

© Группа авторов, 1999

Центральная и периферическая гемодинамика у больных с межсегментарными дефектами костей в области коленного сустава в процессе лечения методом чрескостного остеосинтеза

**Т.И. Долганова, Л.М. Куфтырев, К.Э. Пожарищенский, Д.Д. Болотов,
Д.В. Долганов**

The central and peripheral hemodynamics in patients with bone intersegmental defects in the knee during treatment by transosseous osteosynthesis technique

T.I. Dolganova, L.M. Kufyrev, K.E. Pozharishchensky, D.D. Bolotov, D.V. Dolganov

Государственное учреждение Российский научный центр
"Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган
(Генеральный директор — академик РАМТН, д.м.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ В.И. Шевцов)

Изучена центральная и периферическая гемодинамика методами венозной окклюзионной плетизмографии, тетраполярной реовазографии, ультразвуковой доплерографии у 21 больного с дефектами суставных концов костей, образующих коленный сустав до, в процессе, и после лечения. До лечения выявлено снижение на 20-30% ряда показателей центральной гемодинамики, доплерограммы отражают изменения по типу стеноза различной степени в магистральных сосудах пораженной конечности с развитием, в некоторых случаях, окклюзии подколенной артерии, снижение кровоснабжения мягких тканей голени на 30-60%. В процессе лечения отмечена положительная реакция центральной и периферической гемодинамики, что говорит об отсутствии срыва компенсаторно-приспособительных реакций организма. Увеличение МОК на 67% относительно исходного уровня по амплитудному типу. В 3 раза возрастает кровоснабжение мягких тканей голени, сочетающееся с дилатацией магистральных сосудов. Резервные возможности сосудистого русла сохраняются преимущественно в бассейне а. tibialis ant. и они используются организмом в процессе лечения аппаратом Илизарова. Восстановление опорной функции больной конечности сопровождалось нормализацией всех параметров центральной и периферической гемодинамики после снятия аппарата.

Ключевые слова: коленный сустав, дефект, гемодинамика, чрескостный остеосинтез, аппарат Илизарова

The central and peripheral hemodynamics has been studied by methods of venous occlusion plethysmography, tetrapolar rheovasography, Doppler ultrasonography in 21 patients with defects of articular ends of the bones, forming the knee, before, during and after treatment. There is 20-30% decrease of some indices of the central hemodynamics before treatment, Doppler ultrasonograms reflect changes in magistral vessels of the involved limb according to stenosis of different degree with development of occlusion in the popliteal artery, 30-60% decrease in blood supply of leg soft tissues. There is positive reaction of the central and peripheral hemodynamics, pointing to absence of break-down of compensatory-and-adaptative reactions of organism. There is 67% increase of CO with respect to initial level according to amplitude type as well. Moreover, there is 3-fold increase of blood supply of leg soft tissues, combined with dilatation of magistral vessels. Reserve potentials of the vascular bed mainly remain in the pool of a. tibialis ant., and they are used by organism during treatment with the Ilizarov apparatus. Recovery of weight-bearing function of the involved limb is accompanied by normalization of all the parameters of the central and peripheral hemodynamics after the apparatus removal.

Keywords: the knee, defect, hemodynamics, transosseous osteosynthesis, the Ilizarov apparatus.

Обширные дефекты суставных концов костей из всех поражений коленного сустава являются наиболее сложной патологией для дальнейшей реабилитации. Это связано с нарушением анатомической целостности и функции конечности, недостаточностью кровообращения,

выраженными рубцами мягких тканей, деформацией и анатомическим укорочением костного сегмента, образовавшимися после травм, заболеваний и предшествующих оперативных вмешательств [2, 4].

Для лечения данной патологии в РНЦ «ВТО» предложен ряд методик, позволяющих создать опороспособность конечности с правильной ее биомеханической осью и адекватно заместить дефект без применения свободной костной пластики и эндопротезирования, сократить сроки и этапность реабилитации с повышением ее объема [8, 9, 10].

