## Актовая речь Г. А. Илизарова

«Некоторые проводимые нами фундаментальные исследования и их общебиологическое значение»

(на Всесоюзной конференции с участием иностранных специалистов, посвященной 70-летию Г. А. Илизарова, 13-15 июня 1991 года, г. Курган)
Часть ІІ

## G.A. Ilizarov's Grand Speech

«Some fundamental research performed by us and their general biological significance» (made at the National Conference with participation of foreign specialists devoted to G.A. Ilizarov's 70-th anniversary, June 13-15, 1991, Kurgan)

Part II

Как уже отмечалось, напряжение растяжения как общебиологический фактор, возбуждающий и поддерживающий генез и рост тканей, проявляется не только при прямом, но и любом опосредованном воздействии сил растяжения. Последнее, в частности, может создаваться как живыми, так и не живыми (инкапсулированными) тканями — межкостной мембраной, рубцами, сухожилиями, свободными костными ауто-, алло-, ксенотрансплантатами, металлом и т. д. Приведем соответствующие примеры в эксперименте и клинике.

Покажем вначале возможность выращивания костного регенерата в области дефекта большеберцовой кости созданием напряжения растяжения в поперечном направлении опосредованно через металлическую перфорированную пластинку, путем дистракции в течение 42 дней.

Второй пример выращивания костного регенерата с целью замещения большого дефекта большеберцовой кости созданием напряжения растяжения в продольном направлении посредством предварительно «вживленного» в течение 2-х недель металлического колпачка с перфорациями. К концу дистракции достигнуто замещение дефекта проксимальной половины большеберцовой кости с формированием новообразованного участка кости.

Следующий пример утолщения парных костей созданием опосредованного напряжения растяжения межкостной мембраной в поперечном направлении дозированным перемещением диафизарного фрагмента локтевой кости спицами-тягами. Через 20 дней растяжения в поперечном направлении отмечаются утолщенные участки костей, через 60 дней наблюдения в межкостном промежутке формируется обширный костный регенерат. Через 1 год наблюдения на мацерированных препаратах представлены утолщенные кости предплечья.

На ангиограмме дистальной области утолщения определяется поперечная ориентация густой сети новообразованных сосудов.

Приводим клинические примеры использования этой методики утолщения костей с одновременным удлинением их.

Больная с врожденным ложным суставом большеберцовой кости и укорочением конечности на 12 см со значительным истончением фрагментов берцовых костей. Без протезного аппарата пользоваться конечностью не могла. Обращают внимание связанные с ношением его трофические нарушения конечности.

В данном случае по описанной выше методике осуществлялось утолщение костей одновременно с удлинением, путем создания, опосредованно через межкостную мембрану, напряжения растяжения в поперечном направлении.

Следует подчеркнуть, что под влиянием напряжения растяжения происходит активный гистогенез и рост не только, как это было уже показано, костей и кровеносных сосудов, но и мышц, фасций, сухожилий, нервов, кожи и других тканей, что используется нами для управления этими морфогенетическими и формообразовательными процессами.

Вначале покажем на примере одного из вариантов методику замещения дефекта скелетных мышц. Первым этапом формировали дефект икроножной мышцы, далее с целью сближения концов мышцы выполняли остеотомию пяточного бугра, затем накладывали аппарат с дистракционной спицей, проведенной через отсеченный пяточный бугор. Концы мышц, до образования спайки между ними, сближали временными П-образными швами. Через 7 дней нити удаляли и начинали дозированную дистракцию мышцы опосредованно через пяточную кость и ахиллово сухожилие.

Проведенные исследования показали, что в условиях дозированного растяжения в регенерате, заполняющем диастаз, уже к 7 дню дистракции преобладают структуры развивающейся мышечной ткани. В дальнейшем под влиянием напряжения растяжения, наряду с новообразованием мышечных элементов продолжается дифференцировка.

