ирритация мягких тканей выходящим концом стержня, так как по технологии он срезается на уровне кости. Таким образом, хирургическое лечение переломов костей предплечья с использованием резорбируемых имплантатов является обоснованной альтернативой металлическим интрамедуллярным стержням.

Результаты удлинения голени с помощью интрамедуллярного деградируемого имплантата представлены авторами из Кургана (А.В. Попков, Е.С. Горбач, У.Ф. Мамедов, Р.В. Степанов). Впервые в клинической практике представлен случай оперативного удлинения голени аппаратом Илизарова у пациентки 10 лет, когда для стимуляции репаративной регенерации большеберцовой кости использовали интрамедуллярный деградируемый имплантат из поликапролактона (PCL), насыщенного гидроксиапатитом. Процесс удлинения голени сопровождался выраженным формированием костной «муфты» вокруг имплантата, которая непосредственно была связана с эндостом большеберцовой кости. Используемый имплантат не уступает по характеристикам титановым спицам, покрытым гидроксиапатитом, по степени остеоиндукции и не требует повторного хирургического вмешательства для удаления.

Применение биоактивных биодеградируемых имплантатов из поликапролактона для лечения остеохондральных дефектов освещено в публикации А.В. Попкова с соавт. Специалистами Центра Илизарова проведено сравнительное исследование 76 крыс линии Вистар, разделенных на 2 группы, у которых моделировали костно-хрящевой дефект медиального мыщелка бедренной кости. В опытной группе дефект замещали биоразлагаемой биоактивной мембраной из поликапролактона с гидроксиапатитом. В контрольной группе смоделированный дефект не замещали. Результаты были оценены в течение года клиническими, анатомическими, гистологическими, биомеханическими и статистическими методами. Диапазон движений в коленном суставе у животных опытной группы на всех этапах эксперимента был существенно лучше, чем в контроле. Имплантат обеспечивал целостность и конгруэнтность суставной поверхности. На 180-е сутки на месте замещенного имплантатом дефекта наблюдали новообразованный участок суставной поверхности органотипического строения с восполнением субхондральной кости костной тканью, а суставной поверхности – хрящевой тканью. Авторы заключают, что биодеградируемый имплантат из поликапролактона, импрегнированный частицами гидроксиапатита, эффективен для заживления костно-хрящевых дефектов.

Экспериментальные работы по изготовлению биорезорбируемых имплантатов и исследованию их свойств представлены тремя публикациями.

Ученые из Томского политехнического университета с соавторами (Курган) предложили способ нанесения гидроксиапатита на поверхность трёхмерных скаффолдов из ϵ -поликапролактона методом обработки в смеси «хороший/плохой» растворитель. Предложенный способ обработки обеспечивает равномерное покрытие слоем частиц гидроксиапатита внешней и внутренней поверхностей скаффолдов из поликапролактона, изготовленных методом 3D-печати, с сохранением их пористой структуры. Наличие биоактивного слоя на поверхности полимерных биорезорбируемых скаффолдов способно расширить их применение в клинической практике для хирургического лечения костных дефектов.

М.В. Стогов с соавторами (Курган, Томск) представили результаты изучения скорости деградации материала состава полилактид (PLLA)/гидроксиапатит (НА) в зависимости от кристалличности структуры полимера. Ис-

следование показало, что степень кристалличности PLLA влияла на кинетику высвобождения HA из образцов исследуемых материалов. С повышением кристалличности растет скорость гидролиза HA. Такое наблюдение можно объяснить тем, что полимер в кристаллической фазе подвергался гидролизу быстрее, чем в аморфной. Авторы показывают, что изменение содержания HA и степени кристалличности PLLA позволяет регулировать биологические характеристики материалов состава PLLA/HA.

Исследование *in vitro* бактерицидной активности имплантатов, изготовленных из биоразлагаемого материала (поликапролактона), пропитанного гидроксиапатитом и антибиотиком, является темой следующей публикации (Д.А. Попкова с соавторами, Томск, Москва). Авторы продемонстрировали, что пористые имплантаты, изготовленные из PCL и пропитанные антибиотиком, обладают выраженной антимикробной активностью в отношении наиболее распространенных грамотрицательных и грамположительных бактерий, вызывающих гнойные осложнения в хирургической практике. Наноструктурированный гидроксиапатит на поверхности имплантата не снижает бактерицидную активность. Предложенные имплантаты будут способствовать стимуляции регенерации кости и одновременно обеспечивать антимикробный эффект.