С целью изучения компенсаторно-приспособительных реакций организма у больных с межсегментарными дефектами костей в области коленного сустава на этапах лечебно-реабилитационного процесса произведено исследование центральной и периферической гемодинамики. Данное исследование базируется на результатах лечения 21-го пациента с межсегментарными дефектами костей в области коленного сустава в возрасте от 13 до 55 лет (в среднем $27,3 \pm 1,06$ г.). Давность заболевания составляла от года до 15 лет. Причиной образования дефектов у 15 пациентов явились сегментарные резекции (по поводу гигантоклеточных опухолей - 12, остеогенной саркомы - 2, хондросаркомы - 1), многократные секвестректомии, вследствие остеомиелита посттравматического происхождения - у 4-х, острого гематогенного остеомиелита - у 2-х больных. Восемнадцать пациентов ранее безуспешно оперированы от 1-го до 6 раз (всего 38 раз), из них по поводу дефекта: с применением эндопротезирования - 6, костной аутопластики - 1, аллотрансплантации - 10, в сочетании с металлоостеосинтезом - 7, остеосинтезом аппаратом Илизарова - 3.

При поступлении на лечение у всех больных отмечалось отсутствие опороспособности конечности с выраженной патологической подвижностью в области дефекта, что потребовало использования различных видов вспомогательных средств дополнительной фиксации и опоры. Величина дефектов (сумма величин укорочения поврежденного сегмента и межсегментарного диастаза) составляла от 4 до 30 см (в среднем 14 см). У всех пациентов имелись различной формы и распространенности (от 8 до 31 см) рубцовые изменения мягких тканей, которые в основном локализовались по передне-внутренней и передне-наружной поверхности на уровне коленного сустава. Рубцы имели, как правило, линейный характер, были малоподвижны, а у 8 больных спаивались с концевыми отделами костей. Атрофия мягких тканей бедра отмечалась у всех больных и составляла от 2 до 19 см. Отек дистального отдела голени в пределах 14 см отмечен у 3-х пациентов.

Всем больным выполнены реконструктивно-

восстановительные операции на основе технологии чрескостного остеосинтеза с формированием одного или нескольких distractionных регенератов для замещения дефектов и образования феморально-тибиального синостоза или межсегментарного неартроза, позволяющего улучшить опороспособность конечности [7].

У всех больных достигнут положительный анатомо-функциональный результат, достигнута полная опороспособность при стоянии. Прихрамывали и ходили с тростью 4 человека, двое из которых имели остаточное укорочение более 2-х см.

Для изучения показателей периферической гемодинамики использовался метод венозной окклюзионной плетизмографии. Исследование проводили на венозном окклюзионном плетизмографе модели "Periquant-3500" (Швеция). По плетизмограммам рассчитывался кровоток покоя при окклюзии вен бедра манжетой с давлением 60 мм рт. ст. Определялся пиковый кровоток после 3-минутной окклюзии артерий бедра (давлением 230 мм рт. ст.). Этот показатель позволяет оценить резервные возможности сосудистого русла конечности и степень ишемических расстройств в тканях. Рассчитывался индекс пикового кровотока, как соотношение величин пикового и кровотока покоя. Дополнительно для оценки кровоснабжения бедра и голени также использовали метод тетраполярной реовазографии с расчетом регионарного минутного объемного пульса бедра и голени ($\text{мл/мин} \cdot 100\text{см}^3$).

Методом ультразвуковой доплерографии (SIEMENS SI-450 Германия) оценивалась центральная гемодинамика с определением частоты сердечных сокращений (ЧСС), минутного объемного кровотока (МОК), ударного объема (УО) и фракции выброса крови (ФВ). Также определялась линейная скорость кровотока по а. femoralis и а. poplitea (см/сек), с учетом диаметров сосудов рассчитывался поток крови по ним (мл/мин).