Аналогично протекает дистракционный гистогенез и в неповрежденных скелетных мышцах и других мягких тканях удлиняемой по нашему методу конечности. При этом активные процессы новообразования и роста тканевых структур во взрослом организме во многом принципиально сходны с таковыми, имеющими место в эмбриональном и постнатальном периодах развития, что будет показано ниже.

Как и в онтогенезе, рост тканей под влиянием напряжения растяжения сопровождается появлением и ростом иннервационного аппарата. Об этом свидетельствует, в частности, интенсивное новообразование и дифференцировка нервных волокон в берцовых нервах удлиняемой голени.

Под влиянием напряжения растяжения, развивающегося при дозированном удлинении кожи тягой в поперечном направлении опосредованного свободным костным трансплантатом из ребра, в эпидермисе отмечены признаки активации прежде всего со стороны камбиальных элементов - клеток базального слоя.

Под влиянием напряжения растяжения активизируются также новообразование и рост производных эпидермиса — придатков кожи. По сравнению с кожей контралатеральной конечности в подвергшейся дозированному растяжению коже к 20 дню дистракции значи-

тельно возрастает число волосяных фолликулов и связанных с ними сальных и потовых желез.

Активный рост кожи и ее придатков под влиянием напряжения растяжения позволили использовать эту биологическую закономерность с целью возмещения без трансплантации больших дефектов кожи, рубцов, трофических язв, выращивать запас кожи при синдактилии с целью дальнейшего оперативного разделения пальцев без свободной пересадки кожи. Нормальный волосяной покров выращенной кожи свидетельствует об истинном росте под влиянием напряжения растяжения, а не о механическом ее растяжении.

В следующем наблюдении выращивания мягких тканей кисти созданием напряжения растяжения в поперечном направлении полученный запас мягких тканей позволил смоделировать III-IV-V пальцы левой кисти без трансплантации.

Комбинированное выращивание костной и мягких тканей с целью возмещения дефектов их созданием напряжения растяжения может быть использовано при разной патологии в широких пределах, в том числе и при тяжелых открытых травмах.

Позвольте проиллюстрировать последнее соответствующими клиническими примерами.

Больной 19 лет, поступил по поводу открытого многооскольчатого перелома берцовых костей левой голени с обширным дефектом мягких тканей. После хирургической обработки дефект кости составил 5 см.

Временное укорочение конечности позволило после сближения костных отломков значительно уменьшить размеры раны мягких тканей. Последующее восстановление длины конечности и замещение дефекта мягких тканей осуществлялось созданием напряжения растяжения путем дистракции. На рентгенограмме к концу дистракции хорошо выражен костный регенерат.

В результате лечения полностью замещены обширные дефекты костей и мягких тканей голени без трансплантации с сохранением опорно-двигательной функции.

Больной 23 лет, поступил с обширной размозженной раной, с дефектом костной и мягких тканей. Не связанный с мягкими тканями свободно лежащий костный отломок нижней половины диафиза большеберцовой кости был удален во время хирургической обработки. Образовавшиеся большие дефекты костной и мягких тканей возмещены без трансплантации. Для этого вначале с целью уменьшения размеров кожной раны произведено временное укорочение голени на 4 см с последующим восстановлением ее длины и целостности кости путем удлинения проксимального фрагмента после частичной его кортикотомии.

Следует отметить, что в результате тяжелой травмы отмечалось выраженное ухудшение кровоснабжения голени. Новообразование под влиянием напряжения растяжения сосудов в процессе лечения значительно улучшило васкуляризацию конечности. Это хорошо видно на ангиограммах к концу периода фиксации.

Аналогичная тактика лечения была применена у следующего больного 23 лет, поступившего через 1,5 месяца после открытого инфицированного перелома с обширной раной и некрозом дистального фрагмента большеберцовой кости. Последний был резецирован. Образовавшийся дефект замещен удлинением проксимального отломка.

После удаления некротически измененного дистального фрагмента и последующей удлиняющей компактотомии проксимального отломка выполнена дистракция с целью возмещения образовавшегося дефекта

и сращения дистального фрагмента большеберцовой кости с костями стопы.

