

Н.И. Гордиевских, Л.И. Сбродова

СОСТОЯНИЕ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ И КОАГУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ КРОВИ В УСЛОВИЯХ УДЛИНЕНИЯ КОНЕЧНОСТИ

ФГУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия»
им. акад. Г.А. Илизарова Росмедтехнологий» (Курган)

Представлены результаты изучения в эксперименте состояния кровообращения и свертывающей системы крови при удлинении голени у собак. Используются биохимические и физиологические методы исследования. Проведен анализ патофизиологических изменений со стороны гемодинамики и гемостаза. Проведенные исследования показали, что дистракционный остеосинтез сопровождается комплексом изменений в деятельности различных морфо-функциональных систем организма.

Ключевые слова: большеберцовая кость, дистракция, гемодинамика, гемостаз

STATE OF PERIPHERAL CIRCULATION AND BLOOD COAGULATING PROPERTIES UNDER LIMB LENGTHENING

N.I. Gordiyevskikh, L.I. Sbrodova

Federal State Institution «Russian Ilizarov Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopaedics» of Russian Medical Technologies», Kurgan

The results of experimental studying the state of circulation and blood coagulating system for canine leg lengthening are demonstrated in the work. Biochemical and physiological methods were used in the process of study. The pathophysiological changes in hemodynamics and hemostasis have been analyzed. The investigations made have demonstrated that distraction osteosynthesis is accompanied by the complex of changes in the activity of different morphofunctional systems of organism.

Key words: tibia, distraction, hemodynamics, hemostasis

Удлинение конечностей в настоящее время — широко распространенный вид хирургического лечения в ортопедии и травматологии. Оно проводится с целью уравнивания длины конечностей при посттравматических изменениях, приобретенных, врожденных и наследственных заболеваниях [4]. Одним из наиболее важных факторов, участвующих в создании благоприятных условий для успешного удлинения конечности, является интенсивность костеобразования [2]. Состояние кровообращения, в свою очередь, зависит от свойств сосудов, а также от свойств самой крови. Поэтому целью настоящей работы явилось изучение состояния гемодинамики и коагулирующих свойств крови в условиях дистракционного остеосинтеза.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эксперименты проведены на 23 взрослых беспородных собаках, полученных из вивария клиники животных РНЦ «ВТО» после прохождения комплекса ветеринарно-профилактических мероприятий, у которых через 5 дней после закрытой флекссионной остеоклазии берцовых костей на уровне середины диафиза [1] осуществляли удлинение голени в течение 28 суток с темпом 1,0 мм в сутки за 4 приема при разовой величине удлинения 0,25 мм. Период фиксации продолжался 30 суток. Оперативные вмешательства проводили в стерильных условиях операционной под управляемым

внутривенозным барбитуровым наркозом. Условия содержания, уход, оперативные вмешательства, эвтаназия соответствовали «Санитарным правилам по устройству, оборудованию и содержанию экспериментальных биологических клиник», утвержденными Приказом МЗ СССР за № 1179 от 10.10.1983 г.

Для характеристики регионарной гемодинамики при дистракционном остеосинтезе определяли объемную скорость кровотока в бедренной артерии и бедренной вене, артериальное, венозное и внутрикостное давление. Кровообращения в задней группе мышц оценивали с помощью внутримышечной реовазографии. Для определения объемной скорости кровотока в поверхностной бедренной артерии и бедренной вене предварительно калиброванный датчик электромагнитного расходомера крови (РКЭ-2) накладывали на выделенные в средней трети бедра сосуды. При расшифровке объемную скорость движения крови выражали в мл/мин. Давление крови определяли прямым методом. Иглы для внутривенозных инъекций, подсоединенные через ригидную полиэтиленовую трубку к датчику давления прибора «Мингограф-82», вводили в бедренную артерию или вену. Для определения внутрикостного давления с помощью электродрели в полость диафиза большеберцовой кости, отступив от линии перелома выше и ниже 2,5 см, вводили канюли, изготовленные из игл для переливания крови. Канюли соединяли с датчиком давления прибора «Мингог-

раф-82». Запись проводили при скорости движения ленты 50 и 100 мм/с. При расшифровке записи использовали калибровочный сигнал. Давление выражали в миллиметрах ртутного столба. Для записи внутримышечной реовазограммы два игольчатых электрода вводили в икроножную мышцу на расстоянии 3,0 см друг от друга и подсоединяли к реографу РГ 4-01 и «Мингографу-82». С помощью микроанализатора ВМЕ 33 определяли P_{O_2} и P_{CO_2} в венозной крови оперированной конечности. Состояние свертывающей системы крови изучали по общепринятым методам исследования [3, 6].

