

Ультраструктурно-стереологический анализ кровеносных капилляров эндомизия передней большеберцовой мышцы при удлинении голени по Илизарову

Г.Н. Филимонова

Ultrastructural-and-stereological analysis of endomysium blood capillaries of the anterior tibial muscle in the process of leg lengthening according to Ilizarov

G.N. Filimonova

Государственное учреждение науки

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган (генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

Методом сравнительного ультраструктурно-стереологического анализа эндотелия капилляров эндомизия передней большеберцовой мышцы удлиняемой голени в различных условиях установлены количественные отличия в организации эндотелия, свидетельствующие о различных проявлениях его адаптации к дозированному растяжению голени. При 4-кратном режиме более массивный эндотелий компенсирован увеличением периметра люминальной поверхности капилляра, повышающим всасывательную способность и гемотканевой обмен. Наряду с этим, увеличенные интерцеллюлярные связи свидетельствуют о более высокой потребности в адгезии клеток и стремлении улучшить проницаемость эндотелия, а гиперфункция биосинтетического и митохондриального аппаратов — о высокой метаболической активности и интенсификации окислительно-восстановительных процессов в условиях малодробной distraction. Для автоматического удлинения характерен на протяжении всего эксперимента более тонкий эндотелий с активной транспортной системой микропиноцитозных везикул.

Ключевые слова: режим distraction, эндотелий капилляров, ультраструктура, стереология.

Quantitative differences in endothelium organization, testifying to different manifestations of vascular endothelium adaptation to graduated leg elongation, are determined by the technique of ultrastructural-and-stereologic analysis of endomysial capillary endothelium of the anterior tibial muscle in the leg being lengthened under different conditions. In four-fold mode more massive endothelium is compensated by perimeter increase of capillary luminal surface, that raises absorption ability and hemotissue metabolism. At the same time increased intercellular connections testify to higher needs of cells for adhesion and desire for endothelium permeability improvement, and hyperfunction of biosynthetic and mitochondrial systems testifies to high metabolic activity and intensification of oxidation-reduction processes under distraction of few divisions. Thinner endothelium with active transport system of micropinocytotic vesicles is characteristic of automatic lengthening throughout the experiment.

Keywords: .mode of distraction, capillary endothelium, ultrastructure, stereology.

Специфику живых систем определил Э.С. Бауэр (1935): биосистема должна обладать свойством поддержания своей структуры вне зависимости от фактора внешней среды [4]. Все адаптационные механизмы направлены на поддержание гомеостаза, и если реакции недостаточно целесообразны, например, избыточны, то разрушение структуры в ответ на воздействие среды будет более выражено. При distractionном остеосинтезе в биологических тканях под воздействием напряжения растяжения активируются процессы регенерации, роста клеток и тканей [1]. Одним из факторов, определяющих активность этих процессов, является темп и ритм distraction. Так, при соблюдении оптимальных режимов distraction и стабильной фиксации костных фрагментов в эндотелии ма-

гистральных сосудов обнаруживаются признаки повышенной метаболической активности, выросты люминальной поверхности, инвагинации базальной, увеличение высоты эндотелиоцитов, что свидетельствует о росте эндотелия, опережающим реальное удлинение сосудистой стенки [2]. Под воздействием напряжения растяжения в мышцах голени активизируются процессы миофибриллогенеза, наблюдаются новообразование и рост мышечных волокон, протекающие по эмбриональному миобластическому типу [3]. Проведенные нами ранее исследования передней большеберцовой мышцы подвели к выводу о различных механизмах перестройки гемомикроциркуляторного русла в зависимости от дробности удлинения [12]. Внутримышечные микрососуды при distraction являются важным зве-

ном, обеспечивающим трофику новообразующихся тканей, ультраструктура капилляров в различных условиях удлинения голени представляет несомненный интерес.

В монографии В.А. Шахламова "Капилляры" (1971 г.) показано, что количественные данные ультраструктуры эндотелиоцитов свидетельствуют о качественных сдвигах в обменных процессах при облитерирующем эндартериите и дополняют биохимические и гистохимические исследования [11]. В работе В.В. Королева с соавт. (1980 г) представлены результаты ультраструктурно-стереологического анализа крове-

носных капилляров и мышечных волокон у больных на всех стадиях облитерирующего эндартериита [7]. Проведение морфометрического анализа ультраструктурных изменений периацинарных кровеносных капилляров околоушной слюнной железы позволило выявить закономерности структурных перестроек при различных функциональных состояниях органа [6].