Больной, 37 лет. Открытый многооскольчатый перелом костей предплечья с обширной раной и размозжением мягких тканей почти по всей окружности. При хирургической обработке удалены все осколки и не связанный с мягкими тканями загрязненный фрагмент локтевой кости. Образовавшийся дефект кости и мягких тканей возмещен без трансплантации.

Таким образом, приведенными выше исследованиями достаточно убедительно подтверждены открытые нами общебиологические закономерности генеза и роста тканей, а также и возможности управления ими. Это, в частности, позволило впервые в мире возмещать обширные дефекты не только костной и мягких тканей без трансплантации их, но и бескровно устранять тяжелые деформации с одновременным удлинением конечностей, а также управлять ростом и нормализовать пропорции тела и т.д.

Позвольте подтвердить сказанное несколькими примерами.

У больного с врожденным ложным суставом левой голени с укорочением ее на 15 см и резко выраженной деформацией целостность кости, длина, толщина и ось ее восстановлены бескровно.

У следующего больного, 14 лет, в результате перенесенного гематогенного остеомиелита лучевой кости образовался большой дефект ее (8 см) и вызванная этим косорукость. Восстановление целостности и длины названной кости осуществлено бескровно.

У больного (6 лет, Данилов) дефект правой плечевой кости 7 см, развившийся после гематогенного остеомиелита и многократных безрезультатных оперативных вмешательств. Болен с шестимесячного возраста.

Следующий больной (7 лет), заболел гематогенным остеомиелитом в возрасте 1 года, неоднократно оперирован, в результате возник дефект лучевой кости 7 см, вызвавший косорукость. Дефект кости и мягких тканей замещен без трансплантации, восстановлена длина, целостность кости, рубцовые изменения кожи исчезли без какой-либо операции, нормализовалось положение кисти и функция ее.

Следующий больной ахондроплазией из ФРГ, которому увеличен рост со 110 см до 183 см, одновременно устранены искривления ног и восстановлены пропорции тела.

Таким образом, проведенные нами многочисленные разносторонние фундаментальные исследования имеют не только важное теоретическое, но и большое прикладное значение.

Разработанные на их основе сотни принципиально новых, высокоэффективных, не имеющих аналогов в мировой практике методик лечения значительно расширяют возможности хирургов, ортопедов, травматологов, онкологов, ангиологов, пластических хирургов, стоматологов и хирургов других специальностей. Принципиально новая система лечения позволяет к тому же заменить многие сложные оперативные вмешательства щадящим бескровным лечением, значительно сократить этапность и сроки его, излечивать многих больных, считавшихся ранее неизлечимыми. Щадящий характер нашего метода позволяет излечивать многих сложных больных в амбулаторных условиях и получать при этом уникальные результаты.

Впервые в мире стало возможным бескровно устранять ряд тяжелых деформаций и даже выращивать недостающие части конечностей – стопу, пальцы кистей и т. д.

Как уже отмечалось, разносторонними комплексны-

ми сравнительными исследованиями, проведенными нами на всех мягких тканях, мы получили полное подтверждение как общебиологической закономерности стимулирующего влияния напряжения растяжения на их генез и рост, так и обнаруженной нами принципиальной общности процессов роста тканей под влиянием напряжения растяжения, создаваемого как естественным дистрактором (зонами роста костей) в онтогенезе, так и под влиянием напряжения растяжения, создаваемого нашим аппаратом у взрослых собак при удлинении, конечности.

Приведем некоторые конкретные данные этих исследований.

Так, сравнительное изучение методом количественного ультраструктурно-стереологического анализа фасций в периоде естественного и дистракционного роста показало значительное увеличение биосинтетической активности их фибробластической популяции, что выражается в сходном, максимально почти десятикратном возрастании объема фибробластов и их ядер в 1 см³ фасций, растущих как в постнатальном периоде, так и при дистракции аппаратом у взрослых, 50-кратном возрастании объема зернистого эндоплазматического ретикулума и 70-кратном возрастании поверхности его цистерн по сравнению со взрослыми интактными собакамии.