Исследования проводили в динамике: до операции, через 5 суток после нее, во время distraction с интервалом в 7 суток и в конце фиксации. Те исследования, которые требовали дополнительного оперативного вмешательства, проводили до операции, при окончании distraction и фиксации. Контролем служили результаты, полученные перед оперативным вмешательством. Полученные данные обработаны методом вариационной статистики для связанных между собой наблюдений с оценкой достоверности по Стьюденту.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На 5-е сутки после операции по данным реовазографии отмечали повышение скорости распространения пульсовой волны, увеличение индекса эластичности и незначительное снижение индекса периферического сопротивления сосудов. Пульсация сосудов была ослаблена, амплитуда пульсовой волны составляла 40 % от дооперационного значения ($p < 0,01$), сокращался период артериального притока и венозного оттока крови (рис. 1, 2). Базисное кровенаполнение икроножной мышцы было увеличено на 40 % от исходного уровня ($p < 0,05$). Почти не менялась относительная величина изменения скорости притока крови. Это объясняется тем, что артериальные сосуды переполнены кровью, стенка их напряжена. На фоне возросшего объема сосудистого бассейна систолический приток не способен вызывать заметного изменения электрического сопротивления ткани, что приводило к снижению амплитуды пульсации.

Наложение аппарата Илизарова и остеоклазия берцовых костей не приводили к достоверным изменениям напряжения кислорода и углекислого газа в венозной крови оперированной конечности (рис. 3). Время свертывания венозной крови (ВСК) оперированной конечности составляло 691 ± 47 с, при дооперационном значении — $638 \pm 15,5$ с, активизировалась тромбопластиновая активность (ТПГ) на 27 % ($p < 0,05$), отсутствовало достоверное изменение потребления протромбина (ПП). Если содержание фибриногена (ФН) повышалось более чем в два раза ($p < 0,01$), то его фибринстабилизирующая активность (ХШ фактор) понижалась на то же значение ($p < 0,01$); достоверно снижался свободно циркулирующий в крови гепарин (СГ) ($p < 0,05$) и намечалась тенденция к снижению ее фибринолитического по-

тениала (ФА) (табл. 1). Данные факты свидетельствуют о послеоперационном напряжении в системе гемостаза.

На 7-е сутки distraction было отмечено дальнейшее увеличение скорости распространения пульсовой волны и базисного сопротивления. Напряжение кислорода также увеличивалось и составляло 53,11 мм рт. ст. против 51,10 мм рт. ст. до операции. Напряжение углекислого газа снижалось до 86 % ($p < 0,05$), что указывает на сброс артериальной крови в венозную часть кровеносного русла по артериовенозным анастомозам. Открытие коротких путей между артериями и венами связано с повышением тонуса мелких артерий и артериол [5], а также, вероятно, с тромбозом сосудов микроциркуляции, так как в это время увеличивалась способность крови к свертыванию (табл. 1). В этот период прослеживалась направленность к гиперкоагуляции, время свертывания крови сокращалось в 1,5 раза ($p < 0,01$). Толерантность плазмы к гепарину и концентрация фибриногена заметно повышались ($p < 0,01$). Содержание гепарина в крови понижалось на 46 % ($p < 0,01$). Фибринолиз несколько угнетался. Изменения кровообращения в мягких тканях в этот период связано, по нашему мнению, с микротромбообразованием, что подтверждается и резко положительной этаноловой пробой.

На 14-е сутки distraction намечалось восстановление кровообращения. Достоверно уменьшалась эластичность кровеносных сосудов (ИЭ составлял 80 % от исходного уровня) и кровенаполнение сосудов, возрастал пульсовой кровоток, время систолического притока и оттока крови увеличивалось, снижалась скорость распространения пульсовой волны, возрастало периферическое сопротивление сосудов. По показателям коагулограммы прослеживалась та же тенденция. Понижалась толерантность плазмы к гепарину и концентрация фибриногена ($p < 0,05$), фибриназа приближалась к контрольным значениям, восстанавливался фибринолиз. Время свертывания кровяного сгустка удлинялось. Полученные данные свидетельствуют о снятии напряжения в системе гомеостаза.

На 21-е сутки удлинения базисное сопротивление, амплитуда пульсовой волны и индекс эластичности сохранялись на уровне предыдущего срока. Отмечалось достоверное сокращение ($p < 0,01$) времени притока крови. Нарастало напряжение кислорода до 55,8 мм рт. ст. В этот период сохранялись гиперкоагуляция и торможение фибринолитической активности. Эти изменения мы связываем с процессом активной минерализации distractionного регенерата, формирующегося в создаваемом диастазе, так как все системы организма, в том числе и факторы свертывания крови, участвуют в этом процессе.