Цель: сравнительный ультраструктурно-стереологический анализ кровеносных капилляров эндомизия передней большеберцовой мышцы при разных режимах удлинения голени.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучали переднюю большеберцовую мышцу опытной и контралатеральной конечностей 8 взрослых беспородных собак, которым через 5 дней после закрытой флекссионной остеоклазии костей голени в средней трети начинали удлинение голени с темпом 1 мм в сутки: в первой серии - автодистракцией за 60 приемов в течение суток по 0,017 мм; во второй - за 4 приема по 0,25 мм в течение рабочего дня. Эксперимент выполнил в.н.с., к.м.н. С.А.Ерофеев. Операции проводили под внутривенным комбинированным обезболивании в асептических условиях. Передозировкой барбитуратов животных выводили из опыта через 28 дней дистракции и 30 дней фиксации. Переднюю большеберцовую мышцу для исследования иссекали из области средней трети брюшка. Ткань фиксировали в смеси 2% параформальдегида и 2% глутаральдегида (1:1), постфиксировали в 1% растворе осмиевой кислоты, дегидратировали и заключали в эпоксидные смолы. Ультратонкие срезы получены на ультратоме "Nova" фирмы LKB с последующим контрастированием уранилацетатом и цитратом свинца по Рейнольдцу. Изображения капилляров сняты на электронном микроскопе JEM - 100В при увеличении 11800 всю выборку полученных изображений капилляров анализировали на предмет открытых и резервных (применен критерий рандомизации компонент для независимых выборок). Ультраструктурно-стереологический анализ проводили только на поперечных срезах капилляров в их безъядерной зоне при конечном увеличении 44840х. Использовали многоцелевую тестовую решетку коротких отрезков с шагом 1 см [8], на которую проецировали изображения капилляров. Определяли: а) измеряемые величины, выявленные в признаках 1, 2, 3, 4, 5, 6: P_i - число тестовых точек, попавших на след i-структуры в изображении; T_i - количество пересечений тестовой линии с профилем i-структуры в изображении; N_{Ai} - число следов i-структур в единице тестовой площади изображения, б) расчетные величины, полученные в результате деления одной измеряемой величины на другую, вы-

являемые в признаках 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16. Для сравнительной оценки состояния кровеносных капилляров мышцы удлиняемой голени в двух дробных режимах использовали следующие морфологические признаки: 1 - число тестовых точек, попавших на след просвета капилляра в изображении (P_n); 2 - число пересечений тестовой линии с профилем люминальной поверхности капилляра в изображении (T_n); 3 - число тестовых точек, попавших на след эндотелия капилляра в изображении (P_s); признаки 4, 5, 6 - число следов люминальных, базальных и цитоплазматических микровезикул в изображении капилляра; 7 - отношение числа тестовых точек, попавших на след эндотелия капилляра в изображении, к количеству пересечений тестовой линии с профилем люминальной поверхности эндотелия (P_s/T_n); 8 - отношение числа тестовых точек, попавших на след просвета капилляра, к количеству пересечений тестовой линии с профилем люминальной поверхности эндотелия в изображении (P_n/T_n); 9 - отношение числа тестовых точек, попавших на след эндотелия капилляра, к количеству тестовых точек, приходящихся на след просвета капилляра в изображении (P_s/P_n); признаки 10, 11, 12 - отношение числа тестовых точек, попавших на следы люминальных, базальных и цитоплазматических микропиноцитозных везикул эндотелиоцитов, к количеству тестовых точек сосудистого эндотелия (P_{lv}/T_s); (P_{bv}/T_s); (P_{cv}/T_s); 13 - отношение числа тестовых точек, попавших на следы цистерн гранулярной эндоплазматической сети (ГЭР), к числу тестовых точек сосудистого эндотелия ($P_{гэр}/P_s$); 14 - отношение количества пересечений тестовой линии с профилями мембран цистерн ГЭР эндотелия к количеству тестовых точек, приходящихся на сосудистый эндотелий капилляра в изображении ($T_{гэр}/P_s$); 15 - отношение числа тестовых точек, попавших на следы митохондрий эндотелиоцитов к числу тестовых точек, приходящихся на сосудистый эндотелий капилляра в изображении ($P_{мтх}/P_s$); 16 - отношение количества пересечений тестовой линии с профилями межклеточных кон-

тактов эндотелия к числу тестовых точек, приходящихся на сосудистый эндотелий капилляра в изображении ($T_{\text{мкк}}/P_3$). Статистическую обработку данных производили в программе Microsoft Excel, достоверность различий определяли по