Теперь позвольте продемонстрировать выявленную методами трансмиссионной и сканирующей электронной микроскопии общность стимулирующего влияния напряжения растяжения на биосинтетическую активность фасций в периоде естественного роста и при удлинении у взрослых, при этом на рисунках слева будут показаны ультраструктурные особенности при естественном росте, а справа – при дистракции аппаратом у взрослых собак.

Так, на 14 сутки постнатального и дистракционного роста общность ультраструктурных проявлений стимулирующего влияния напряжения растяжения на биосинтетическую активность выражается в деконденсации хроматина в ядрах фибробластов, многочисленных цистернах зернистого эндоплазматического ретикулума с плотной упаковкой рибосом на их поверхности, множественных диктиосомах и везикулах аппарата Гольджи.

Такие же ультраструктурные проявления стимулирующего влияния напряжения растяжения на биосинтетическую активность фибробластов фасций отмечены у 1-месячных щенков и на 28 сутки дистракции аппаратом.

Сходный уровень активации биосинтезов в ядерных и цитоплазматических компартментах в фибробластах фасций выявляется и у 2-месячных щенков и на 58 сутки дистракции аппаратом у взрослых.

В исследованные периоды постнатального естественного и дистракционного роста у взрослых, характеризующиеся сходно высокой биосинтетической активностью фибробластической популяции фасций, нами выявлены и аналогичные изменения структур цитоскелета, через которые реализуется формогенный эффект напряжения растяжения в растущей ткани.

Так, на 14 сутки постнатального и дистракционного роста в цитоплазме фибробластов фасций выявляется сходная степень гипертрофии субплазмалеммальных пучков цитофиламентов, что свидетельствует о развитии формогенной системы, которая обеспечивает их реакцию на напряжение растяжения.

Эти же общие ульраструктурные проявления гипертрофии формогенных структур цитоскелета в условиях действия напряжения растяжения имеются у 1-месячных щенков и на 28 сутки дистракции.

Аналогичная картина выявляется у 2-месячных

щенков и к концу 2-го месяца дистракции.

Сходно высокие уровни биосинтетической активности в периоде постнатального роста и при дистракции аппаратом у взрослых коррелируют с аналогичными при естественном и искусственном росте изменениями в системе межклеточной интеграции фибробластов фасций, через которую осуществляется надклеточная кооперация и координация формогенных эффектов напряжения растяжения.

Динамика уровня межклеточной интеграции фибробластов фасций в периоде постнатального естественного роста и в периоде дистракции аппаратом у взрослых собак демонстрирует, что как в периоде активного естественного, так и аналогично при дистракционном росте у взрослых площадь поверхности межклеточных контактов и интенсивность контактообразования фибробластами на 1-2 порядка выше значений соответствующих параметров у взрослых интактных собак.

Эти сходно высокие уровни межклеточной интеграции и интенсивности контактообразования фибробластами фасций сопровождаются появлением аналогичного спектра ультраструктурных типов межклеточных контактов как в периоде постнатального роста, так и при дистракции аппаратом у взрослых.

У 1-месячного щенка и на 28 сутки дистракции отмечается сходная ультраструктура контактов щелевого типа.

Подобная ультраструктура щелевых контактов наблюдается и 2-месячного щенка и на 58 сутки дистракции.

Надклеточная кооперация и координация формогенных эффектов напряжения растяжения в растущей ткани фасций осуществляется и через межклеточные контакты фибробластов, ассоциированные с цитофиламентами у 14-суточного щенка и на 14 сутки дистракции.

Сходная ультраструктура межклеточных контактов фибробластов, ассоциированных с цитофиламентами, наблюдается у 1-месячных щенков и на 28 сутки дистракции.

Контакты подобной ультраструктуры выявлены у 2-месячного щенка и на 58 сутки дистракции.

Рост фасций как в постнатальном периоде, так и при дистракции аппаратом у взрослых характеризуется появлением адгезивных контактов промежуточного типа, которые свидетельствуют о механической интеграции фибробластов в условиях действия напряжения растяжения.