К концу distraction (28 суток) отмечали снижение объемной скорости кровотока по бедренной артерии на 19 % (табл. 2). Снижалась относительная величина изменения скорости притока крови во вре-

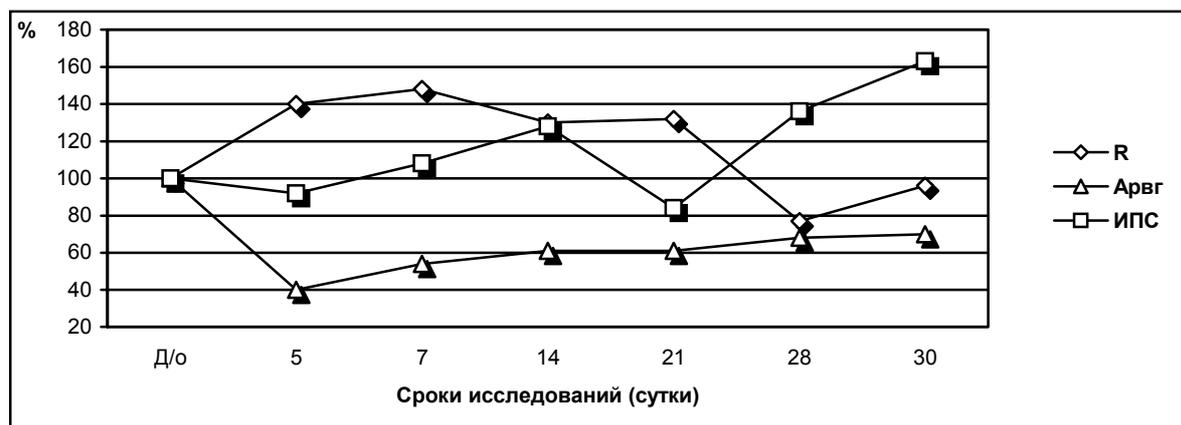


Рис. 1. Центральные тенденции изменений базисного сопротивления (R), амплитуды пульсовой волны (Arvg) и индекса периферического сопротивления сосудов (ИПС) в мягких тканях оперированной конечности, %.

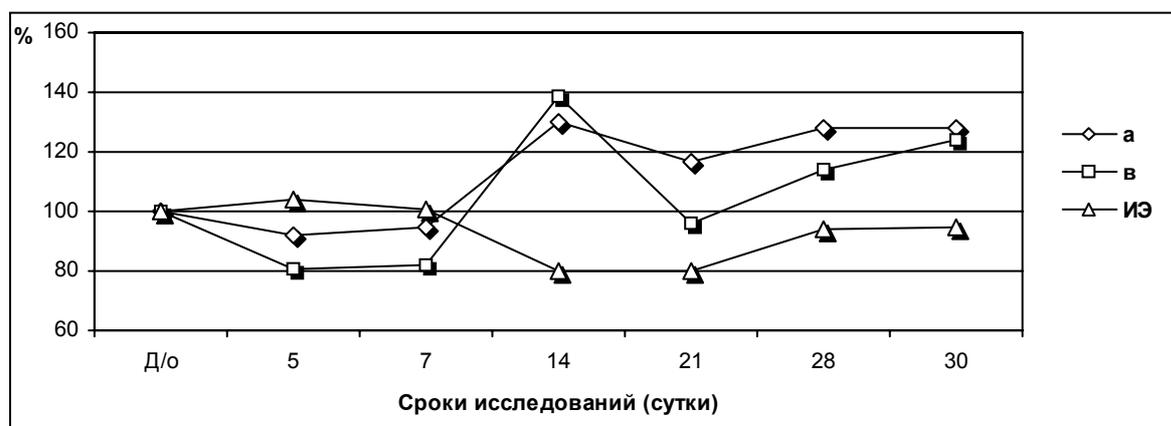


Рис. 2. Центральные тенденции изменений времени притока (а) и оттока (в) крови, индекса эластичности сосудов (ИЭ) в мягких тканях оперированной конечности, %.