критерию Вилкоксона для независимых выборок и критерию рандомизации компонент для независимых выборок. Ввиду недостаточного количества исследованных случаев, результаты трактовали как тенденции.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В таблице 1 представлены результаты анализа выборки капилляров эндомизия передней большеберцовой мышцы, попавших в наше поле зрения. Всего исследовано 500 капилляров:

230 из I серии и 270 – из II-й. В конце периода distraction, при автоматическом удлинении голени, число открытых капилляров опытной конечности составило 108% от значения во II серии. Соответственно резервные капилляры в I серии составили 63% от значения II серии. Через месяц фиксации: в I серии открытые капилляры составили 92% от значения II серии, резервных же оказалось почти в 1,5 раза больше – 146% от значения II серии. В неоперированной конечности наблюдается синергизм: в I серии открытые капилляры составили 92% от значения II серии, резервные – 142%.

При ультраструктурно-стереометрическом анализе капилляров выявлены количественные отличия как между исследуемыми режимами, так и между опытной/контралатеральной конечностями.

Признак 1 – P_n в конце периода distraction, как и через месяц фиксации, незначительно больше при автоdistraction, чем в режиме 1мм за 4 приема (рис. 1). При этом разница между опытной и контралатеральной конечностями во II серии так же незначительна, а в I – просвет капилляра больше в оперированной конечности в 1,4 раза в двух исследованных периодах

($P<0,01$).

Признак 2 – T_d через 28 дней distraction во II серии в 1,9 раза выше ($P<0,001$), чем в I-й (рис. 2). Через месяц фиксации эта разница ликвидируется, в контралатеральной конечности во всех случаях отмечен синергизм. Признаки 7 и 8 (рис. 3, 4) указывают на изменчивость всасывательной способности люминальной поверхности эндотелиоцитов [7]. Признак 8 – P_n / T_d через месяц distraction во II серии меньше, чем в I-й в 2,1 ($P<0,01$), признак 7 – P_3 / T_d меньше лишь в 1,7 раза, толщина самого эндотелия (признак 3) во II серии несколько выше, чем в I-й (рис. 5). То есть при меньшем просвете капилляра имеет место достаточно высокая всасывательная способность при 4-кратном режиме за счет люминальных выростов цитоплазмы.

Через месяц фиксации значение признака 3 повышается в I серии в 1,2 раза и снижается во II-й в 1,3 раза ($P<0,01$). Значения признаков 7 и 8 во II серии возрастают в 1,3 и в 1,6 раза ($P<0,05$), а в I-й – почти не изменяются. Признак 9 в конце distraction во II-ой серии меньше, чем в I-ой в 1,9 раза ($P<0,001$), что косвенно указывает на большую скорость гематканевого обмена при автоdistraction (рис. 6) и на увеличение этого параметра через месяц фиксации в 1,2 раза в I серии и в 2,0 раза ($P<0,001$) во II-й по сравнению с предыдущим сроком.

Таблица 1.

Параметр	0,017 мм x 60 = 1 мм				0,25 x 4 = 1 мм			
	Опытн. конечн.		Контралат. конечн.		Опытн. конечн.		Контралат. конечн.	
	дистр.	фиксац.	дистр.	фиксац.	дистр.	фиксац.	дистр.	фиксац.
Откр. капил.	88,2%	79,5%	92,6%	77,1%	81,4%	86,1%	91,4%	83,9%
Резерв. капил.	11,8%	20,3%	7,4%	22,9%	18,6%	13,9%	8,6%	16,1%

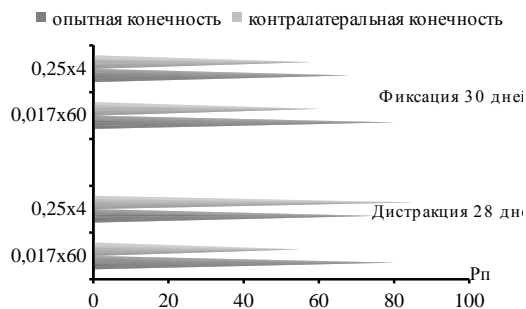


Рис. 1. Число тестовых точек, попавших на след просвета капилляра, в изображении.

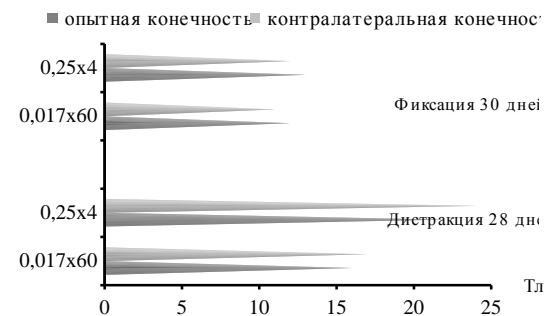


Рис. 2. Количество пересечений тестовой линии с профилем люминальной поверхности капилляра в изображении.