Адгезивные контакты между фибробластами фасций схожи у 14-суточного щенка и на 14 сутки дистракции. Сходную ультраструктуру имеют адгезивные контакты и у 1-месячного щенка и на 28 сутки дистракции.

Контакты аналогичной ультраструктуры выявляются и у 2-месячных щенков и на 58 сутки дистракции у взрослых.

Нами выявлены не только сходные по ультраструктуре зоны межклеточных взаимодействий, но и аналогичная ультраструктура зон цитостромальных контактов фибробластов с микрофибриллами незрелых эластических волокон как в периоде естественного роста, так и при дистракции аппаратом у взрослых. Формирование этих структур свидетельствует о наличии при естественном и искусственном росте фасций зон, через которые осуществляется перенос формогенных влияний с межклеточного матрикса фасций на внутриклеточные структуры фибробластов. Сходство ультраструктуры таких зон в периоде естественного и искусственного роста коррелирует с аналогичными количественными изменениями минорных структур межклеточного матрикса - основного вещества и эластических волокон, участвующих в формировании цитостромальных контактов фибробластов. Как в периоде естественного, так и при дистракционном росте у взрослых относительный объем основного вещества в 3-6 раз превышает значения этого параметра у взрослых интактных собак.

Аналогично высокие значения имеют и отношения объема основного вещества к объему коллагеновых фибрилл в 1 см<sup>3</sup> фасций, что свидетельствует о сходном увеличении объема структурных гликопротеинов, которые участвуют в процессах внеклеточного коллагеногенеза в межклеточном матриксе фасций при естественном и искусственном росте, что коррелирует с показанными выше изменениями биосинтетической активности фибробластов фасций в периоде постнатального естественно го и дистракционного роста у взрослых.

Относительный объем эластических волокон в периоде активного естественного роста в 2-3 раза, а объемные отношения эластических волокон и коллагеновых фибрилл в 1 см<sup>3</sup> фасций в 3-5 раз выше, чем у взрослых интактных собак. Сходные значения этих параметров наблюдаются и в периоде дистракции аппаратом у взрослых. Относительный объем эластических волокон в 2-4 раза, также как объемные отношения эластических волокон и коллагеновых фибрилл в 1 см<sup>3</sup> фасций в 2-4 раза выше, чем у интактных взрослых собак. При этом в процессе дистракции наблюдается постоянное возрастание объема эластических волокон. Это выявляется и на ультраструктурном уровне, в том числе формированием большого числа зон цитостромальных контактов фибробластов с микрофибриллами эластических волокон, которые свидетельствуют о переносе формогенных влияний напряжения растяжения с межклеточного матрикса на фибробласты.

Сходная ультраструктура цитостромальных контактов фибробластов с микрофибриллами эластических волокон наблюдается у 14-суточного щенка и на 14 сутки дистракции, у 2-месячного щенка и на 58 сутки дистракции аппаратом.

Наблюдается сходство цитоархитектоники фибробластов и стереоультраструктуры коллагеновых волокон, также отражающее показанную выше общность в активации биосинтетических процессов в фасциях в периоде естественного и дистракционного роста у взрослых. Сходные размеры и цитоархитектоника фибробластов фасции наблюдаются в фасции 14-суточного щенка и на 14 сутки дистракции.

Сходная стереоультраструктура новообразованных коллагеновых волокон фасции выявляется у 1-месячного щенка и на 28 сутки дистракции аппаратом у взрослых, что также подтверждает показанную количественно высокую активность коллагеногенеза на этих сроках постнатального и дистракционного роста.