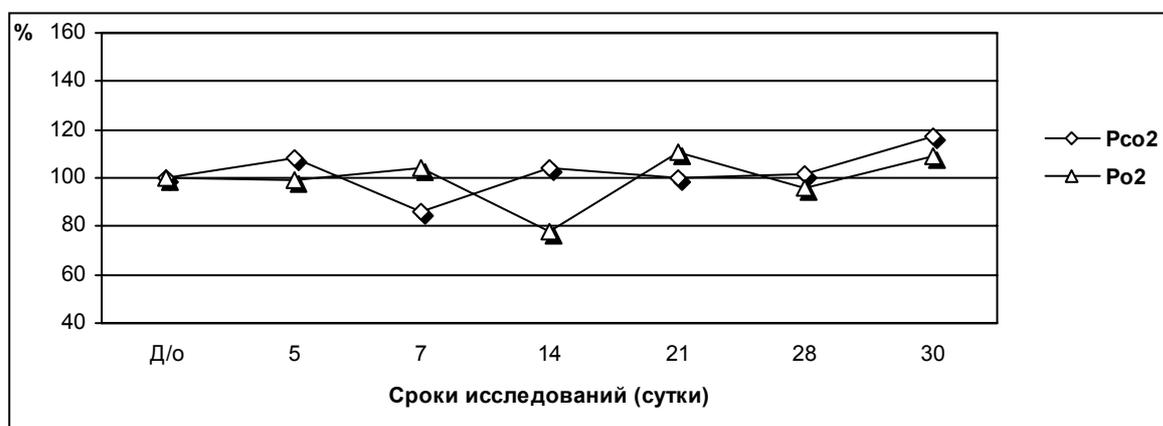


Рис. 3. Центральные тенденции изменений напряжения кислорода (P_{O_2}) и углекислого газа (P_{CO_2}) в венозной крови оперированной конечности, %.

мя систолы. В бедренной вене наблюдали резкое увеличение потока крови (282 %). Систолическое артериальное давление повышалось всего на 8 мм рт. ст. (106 %), а диастолическое — на 23 мм рт. ст. (127 %). Венозное давление почти не отличалось от исходного и составляло 4,93 мм рт. ст. (95 %). Внутрикостное давление (ВКД) в обоих отломках удлиняемой кости было ниже дооперационного уровня на 40 % в проксимальном отломке и на 54 % — в дис-

тальном (табл. 3). Отмечалось достоверное увеличение ($p < 0,05$) периферического сопротивления сосудов. Сохранялась тенденция к гиперкоагуляции, об этом свидетельствует время свертывания цельной крови ($p < 0,05$) и гепаринизированной плазмы, отмечалось восстановление XIII фактора и уменьшение содержания фибриногена в плазме (табл. 1).

Через месяц фиксации объемная скорость кровотока в бедренной артерии на 37 % превышала

Таблица 1

Динамика показателей свертывающей системы крови при удлинении конечности по Илизарову

Показатели	Контроль	До дистракции	Дистракция (сутки)				Фиксация
			7	14	21	28	
n	43	23	21	21	21	40	34
ВСК с	638 ± 15	691 ± 47	383 ± 48**	502 ± 37	529 ± 32	475 ± 9*	469 ± 42*
ПП с	29 ± 1,9	25 ± 2,8	20 ± 1,7	22 ± 2,4	22 ± 0,9	22 ± 1,2	22 ± 3
СГ с	9 ± 1	5 ± 1*	5 ± 0,6*	5 ± 0,6*	6 ± 0,6*	4,5 ± 0,3**	9 ± 1,2
ТПГ с	276 ± 28	200 ± 14*	182 ± 22**	240 ± 15	171 ± 26**	256 ± 29	268 ± 49
ФН г/л	2,7 ± 0,3	6 ± 0**	8 ± 0**	3,7 ± 0,7*	4 ± 0,5*	3,5 ± 0,3*	2,7 ± 0,2
ХШ с	74 ± 12	35 ± 2,5**	55 ± 7	73 ± 16	61 ± 9	73 ± 16	90 ± 19
ФА %	17 ± 1,7	13 ± 2,8	14 ± 2,5	17 ± 2,2	16 ± 1,7	20 ± 1,8	23 ± 4,9*

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

Таблица 2

Изменения объемной скорости кровотока в бедренной артерии (Qa) и бедренной вене (Qв) при удлинении голени методом Илизарова ($M \pm m$ мл/мин.)

Показатели	Контроль	Дистракция	Фиксация
		28 суток	30 суток
n	23	21	18
Qa	34,00 ± 5,12	27,61 ± 3,62	46,63 ± 6,82
%	100	81	137
Qв	11,00 ± 2,13	31,00 ± 5,13**	41,82 ± 6,54**
%	100	282	380

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

Таблица 3

Изменения артериального систолического (СД) и диастолического (ДД), венозного (ВД), внутрикостного давления в проксимальном (ВКД пр.) и дистальном (ВКД дист.) отломках кости при ее удлинении методом Илизарова ($M \pm m$ мм рт. ст.)