Оценку магистрального кровотока в сосудах нижних конечностей производили также методом ультразвуковой доплерографии (АНГИО-ПЛЮС, Москва) с использованием карандашного датчика на 8 Мгц, проводили анализ формы кривой пульсовых колебаний кровотока с расчетом пульсового индекса, как отношения суммы пиков скорости прямого и обратного кровотока к средней скорости и демпинг-фактора, как отношения дистального индекса пульсации к проксимальному, определялось время прохождения пульсовой волны и регионарное систолическое давление.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При физиологическом обследовании больных до лечения выявлено снижение ряда показателей центральной гемодинамики (таблица 1): на 20% ($p \leq 0,05$) фракции выброса (ФВ) (показатель сократимости сердца в период изгнания), на 28% ($p \leq 0,01$) ударного объема (УО) сердца и, как следствие, на 33% ($p \leq 0,05$) минутного объема кровотока (МОК) относительно показателей нормы. Такое снижение показателей центральной гемодинамики может быть связано с длительной вынужденной гипокинезией больных.

Таблица 1

Показатели центральной гемодинамики ($M \pm m$).

Показатели	Норма**	До лечения n=8	Дистракция n=10	Фиксация n=6	После снятия n=5
ЧСС	70±5,0	75±5,0	85±2,7*	82±3,0*	82±6,0
УО, мл	73±3,0	57±3,9*	75±12,5	59±6,2*	57±3,2*
МОК, л/мин	5,5±0,4	3,7±0,4*	6,2±0,9	3,8±0,6*	3,9±0,3*
ФВ, %	65±2,7	52±4,0	64±3,0	62±3,0	55±2,0

* - показано достоверное различие ($p \leq 0,05$) показателей относительно значений нормы.

** - по: Мухарлямов, 1987.

На этапе дистракции отмечалось увеличение МОК на 67% ($p \leq 0,05$) относительно исходного уровня (таблица 1) за счет увеличения частоты сердечных сокращений на 13% ($p \leq 0,05$) и ударного объема на 31% ($p \leq 0,05$). В регуляции МОК преобладало количественное приращение ударного объема, что соответствовало 1А варианту регуляции, амплитудного типа обеспечения МОК. Такой тип регуляции МОК наблюдается в условиях больших физических нагрузок и считается энергетически наиболее выгодным [5]. На этапе фиксации регистрируется снижение доли амплитудного типа в регуляции МОК, что характерно для колебательного характера изменений различных показателей вследствие роста регуляторных возможностей работы сердца. Нужно отметить, что на этапе фиксации, когда отсутствуют какие-либо воздействия в системе аппарат-конечность, показатели центральной гемодинамики приближаются к исходным значениям и зависят от функциональной активности больного. В период лечения, средняя суточная двигательная активность больных составила от 1,0 до 3,5 км/сут при скорости передвижения 2,0 - 3,2 км/час.

Нужно отметить, что на всех этапах лечения фракция выброса (ФВ) не имела достоверных различий, т.е. сократимость миокарда не менялась, отсутствовал положительный инотропный эффект и имело место преобладающее влияние симпатической иннервации миокарда.

Таблица 2

Показатели периферической гемодинамики у больных на разных этапах реабилитационного процесса ($M \pm m$)