Результаты исследований скелетных мышщ у растущих собак в онтогенезе и у взрослых животных при удлинении голени нашим аппаратом показали также принципиальное сходство происходящих при этом процессов роста. В обоих случаях они осуществляются одновременно несколькими путями, а именно:

- 1. Путем вставочного роста (интеркаляции) предшествовавших мышечных волокон за счет активизации их собственного энергетического и биосинтетического аппарата, в направлении миофибрилогенеза, что обеспечивает утолщение и удлинение волокон;
- 2. Путем новообразования мышечных волокон из камбиальных элементов скелетной мышечной ткани;

3. Путем выделения из состава ранее существовавших мышечных волокон ядерно-саркоплазматических участков с последующей их дифференцировкой в новые мышечные волокна.

Приведем фактическое подтверждение сказанного.

Идентичные признаки вставочного роста (интеркаляции) предшествовавших мышечных волокон обнаруживаются как у щенков к концу первой недели после рождения, так и у взрослых собак на 7-й день удлинения голени нашим аппаратом в виде гипертрофированных, функционально активных митохондрий, которые имеют вытянутую форму, ориентируются по длине мышечного волокна на расстоянии 2-х и более саркомеров.

К 14-му дню у щенков в постнатальном периоде онтогенеза и к тому же сроку удлинения голени у взрослых животных активизируются митохондрии и в подсарколеммальных участках саркоплазмы. Здесь они имеют различную форму, величину и плотность матрикса.

Гипертрофированные митохондрии как в межфибриллярных, так и в посарколеммальных участках саркоплазмы характеризуются наличием многочисленных плотно упакованных крист, благодаря чему значительно увеличивается площадь поверхности внутренней мембраны митохондрий, на которой осуществляется биосинтез макроэргических соединений. Это указывает на значительное повышение энергетического обмена в поперечнополосатых мышечных волокнах адекватно активизации белоксинтезнрующего аппарата, представленного многочисленными полисомами, обеспечивающими строительную функцию путем синтеза компонентов, необходимых для формирования новых и удлинения ранее существовавших миофибрилл, увеличения объема саркоплазмы и покрывающей ее сарколеммы. Обращает на себя внимание одинаковая в обоих случаях ультраструктура ядер, отличающаяся от ядер зрелых мышечных волокон равномерным распределением эухроматина по всему профилю ядер, что указывает на активное их участие в регуляции биосинтетических процессов.

К этому же сроку наблюдения в межфибриллярных пространствах у двухнедельного щенка и у взрослого животного через 2 недели дистракции появляется большое количество полисом. Здесь они осуществляют синтез актиновых и миозиновых миофиламентов и материала Z-линий с формированием в дальнейшем миофибрилл.

Такие же признаки активного миофибриллогенеза в эти же сроки обнаруживаются на периферии мышечных волокон под сарколеммой.

К исходу 1-го месяца постнатального развития щенков и к концу 4-й недели дистракции при удлинении голени взрослых животных появляются признаки активного роста мышечных волокон в длину. Отмечается скопление митохондрий с плотным матриксом, обилие полирибосом, синтезирующих миофиламенты и присоединение вновь сформированных саркомеров к более зрелым. Такая же картина роста мышечных волокон в длину наблюдается и у взрослых животных при дистракции аппаратом.

В эти же сроки наблюдений у растущих щенков и у взрослых животных при удлинении голени отмечается появление в составе мышечных волокон множественных клеток - сателлитов.

Наряду со вставочным ростом ранее существовавших мышечных волокон имеет место их новообразование как при дистракции нашим аппаратом, так и в онтогенезе. На это указывает наличие в составе растущих мышц дифференцирующихся миобластов, представляющих собой раннюю стадию новообразования мышеч-

ных волокон. В миобластах (двухнедельный щенок) выявляется крупное ядро, содержащее деконденсированный эухроматин, множество свободных рибосом на наружной поверхности кариолеммы и в цитоплазме, обеспечивающих активизацию биосинтетических процессов в околоядерных участках миобластов. Об этом свидетельствуют процессы миофибриллогенеза у взрослых собак на 14-й день дистракции голени.