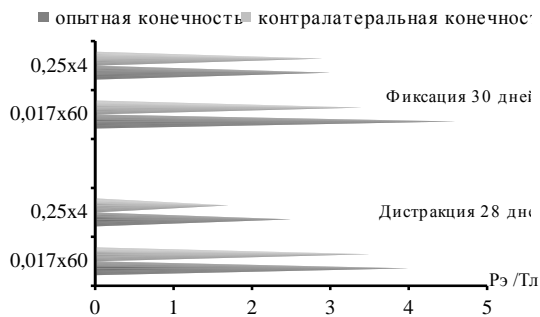


Рис. 3. Отношение числа тестовых точек, попавших на след эндотелия капилляра в изображении, к количеству пересечений тестовой линии с профилем люминальной поверхности эндотелия.

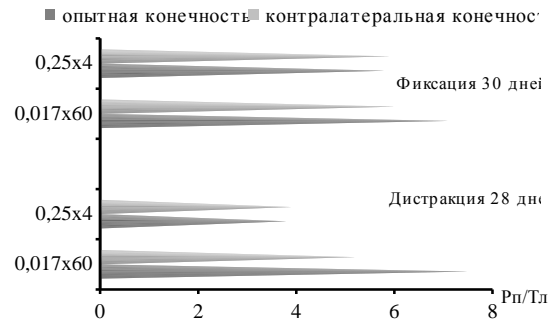


Рис. 4. Отношение числа тестовых точек просвета капилляра к количеству пересечений тестовой линии с профилем люминальной поверхности капилляра в изображении.

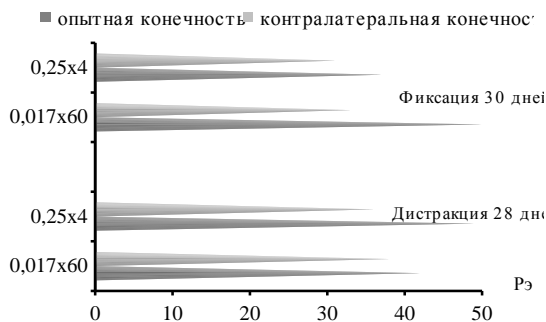


Рис. 5. Число тестовых точек, попавших на след эндотелия капилляра, в изображении

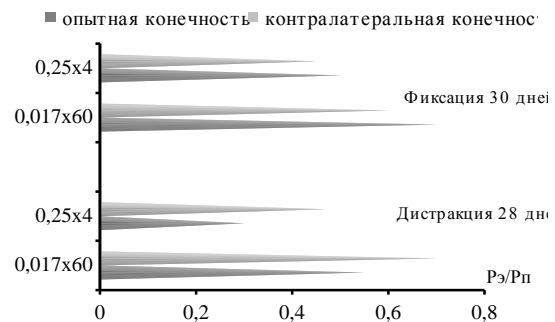


Рис. 6. Отношение числа тестовых точек, попавших на след эндотелия капилляра, к количеству тестовых точек, приходящихся на след просвета капилляра в изображении.

Эндотелиоциты, являясь непосредственным звеном при обмене между тканью и кровью, имеют множество микропиноцитозных везикул, осуществляющих транскапиллярный обмен. В конце дистракции в оперированной конечности наибольшее число цитоплазматических микровезикул (56-65) в изображении капилляра, у люминальной поверхности их число существенно (36-39), но меньше, чем у базальной (44-52) (рис. 7). Через месяц фиксации это соотношение не изменяется, лишь несколько уменьшается численность всех популяций микропиноцитозных везикул. Популяцию цитоплазматических везикул, вероятно, можно отнести к потенциальным люминальным либо базальным, в зависимости от их направления движения. Соотношение популяций микровезикул в данном исследовании для двух режимов и сроков обеих конечностей фактически идентично. При сравнении серий эксперимента в конце дистракции отмечена большая численность всех популяций везикул во II серии, при этом значение признаков 10 и 11 во II серии ниже, чем в I-й в 1,4 и в 1,3 раза, соответственно ($P < 0,05$). Это может быть показателем большего диаметра микровезикул при автодистракции, чем при 4-кратном режиме, что свидетельствует об ускоренном транспорте везикул и обмене между тканью и кровью при автодистракции (рис. 8 а, б). Через месяц фиксации во II серии значение признака 11 почти не изменяется, признака 10 –

увеличивается и 12 – немного снижается. При автодистракции значение признаков 10 и 11 почти не изменяется, а признака 12 – несколько возрастает.