Показатели	Норма	До лечения	В процессе лечения	После снятия аппарата
	n=30	n=17	n=21	n=11
V _{лин.} a.femoralis (м/сек)	13,7±1,07	9,19±1,69*	10,5±4,75	14,12±7,43
V _{лин.} a. poplitea (м/сек)	4,4±0,46	1,69±1,06*	1,12±0,34*	13,38±6,54*
V _{лин.} a. tibialis post (м/сек)	4,2±0,54	1,56±0,93*	1,94±0,44*	1,51±1,12*
V _{лин.} a. tibialis ant (м/сек)	4,3±0,53	1,44±0,06*	3,69±0,19	1,69±0,69*
РМОП бед. (мл/мин*100см ³)	10,7±1,82	8,97±2,95	27,47±9,05*	19,2±8,70
РМОП гол. (мл/мин*100см ³)	11,2±0,90	5,59±2,57*	15,56±2,96	10,68±3,09
АД рег. (мм рт. ст)	135,2±7,4	104,1±7,6*	115±11,58	119,4±5,93*
Поток a.femoralis (л/мин)	0,24±0,05	0,19±0,01	0,36±0,06*	0,29±0,05
Ф пок. (мл/мин*100см ³)	1,59±0,14	0,97±0,38*	-	2,11±0,39*
Ф пик. (мл/мин*100см ³)	17,9±1,41	6,11±2,29*	-	14,1±2,96
ИПК (отн.ед)	10,9±1,73	6,28±5,83*	-	7,97±3,36*

* - показано достоверное различие ($p \leq 0,05$) показателей относительно значений нормы.

Периферическая гемодинамика у обследованной группы больных оценивалась комплексно по совокупности данных нескольких методик: тетраполярной реовазографии (РВГ), окклюзионной плетизмографии (ОПГ) и доплерографии (УЗДГ) (Таблица 2).

Методом УЗДГ исследованы магистральные сосуды большой конечности. До лечения, при графической регистрации доплерограмм a. femoralis, как на больной, так и на интактной конечности регистрировался нормальный трехкомпонентный сигнал с острой анакротой, характерный для магистрального типа кровотока [1]. На aa. poplitea, tibialis post., tibialis ant. у всех обследованных больных наблюдалось качественное изменение доплерограммы: переход от трехкомпонентного сигнала к однокомпонентному. Достоверное снижение амплитуды в 2,5 раза отмечено на aa. poplitea, tibialis post., tibialis ant. Притупление пика и расширение плато под кривой сочеталось с увеличением показателя времени пульсовой волны (ПВ) на a. poplitea в 1,5 раза, где также выявлено резкое снижение индекса пульсации (в 3,2 раза) и демпинг-фактора менее 1,0. Такие изменения доплерограмм отражают изменения различной степени в магистральных сосудах пораженной конечности с развитием в некоторых случаях окклюзии подколенной артерии.

В процессе лечения достоверный рост пока-

зателя линейной скорости кровотока (в 2,5 раза) отмечен только на а. tibialis ant., и не выявлено усиление линейной скорости кровотока по аа. femoralis, poplitea, tibialis post. По-видимому, резервные возможности сосудистого русла у данной группы больных сохраняются преимущественно в бассейне а. tibialis ant., и они используются организмом в процессе лечения аппаратом Илизарова. В а. poplitea остается низким показатель индекса пульсации и демпинг-фактор ниже 1,0, что отражает сохраняющиеся изменения в сосуде по типу стеноза или окклюзии. Связано это с необходимостью продолжительного компрессионного воздействия (в течение всего периода остеосинтеза с момента достижения стыка) между концевыми синостозуемыми отделами бедра и голени, в условиях выраженных склеротических и рубцовых изменений как костной, так и прилежащих тканей, в ходе которого решается ортопедическая задача сращения. Клинически у всех пациентов определялись различной степени отеки и гофрирование мягкотканного компонента в синостозуемой области. Снижение показателя ПВ в 1,4 раза регистрируется только на а. poplitea. Такие изменения показателей указывают на то, что исследуемые магистральные артерии, за исключением а. poplitea, адекватно реагируют на процесс лечения аппаратом Илизарова. В а. poplitea в процессе лечения на фоне исходного стеноза или окклюзии сосудов различной степени усиливается гипертонус стенок сосуда, что является неблагоприятным прогностическим симптомом.