В эти же сроки и у щенков и у взрослых животных при удлинении голени наблюдаются картины слияния миобластов с образованием мышечных трубок, дифференцирующихся в молодые мышечные волокна. В обоих рассматриваемых нами случаях (двухнедельный щенок и 14-й день дистракции аппаратом при удлинении голени взрослых собак) в процессе онтогенетического роста молодые мышечные волокна представляют собой самостоятельные образования, покрытые сарколеммой, внутри которых упорядочивается взаиморасположение миофибрилл, трубочек и цистерн, саркоплазматической сети и митохондрий.

Дальнейшее утолщение и рост таких новообразованных мышечных волокон продолжается за счет активных процессов синтеза миофиламентов, формирования миофибрилл по периферии и на концах волокон. Как у двухмесячных щенков, так и через 2 месяца эксперимента при удлинении голени взрослых собак в удлиняемых мышцах появляется множество молодых мышечных волокон, имеющих характерные пальцевидные выросты цитоплазмы, богатые полирибосомами.

Рост в длину под влиянием напряжения растяжения молодых мышечных волокон (двухмесячный щенок и взрослое животное, 2 месяца эксперимента) осуществляется по тому же принципу, что и описанный ранее рост.

Новообразование мышечных волокон может осуществляться также выделением из состава основного волокна ядерно-саркоплазматических участков. Эти участки содержат полный набор активированных органелл и способны в дальнейшем образовывать самостоятельные мышечные волокна.

У трехмесячных щенков большинство мышечных волокон имеют характерную для взрослых животных структуру с параллельными рядами миофибрилл, четко выраженными саркомерами, умеренным числом митоондрий. Отличительной от интактных взрослых животных особенностью является лишь обильное накопление в мышце, гликогена. Такая же картина наблюдается и у взрослых собак через 3 месяца эксперимента. Однако в отдельных мышечных волокнах и на эти сроки наблюдения сохраняются уже описанные явления вставочного роста.

В результате специально проведенных нами исследований установлено, что рост нерва как органа и в онтогенезе, и в процессе удлинения конечности у взрослых животных представляет собой сложный процесс, включающий несколько групп явлений, что связано с наличием в составе нервных стволов различных тканей и неоднозначной реакцией их на напряжение, возникающее в тканевых структурах в ответ на растяжение естественными дистракторами (зонами роста костей) либо нашим аппаратом в процессе удлинения конечности взрослых животных.

Так, в проводниковой части нервов можно выделить две основные группы явлений: новообразование нервных волокон (1) и вставочный рост (интеркаляцию) предшествовавших нервных волокон (2).

Общим признаком новообразования нервных волокон и у щенков в постнатальном периоде онтогенеза, и в про-

цессе дистракции в нервах взрослых собак является наличие конусов роста аксонов, характерная ультраструктура которых наблюдается в нерве 7-дневного щенка и в нерве удлиняемой по нашему методу голени взрослой собаки на 7 день дистракции. Часть врастающих в удлиняемый нерв новообразованных аксонов располагается характерными группами на поверхности предшествовавших безмякотных нервных волокон. Эти группы частично или полностью окружаются отростками леммоцитов и их базальной мембраной, что можно наблюдать у 14-суточного щенка и взрослого животного на 14-й день дистракции.

В дальнейшем, к концу 2-го месяца постнатального периода у щенков и у взрослых животных при удлинении голени по нашему методу к 2-м месяцам эксперимента (30 дней фиксации после 28 суток дистракции), дифференцировка новообразованных безмякотных нервных волокон завершается в результате полного охвата каждого аксона отростками леммоцита с формированием мезаксонов.

Картина последовательных этапов миелинизации у щенков на 7-й и 14-й дни после рождения и у взрослых животных к концу, соответственно, первой и второй недель дистракции, практически идентичны и отражают процесс формирования мезаксона, его удлинения и накручивания по спирали вокруг аксона с последующим, по мере возрастания количества витков, превращением в миелиновую оболочку.

Таким образом, нами четко продемонстрирована идентичность процессов новообразования и их дифференцировки в безмякотные и миелиновые нервные волокна у щенков в ходе естественного онтогенетического роста в постнатальном периоде и в ходе удлинения по нашему методу конечности взрослых животных.