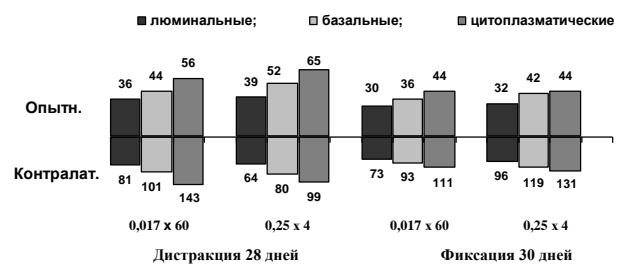


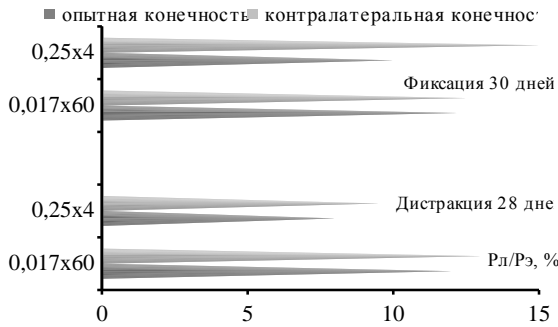
Рис. 7. Число следов люминальных, базальных и цитоплазматических микровезикул в изображениях капилляра эндомизия: опытной - верхние гистограммы и контралатеральной - нижние гистограммы конечностей.

Признаки 13 и 14, характеризующие основной органоид цитоплазмы, ответственный за биосинтез – гранулярный эндоплазматический ретикулум, в конце периода дистракции в I серии в 1,3 ($P < 0,01$) и в 1,9 раза ниже ($P < 0,001$), чем во II-й (рис. 9). Через месяц фиксации при 4-кратном режиме значение признака 13 возрастает в 1,7 раза ($P < 0,01$), признака 14 – не изменяется относительно предыдущего срока, что в 3,3 ($P < 0,01$) и в 4,7 раза больше ($P < 0,001$), чем в I серии. При автодистракции с увеличением срока эксперимента значение данных признаков

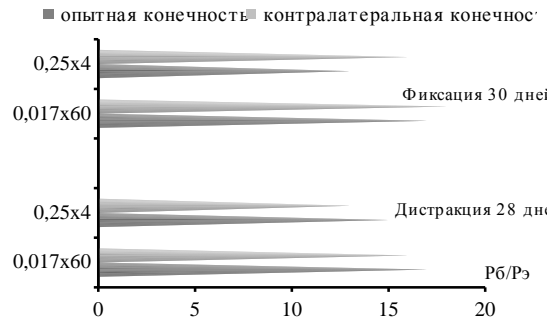
в опытной конечности снижается в 1,4 (недостаточно) и в 2,3 раза ($P < 0,05$), разница между опытной и контралатеральной конечностями во все сроки незначительна. Выявляющаяся таким образом гипертрофия ЭПР эндотелиоцитов может являться показателем гиперфункции биосинтетического аппарата эндотелиоцитов при 4-кратной дистракции в двух исследованных сроках эксперимента.

Значение признака 15, характеризующего митохондриальный аппарат, в конце дистракции во II серии выше в 2,6 раза ($P < 0,001$), чем в I-й (рис. 8). Через месяц фиксации значение данного параметра при автодистракции не изменяет-

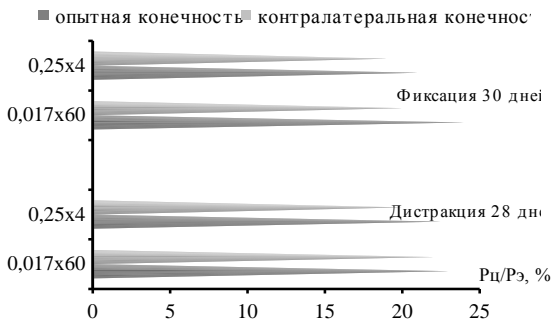
ся, а при 4-кратном режиме – снижается в 2,0 раза ($P < 0,01$). Значение признака 16, характеризующего протяженность межклеточных контактов, через месяц дистракции в I серии в 2,0 раза ($P < 0,01$), в конце фиксации – в 1,6 раза ниже (недостаточно), чем во II-й (рис. 9). Через месяц фиксации значение признака 16 снижается в обеих сериях: при автодистракции недостаточно, при 4-кратном режиме – в 1,8 раза ($P < 0,001$). Протяженность межклеточных контактов в контралатеральной конечности несколько выше (чаще недостаточно) по сравнению с опытной в обеих экспериментальных сериях в исследуемые сроки.