После снятия аппарата отмечается нормализация всех расчетных показателей на исследованных магистральных сосудах. При этом особо необходимо отметить, что исчезают признаки патологических изменений в а. poplitea: линейная скорость кровотока возрастает в 3 раза, ПИ увеличивается в 2,5 раза, демпинг-фактор становится более 1,0, исчезает притупление пика и расширение плато под кривой, что приближает параметры времени пульсовой волны к нормальным значениям.

Как видно из таблицы 2, показатели регионарного минутного объемного пульса на бедре и поток крови по а. femoralis не имели достоверных отличий от значений нормы и отражали неизменное кровоснабжение мягких тканей бедра. В то же время на голени различные методики выявили снижение кровоснабжения мягких тканей: по данным тетраполярной реовазографии на 51% ($p \leq 0,05$), по данным окклюзионной плетизмографии на 39% ($p \leq 0,05$) в условиях покоя и на 66% ($p \leq 0,05$) при ишемической пробе индекса пикового кровотока, отражающего резервные возможности сосудистого русла, на 43% ($p \leq 0,05$), на 23% ($p \leq 0,05$) оказалось сниженным и региональное АД. У данной группы

больных по данным ультразвуковой локации имеет место сужение диаметра а. femoralis большой конечности в среднем на 20% ($p \leq 0,05$). При достоверном увеличении линейной скорости кровотока по магистральной артерии (на 30%) в условиях рефлекторного спазма просвета сосуда (до $0,51 \pm 0,016$ см) регистрировали снижение потока крови к тканям большой конечности на 35% ($p \leq 0,05$).

После проведенного оперативного вмешательства по данным ультразвуковой доплерографии выявлено увеличение линейной скорости кровотока по а. femoralis на 21% ($p \leq 0,05$), диаметр сосуда также увеличился на 20-30% и, соответственно, поток крови к конечности возрос на 89% ($p \leq 0,05$). Увеличение притока крови к мягким тканям отражено и в показателе регионарного минутного объемного кровотока по данным тетраполярной РВГ как на голени, так и на бедре в 2,8-3,0 раза.

По-видимому, такой рост показателей кровоснабжения большой конечности обусловлен воспалительными и регенераторными процессами, происходящими в мышцах и кости после оперативного вмешательства. Эти предположения подтверждаются морфологическими данными [3], согласно которым в процессе дистракции параллельно с ростом волокон соединительно-тканного каркаса перестраивается и органное кровеносное русло фасций. Отмечается удлинение капиллярных петель, увеличение количества капилляров за счет новообразованных, глубоко врастающих в бессосудистые зоны, формирование новых артериоловеноулярных анастомозов.

После снятия аппарата уже в ближайшие сроки (до 1года) регистрируется снижение показателей периферической гемодинамики по данным РВГ на 30% относительно значений в процессе лечения, тем самым, приближаясь к показателям нормы, достоверно не отличаясь от них. Значения окклюзионной плетизмографии, зарегистрированные после снятия аппарата, также приближаются к показателям в норме и отражают функциональное восстановление оперированной конечности. Статическая нагрузка на неё возрастает до $70,3 \pm 12,5\%$, что почти в 4 раза превышает исходный уровень. Показатель поперечной твердости мышц, косвенно отражающий их структуру, с уменьшением отека после лечения снижается до значений интактной конечности как на бедре ($133,6 \pm 25,9$ и $108,3 \pm 13,6$ соответственно), так и на голени ($133,7 \pm 17,2$ и $156,2 \pm 24,4$). Дилатация магистральных сосудов, наблюдаемая в процессе лечения, уменьшается на 10%, что приводит к снижению потока крови по а. femoralis после снятия аппарата Илизарова в среднем на 30% при неизменной линейной скорости кровотока.