При этом одновременно с новообразованием нервных волокон в удлиняемых нервах наблюдаются признаки вставочного роста (интеркаляции) предсуществоваших, дифференцированных нервных волокон, который осуществляется, в принципе, одинаково под влиянием напряжения растяжения, создаваемого как естественными дистракторами у щенков в онтогенезе, так и у взрослых животных нашим аппаратом.

В структуре периаксональной части интернодальной области миелиновой оболочки определяются терминальные петли, служащие основой роста и ремоделлирования миелина. Они заполнены цитоплазмой и прилежат к аксолемме (14-суточный щенок и взрослое животное на 14 сутки дистракции).

Для наружных витков миелина в это же время характерно их расслоение с образованием между соседними пластинами десмоподобных соединений, препятствующих, как известно, взаимному скольжению мембранных структур (14-суточный щенок и взрослое животное, 14 суток дистракции аппаратом).

Обращает внимание, что значительная часть хроматина в ядрах леммоцитов представлена эухроматином, более или менее равномерно распределенным по профилям ядер. Это указывает на активное участие их в биосинтетических процессах (14-суточный щенок и взрослое животное, 14 суток дистракции).

В цитоплазме этих же клеток активизацию биосинтетических процессов отражают множество рибо-, полисом, длинные, гипертрофированные цистерны гранулярного эндоплазматического ретикулума. Последние, окружая митохондрии, образуют характерные пространственные комплексы, свидетельствующие о высокой энергоемкости биосинтетических процессов (14-суточный щенок и

## Гений Ортопедии № 2, 2015 г.

взрослое животное, 14 дней дистракции).

Выраженная биосинтетическая активность леммоцитов мякотных нервных волокон в процессе роста в постнатальном онтогенезе у одномесячных щенков и при удлинении конечности взрослых животных нашим методом (28 дней дистракции) приводит к избыточной продукции миелина. Это проявляется в образовании миелиновой оболочкой складок, выпячивающихся в наружную цитоплазму леммоцита. Характерно, что миелин в складках расслаивается по главной плотной линии, вследствие чего в складках определяются участки леммоцитарной цитоплазмы.

Наряду с новообразованием, дифференцировкой и вставочным ростом нервных волокон происходит рост оболочек нервных стволов.

Так, в эндоневрии у 14-суточного щенка и у взрослого животного на 14 сутки удлинения голени по нашему методу обнаруживаются признаки активизации биосинтетических процессов в клетках в виде описанных нами характерных комплексов из функционально активных митохондрий с гипертрофированным гранулярным эндоплазматическим ретикулумом.

Такие же комплексы систематически обнаружива-

ются в эти же сроки и в клетках периневрия.

В цитоплазме этих клеток характерны также скопления гранул гликогена, четко выраженные у месячных щенков и у взрослых животных на 28 сутки дистракции.

Активизация биосинтетических процессов в клетках оболочек нервных стволов не только обеспечивает их собственный рост, но и участие в синтезе межклеточного матрикса. При этом для всех новообразующихся в эндоневрии волокнистых структур межклеточного матрикса свойственна строго продольная по оси нерва ориентация, совпадающая с направлением растягивающих усилий как при дозированной дистракции по нашему методу у взрослых животных, так и во время онтогенетического роста. Приведенные данные свидетельствуют, что разработанная нами методика удлинения конечности позволяет при дистракции нашим аппаратом искусственно создавать напряжение растяжения, которое на ткани взрослого организма оказывает влияние, принципиально сходное с тем, что наблюдается в тканях растущего в онтогенезе организма под действием напряжения растяжения, создаваемого естественными дистракторами — эпифизарными зонами роста костей...

Продолжение следует.

## Фотография из архива



На Всесоюзном симпозиуме с участием иностранных специалистов «Экспериментально-теоретические и клинические аспекты разрабатываемого в КНИИЭКОТе метода чрескостного остеосинтеза», 1983 г., 20-22 сентября, г. Курган.