а

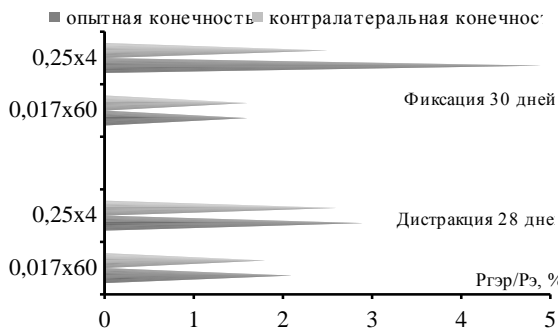


б

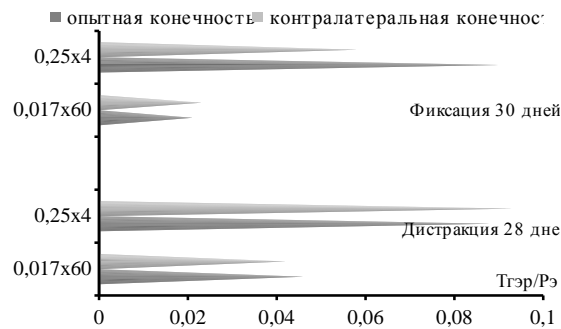


в

Рис. 8. Площадь, занимаемая следами: а) люминальных, б) базальных, в) цитоплазматических микропиноцитозных везикул от площади всего эндотелия (%) в изображении капилляра.



а



б

Рис. 9. а) площадь, занимаемая следами цистерн гранулярного эндоплазматического ретикулума (ГЭР) от площади всего эпителия (%), в изображении капилляра; б) отношение количества пересечений тестовой линии с профилями мембран ГЭР к количеству тестовых точек, пришедшихся на эндотелий капилляра в изображении.

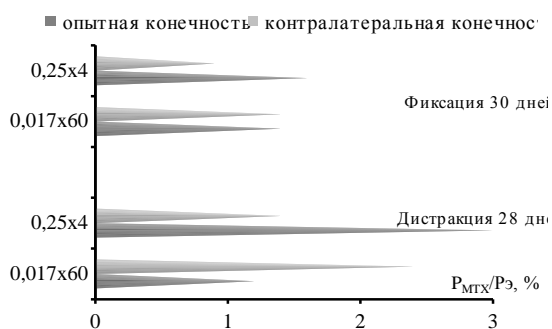


Рис. 10. Доля площади, занимаемая следами митохондрий, в изображении капилляра, выраженная в %, в площади всего эндотелия.

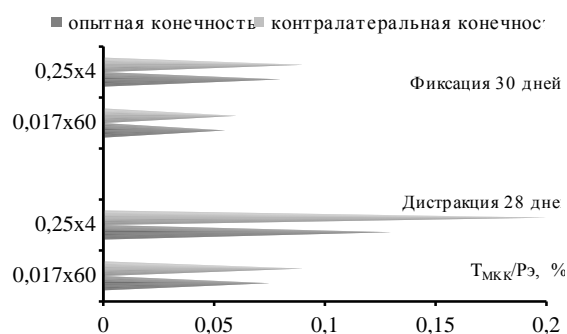


Рис. 11. Отношение количества пересечений тестовой линии с профилями межклеточных контактов эндотелия к количеству тестовых точек сосудистого эндотелия капилляра в изображении.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Представленные результаты анализа выборки капилляров на предмет открытых и резервных позволяют предположить наличие изменений в микроциркуляторном русле исследуемой мышцы в зависимости от режима удлинения. Через месяц дистракции при четырехкратном режиме доля резервных капилляров значительно больше, чем при автодистракции, и лишь в конце периода фиксации увеличивается число работающих капилляров. В I серии число работающих капилляров больше, чем во II-й уже в периоде удлинения. Результаты стереометрического исследования ультраструктуры эндотелия капилляров выявили количественные различия при разных режимах дистракции. Через месяц удлинения в четырехкратном режиме меньший просвет капилляров компенсирован гораздо большей протяженностью люминальной мембраны. Следовательно, обмен между кровью и тканью во II серии, несмотря на уменьшение просвета, остается на достаточно высоком уровне.