Показатели	Контроль	Дистракция	Фиксация
		28 суток	30 суток
n	23	21	18
СД	125,83 ± 5,61	133,33 ± 6,12	139,00 ± 7,94
%	100	106	110
ДД	85,33 ± 4,33	108,67 ± 5,53	102,25 ± 7,29
%	100	127	120
ВД	5,20 ± 0,44	4,93 ± 1,21	5,82 ± 1,22
%	100	95	112
ВКД пр.	36,75 ± 6,86	22,12 ± 8,81	13,64 ± 1,80**
%	100	60	37
ВКД дист.	43,75 ± 14,25	20,38 ± 3,55	17,00 ± 2,64*
%	100	46	39

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

дооперационный уровень. В бедренной вене кровотоков оставался высоким и составлял 41,8 мл/мин. против 11,0 мл/мин. в контроле. Систолическое давление продолжало нарастать, а диастолическое — приближалось к дооперационному значению. Давление в вене превышало контрольное значение на 12 %. Увеличивалось содержание кислорода в венозной крови. Такие изменения указывают на наличие расширенных артерио-венулярных анастомозов. Внутрикостное давление в верхней и нижней трети диафиза большеберцовой кости оставалось низким. Причиной служило, как следует из ранее проведенных исследований [7], увеличение оттока жидкой среды из полости кости вследствие нарушения ее герметичности и функциональных особенностей новообразованных сосудов костного регенерата. Базисное сопротивление и индекс эластичности сосудов достигали контрольных значений. Амплитуда пульсовой волны оставалась ниже дооперационной на 30 %. Наблюдалась тенденция к нормализации коагуляционного потенциала венозной крови. К дооперационным значениям приближались: время свертывания крови, толерантность плазмы к гепарину, количество фибриногена, фибринстабилизирующего фактора и фибринолитическая активность. Такие изменения показателей указывают на адаптационные изменения сосудистой системы, вызванные предшествующей дистракцией.

Таким образом, каждый период удлинения конечности сопровождался определенным состоянием гемодинамики. После нарушения целостности кости и наложения аппарата отмечались полнокровие в мягких тканях оперированного сегмента и дилатация магистральных кровеносных сосудов. В крови наблюдали гиперкоагуляцию и торможение фибринолиза, что характерно для периода после оперативного вмешательства. С началом дистракции углублялись сдвиги в гемодинамике и гемостазе. Однако уже к концу второй недели удлинения появлялись призна-

ки адаптации со стороны сосудистой системы и системы свертывания крови и фибринолиза. К концу дистракции изменения показателей свидетельствовали о компенсаторной реакции изучаемых систем. Через месяц фиксации возникали новая волна адаптации со стороны сосудов и постепенная нормализация показателей свертывания крови и фибринолиза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние разных ритмов дистракции на костеобразование, концентрацию циклических нуклеотидов и гемодинамику в удлиняемой кости / А.Д. Наумов и др. // *Гений ортопедии*. — 1996. — № 1. — С. 34–36.
2. Илизаров Г.А. Закрытая остеотомия трубчатых костей в эксперименте / Г.А. Илизаров, А.А. Шрейнер // *Теорет. и практ. аспекты чрескост. компрес. и дистракц. остеосинтеза: материалы Всесоюз. науч.-практ. конф.* — Курган, 1976. — С. 38–40.
3. Лифшиц В.М. Медицинские лабораторные анализы / В.М. Лифшиц, В.И. Сидельникова // *Справочник*. — М.: Триада-Х, 2000. — 312 с.
4. Патофизиологические механизмы формирования контрактур суставов при удлинении конечностей и их коррекция методом функционального биоуправления / С.П. Миронов и др. // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. — 2000. — № 1. — С. 3–8.
5. Физиология человека: в 4-х томах. Т. 3. Пер. с англ. / Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. — М.: Мир, 1986. — С. 113, 118, 128–130, 249.
6. Функциональные и лабораторные тесты в интенсивной терапии / В.А. Корячкин, В.И. Страшнов., В.Н. Чудинов, Д.А. Шелухин. — СПб., 1999. — 90 с.
7. Шевцов В.И. Изменения гемодинамики вследствие дозированных повреждений диафиза большеберцовой кости / В.И. Шевцов, В.С. Бунов, Н.И. Гордиевских // *Синграальная хирургия*. — 2000. — № 4. — С. 36–41.