Таким образом, у данной группы больных, при наличии межсегментарного дефекта, до лечения методом чрескостного остеосинтеза выявлено снижение на 20-30% ряда показателей центральной гемодинамики, доплерограммы отражают изменения по типу стеноза различной степени в магистральных сосудах пораженной конечности с развитием, в некоторых случаях, окклюзии подколенной артерии. Различными методиками выявлено снижение кровоснабжения мягких тканей голени на 30-60%. В процессе лечения, особенно на этапе дистракции, отмечена положительная реакция центральной и периферической гемодинамики, что говорит об отсутствии срыва компенсаторно-приспособительных реакций организма. Увели-

чение МОК на 67% относительно исходного уровня по амплитудному типу. В 3 раза возрастает кровоснабжение мягких тканей голени, которое сочетается с дилатацией магистральных сосудов. Но резервные возможности сосудистого русла у данной группы больных сохраняются преимущественно в бассейне а. tibialis ant., и они используются организмом в процессе лечения аппаратом Илизарова. Динамический контроль за линейной скоростью кровотока в а. poplitea позволяет своевременно предупреждать нарушения ее транспортной функции. Восстановление опорной функции больной конечности сопровождалось нормализацией всех параметров центральной и периферической гемодинамики после снятия аппарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанова Л.П. Количественная оценка ультразвуковых доплеровских сигналов скорости кровотока в норме и при заболевании периферических сосудов // Хирургия. - 1988. - №10. - С.103-111.
2. Ермолаев Е.К. Эндопротезирование коленного сустава: Автореф. дис... канд. мед. наук. - СПб., 1994. - 16 с.
3. Изменение морфологической картины и микрометрических показателей основного слоя поверхностной фасции удлиняемой голени под влиянием напряжения растяжения в эксперименте / Г.А. Илизаров, Н.С. Шеховцова, А.А. Шрейнер и др. // Чрескостный компрессионно-дистракционный остеосинтез по Илизарову в травматол. ортопед: Сб. трудов. - Курган, 1985. - Вып.10. - С. 4-10.
4. Имамалиев А.С. Замещение дефектов дистального конца бедренной и проксимального конца большеберцовой кости после резекции по поводу опухолей эндопротезом коленного сустава в комбинации с аллотрансплантатом // Медицинская реабилитация больных с переломами костей и ортопедическими заболеваниями: Сб. трудов ЦИТО. - М., 1983. - Вып. 26. - С. 31-35.
5. Количественный способ определения вариантов обеспечения и типов регуляции МОК / В.Н. Яровой, В. И. Долман, В. М. Березов, А. И. Шульженко // Физиол. человека. - 1990. - Т. 16, №2. - С. 165-169.
6. Ультразвуковая ангиография в диагностике окклюзионных заболеваний магистральных артерий нижних конечностей / М.Д. Лапин, Б.П. Дудкин, В.А. Долгих и др. // Вестн. хирургии. -1988. -Т.141, №9. - С. 32-34.
7. Реабилитация больных с межсегментарными дефектами костей в области коленного сустава / Л.М. Куфтырев, К.Э. Пожарисенский, Д.Д. Болотов, Д.Ю. Борзунов // Гений ортопедии. - 1997. - №4. - С. 5-10.
8. Реконструктивно-стабилизирующие операции при посттравматических дефектах суставных концов нижних конечностей / В.Д. Макушин, В.Е. Дегтярев, Л.М. Куфтырев, В.К. Камерин // Сухожильно-мышечная пластика в травматологии и ортопедии: Сб. науч. работ. - Куйбышев, 1983. - С. 120-122.
9. Шевцов В.И. и др. Дефекты костей нижней конечности / В.И. Шевцов, В.Д. Макушин, Л.М. Куфтырев. - Курган, 1996. - 502 с.
10. Эффективность медико-социальной реабилитации больных с дефектами и псевдоартрозами костей нижних конечностей / В.И. Шевцов, Л.А. Попова, В.Д. Макушин, Л.М. Куфтырев // Ортопед., травматол. - 1991. - №9. - С. 38-55.

Рукопись поступила 26.02.1999.