Главная функция микрососудов - трансапиллярный обмен, осуществляющийся в основном посредством микропиноцитоза, наиболее развитого в эндотелиальных клетках, где микровезикулы генетически и функционально связаны с клеточной мембраной. Микровезикулы обладают высокой метаболической активностью, содержат АТФ-азу, щелочную фосфатазу, холинэстеразу. Система микропиноцитозных везикул проявляет высокую стойкость даже при резком отеке клетки, так при облитерирующем эндартериите отмеченное снижение количества везикул не позволяло говорить о резком нарушении обмена между кровью и тканью [11]. Эти данные не противоречат нашим цифрам, не выявляющим количественных отличий между всеми популяциями микровезикул при двух дробных режимах дистракции. Но тем не менее в условиях автодистракции при несколько меньшем количестве большая площадь в срезе, занимаемая базальными и люминальными микровезикулами, выраженная в %

от площади всего эндотелия, свидетельствует о их большем диаметре и, соответственно, об ускоренном транспорте везикул и гемотканевом обмене в периоде дистракции [11]. В режиме 1мм за 4 приема через месяц фиксации несколько возрастает площадь, занимаемая в срезе эндотелия люминальными везикулами, и снижается - цитоплазматическими, что может являться показателем "запаздывающего" трансапиллярного обмена в этом случае.

Во II серии отмечены большие площади, занимаемые следами цистерн гранулярного эндоплазматического ретикула и митохондрий эндотелиоцитов в изображении капилляра, выраженные в % от площади всего эндотелия, чем в I серии, что является признаком повышенного энергообмена и биосинтеза капилляров при малодробном режиме удлинения голени. Относительная гипертрофия эндоплазматической сети эндотелиоцитов при 4-кратном режиме может объясняться рядом причин. Наряду с главной функцией - трансапиллярным обменом - эндотелиоциты модулируют рост, метаболизм, функцию гладкомышечных клеток, секретируя вазоактивные вещества, наиболее важные из которых - простагландин и эндотелиальный релаксирующий фактор [14]. Эндотелиальные клетки синтезируют сильнодействующий вазоконстрикторный пептид - эндотеллин [16], а также участвуют в образовании тканевых мукополисахаридов, фибринолитических факторов, гистамина, участвуют в процессе гемокоагуляции, секретируя плазменные факторы свертывания (фактор Виллебранда). Факторы роста и цитокины, синтезируемые эндотелиоцитами именно капилляров, существенно влияют на другие клетки сосудистой стенки более крупных сосудов, так как представительство эндотелия капилляров значительно выше по сравнению с крупными сосудами: на 1 мм² мышечной ткани у лягушки приходится 400, у лошади - 1350, у человека - 2000, у собаки - 2630 капилляров (Крог, 1927) [10]. Эн-

дотелиальные клетки метаболизируют биологически активные вещества (норадреналин, серотонин, брадикинин, простагландины), играют существенную роль в реакции реактивной гиперемии коронарных сосудов [9]. В данной работе не представляется возможным конкретизировать, какие именно факторы синтезируются в ГЭР эндотелиальных клеток, но можно предположить, что при 4-кратном режиме удлиняемая мышца подвержена более жесткому воздействию и при этом происходит гиперплазия биосинтетического и энергетического аппаратов эндотелиоцитов. Относительная гипертрофированность митохондрий при 4-кратном режиме удлинения в периоде distraction указывает на интенсификацию окислительно-восстановительных процессов, повышение энергетических потребностей клетки, при этом функция трансапиллярного обмена пребывает в относительно редуцированном состоянии.

Функциональное значение межклеточных контактов - регуляция проницаемости капилляров и повышение адгезивных свойств эндотелиоцитов [5, 11]. Кроме того, предполагают, что сосудодвигательные реакции передаются путем электротонических потенциалов, формирующихся в области межклеточных контактов гладкомышечных и эндотелиальных клеток, а не посредством химических медиаторов [17]. Возможно, при малодробной distraction большая протяженность контуров межклеточных контактов эндотелии объясняется

повышенной потребностью в адгезии клеток или (и) необходимостью усилить вазоконстрикторные (вазодилаторные) реакции микрососудов в отличие от автодистракции.