Большой интерес представляет опыт применения индивидуальных имплантатов. Так А.А. Корытки и В.В. Павлов с соавторами (Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск) в экспериментах *in vitro* и клинических исследованиях изучили биологическую фиксацию индивидуальных имплантатов при замещении посттравматических деформаций вертлужной впадины. Результаты эксперимента по изучению проникновения живых фибробластов в пористую структуру имплантатов с различным размером пор показали, что металлоконструкции с размером пор 400-499 мкм можно выделить из всех остальных, поскольку при данном размере пор проникновение живых фибробластов в структуру поверхности имплантата наибольшее. Замещение дефектов костной ткани в области вертлужной впадины с использованием индивидуальных имплантатов, имеющих поверхность в виде сетчатой пористой структуры (400-499 мкм), показало наличие признаков биологической фиксации в окружающей индивидуальный имплантат костной ткани у группы исследуемых спустя 12 месяцев.

Вопросы новых способов лечения представлены в журнале четырьмя публикациями. С.С. Леончук с соавтором из Индии представляет литературный обзор и клинический случай нового хирургического подхода лечения аневризмальной костной кисты (АКК) медиальной клиновидной кости. 47-летней женщине с 10-месячной историей боли и отека в правой стопе была выполнена блоковая резекция (полное удаление остатка медиальной клиновидной кости), дефект был замещен трансплантатом из малоберцовой кости правой голени, а аллотрансплантат ("Bio-Ost"®) укладывался вдоль аутооттрансплантата. Послеоперационный период протекал без осложнений с полным заживлением костного дефекта без рецидива через 12 месяцев наблюдения. Оценка по шкале AOFAS значительно увеличилась с 34 баллов до операции до 92 баллов на контрольном осмотре через 1 год. На основании своей работы авторы заключают, что применение комбинации внешней фиксации по Илизарову и костной пластики позволило создать благоприятные условия для заживления костного дефекта стопы при АКК без осложнений, сохранить пациенту подвижность и раннюю осевую нагрузку.

Применение комбинированного остеосинтеза при лечении диафизарных переломов большеберцовой кости рассмотрено в статье А.В. Попкова с соавторами (Курган), в которой проведена оценка эффективности сочетания чрескостного остеосинтеза с интрамедуллярным армированием эластичными титановыми стержнями, покрытыми гидроксиапатитом (HA-стержнями), при лечении переломов длинных трубчатых костей. Показано, что преимущества комбинированного метода способствуют сокращению времени проведения наружного остеосинтеза, уменьшению количества спиц и стержней-шрупов в аппарате наружной фиксации, стимуляции образования костной мозоли и предупреждению вторичных смещений костных фрагментов.

Мини-обзор современных концепций механических способов стимуляции distractionного регенерата представлен А. Черкашиным (Texas Scottish Rite Hospital for Children). Предлагается определять осевую динамизацию как возможность обеспечения осевой нагрузки на костный регенерат с минимальным смещением по ширине или изгибающими усилиями. Осевая динамизация может осуществляться через непосредственную стимуляцию регенерата осевыми циклическими нагрузками и исключением изгибающих и смещающих усилий. Автор заключает, что осевая динамизация вместе с другими неинвазивными методами механической стимуляции distractionного регенерата должна стать обязательным элементом при удлинении конечностей.

А.В. Попков и Д.А. Попков в своем обзоре определили новые направления в изучении, изготовлении и клиническом применении биоактивных имплантатов, применяемых по показаниям, сходным с аутоимплантатами. Авторы заключают, что основными современными трендами в биоинженерии ортопедии являются 3D-импланты, обеспечивающие детерминированную клеточную миграцию, пролиферацию и дифференцировку и сохраняющие на протяжении требуемого времени достаточную механическую прочность своей структуры. Сочетание биодеградируемых имплантов с импрегнацией их костным морфогенетическим белком стимулирует регенерацию реконструируемой кости. Программируемая и контролируемая резорбция имплантатов в сочетании с замещением их новой костной тканью является основным вектором развития инженеринга костной ткани.

Уверены, что данный тематический номер будет интересен и полезен специалистам и поможет экспертному сообществу не только познакомиться с актуальным состоянием направления, но и наметить перспективные для будущего сотрудничества проекты.

Приятного и полезного чтения!

Профессор РАН, член-корр. Французской Академии медицинских наук Попков Д.А.
Кандидат физико-математических наук Твердохлебов С.И.