Таким образом, ультраструктурно-стереологический анализ позволил выявить отличия в организации эндотелия кровеносных капилляров эндомизия передней большеберцовой мышцы удлиняемой голени в двух щадящих режимах distractionного остеосинтеза, свидетельствующие о разных механизмах адаптации сосудистого эндотелия к дозированному растяжению: *при автодистракции* – более тонкий эндотелий и больший просвет капилляра с активной транспортной системой микропиноцитозных везикул уже в периоде удлинения. При *4-кратном режиме* – меньший просвет капилляра и более массивный эндотелий компенсирован увеличением периметра люминальной поверхности капилляра, повышающим всасывательную способность и гемотканевой обмен; увеличение интерцеллюлярных связей свидетельствует о высокой потребности в адгезии, улучшении проницаемости капилляров и усилении сосудодвигательных реакций; гиперфункция биосинтетического и митохондриального аппаратов эндотелия свидетельствуют о высокой метаболической активности и интенсификации окислительно-восстановительных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

- Илизаров Г.А. Значение факторов напряжения растяжения в генезе тканей и формообразовательных процессах при чрескостном остеосинтезе // Чрескостный остеосинтез в ортопедии и травматологии: Напряжение растяжения и его роль в генезе тканей при лечении переломов длинных трубчатых костей и их последствий: Сб. науч. трудов. – Курган, 1984. – Вып. 9. – С.4-41.
- Кровеносные сосуды при разных режимах distraction конечности / Г.А. Илизаров, А.Б. Кузнецова, В.С. Песчанский и др. // Архив анатомии, гистологии, эмбриологии. - 1984. - №5. – С. 49-55.
- Илизаров Г.А., Чикорина Н.К. Электронно-микроскопическое исследование передней большеберцовой мышцы при удлинении голени в эксперименте // Экспериментально-теоретические и клинические аспекты разрабатываемого в КНИИЭКОТ метода чрескостного остеосинтеза: Тез. докл. Всесоюз. симпозиума. - Курган, 1983. - С.54-56.
- Казначеев В.П., Субботина М.Я. Общие механизмы адаптации биологических систем // Морфология процессов адаптации клеток и тканей: Материалы конф. 1-го Моск. мед. ин-та. им. И.М. Сеченова. - М., 1971. - С.5-14.
- Караганов Я.Л., Романов Н.Н. Количественное изучение кровеносных капилляров в секретирующей слонной железе (по данным электронной микроскопии и морфометрического анализа) // Архив анатомии. - 1979. - Т. 76, № 1, - С. 35-43.
- Караганов Я.Л. Клеточная поверхность сосудистого эндотелия и ее роль в механизмах трансапиллярного обмена // Архив анатомии. - 1972. - Т 62, №1. - С.15-25.
- Королев В.В., Ахматов В.И., Стефанов С.Б. Количественное сравнение ультраструктур кровеносных капилляров и мышечных волокон на стадиях облитерирующего эндартериита // Архив патологии. - 1980. - Т.62, №7. - С. 58-63.
- Непомнящих Л.М. и др. Морфометрический и стереологический анализ миокарда / Л.М. Непомнящих, Е.Л. Лушникова, Л.В. Колесникова. - Новосибирск. - 1984. - 159 с.
- Сагач В.Ф., Ткаченко М.Н., Дмитриева А.В. О роли эндотелия в реакции реактивной гиперемии коронарных сосудов // Докл. АН СССР. – 1989. – 307. - №3. – С. 765-767.
- Чернух А.М. и др. Микроциркуляция / А.М. Чернух, П.Н. Александров, О.В. Алексеев. - М.: Медицина, 1984. - 432с.
- Шахламов В.А. Капилляры. - М.: Медицина, 1971. - 200 с.
- Состояние сосудистого бассейна мышц конечности при разных режимах удлинения (морфо-функциональное исследование) / В.И. Шевцов, С.Н. Асонова, А.Д. Наумов и др. // Гений ортопедии. – 1997. - № 2. – С. 5-11.
- Gefasendothels – Eine Übersicht. Teil Allgemeine Morphologie des Gefasendothels / G.A. Alimov, V.A. Mironov, V.V. Banin et al. // Gegenbaurs Morphol. Jahrb. – 1989. – Bd. 135, N. 6. – S. 887-916.
- Busse R. Control of vascular tone by the endothelium // Haemostasis. – 1988. – Vol. 18, Suppl. 2. – P. 50.
- Is capillary endothelium in human skeletal muscle an ischemic shock tissue? / A. Gidlof, F. Hammersen, J. Larsson et. al. // Induced Skeletal Muscle Ischemia in Man: Symp. – Linkoping, 1980. - P. 63-79.
- Thrombin in enhances the release of endothelium from cultured porcine aortic endothelial cells / V.B. Schini, H. Hendrickson, D.M. Heublein et al. // Eur. J. Pharmacol. – 1989. – Vol. 165, N 2-3. – P. 333-334.
- Steven S.S., Duling B.R. Conduction of vasomotor responses in arterioles: a role for cell-to-cell coupling? // Amer. J. Physiol. – 1989. – Vol. 256, N 3, Pt. 2. – P. H838-H845.

Рукопись поступила 17.12.01.