

Оригинальные статьи

ЩУРОВА Е. Н., МАКУШИН В. Д.,
БИРЮКОВА М. Ю., БУРАВЦОВ П. П.,
ЧЕГУРОВ О. К., ТЕПЛЕНЬКИЙ М. П.

Особенности микроциркуляции в субхондральной области эпифиза большеберцовой кости у больных гонартрозом

*Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия»
им. акад. Г. А. Илизарова, г. Курган
e-mail: elena.shurova@mail.ru*

Реферат

Проведено интраоперационное исследование особенностей микроциркуляции в субхондральной области эпифиза большеберцовой кости у 26 больных гонартрозом. Определено, что у данной категории больных в субхондральной области эпифиза большеберцовой кости регистрируется микроциркуляторный кровоток с преимущественно артериолярным и капиллярным наполнением. Показатели кровотока взаимосвязаны со стадией развития патологического процесса, степенью склероза субхондральной костной ткани, выраженностью интенсивности болевого синдрома, характером нестабильности и степенью нарушения походки. Чем в большей степени происходит декомпенсация патологического процесса, ухудшение функционального состояния пациента и усиление интенсивности боли, тем выше показатели кровотока.

Ключевые слова: гонартроз, субхондральная область эпифиза большеберцовой кости, микроциркуляторный кровоток, интенсивность болевого синдрома, функциональное состояние.

Shchurova E. N., Makushin V. D., Biriukova M. Yu.,
Buravtsov P. P., Chegurov O. K., Teplenky M. P.

Details of microcirculation in the subchondral zone of tibial epiphysis in patients with gonarthrosis

*The Russian Ilizarov Scientific Center Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan
e-mail: elena.shurova@mail.ru*

Abstract

The details of microcirculation in the subchondral zone of tibial epiphysis have been studied in 26 patients with gonarthrosis. It has been determined the registration of microcirculatory blood flow with predominantly arteriolar and capillary filling in the subchondral zone of tibial epiphysis in patients with gonarthrosis. The parameters of blood flow are interconnected with a stage of pathology process development, a degree of subchondral bone tissue sclerosis, manifestation of pain syndrome intensity, instability character and a degree of gait disorder. The greater degree of pathological process decompensation, that of worsening of patient's functional condition and pain intensity increase, the higher blood flow parameters.

Keywords: gonarthrosis, subchondral zone of tibial epiphysis, microcirculatory blood flow, pain syndrome intensity, functional condition.

Введение

В настоящее время остеоартроз коленного сустава является наиболее актуальной медико-социальной и экономической проблемой. Это обусловлено тем, что патология крупных суставов нижних конечностей чаще всего является причиной первичной инвалидности при заболеваниях опорно-двигательной системы трудоспособной части населения [5, 8]. Несмотря на улучшение медицинской помощи данной категории больных, уровень заболеваемости остеоартрозами не снижается [11]. Кроме того, характер проявления заболевания изменился, раннее медленно прогрессирующее течение сменилось более выраженным и агрессивным [1].

Развитие и прогрессирование дегенеративно-дистрофических процессов в суставе при гоноартрозе большинство исследователей связывают с расстройством микроциркуляции в субхондральных отделах коленного сустава [4, 10, 14, 15, 16]. При этом тяжесть патологического процесса пропорциональна степени нарушения кровообращения в субхондральной зоне эпифизов костей.

Анализ литературы показал, что однозначной, ясной интерпретации направленности изменений гемодинамики в субхондральной области эпифиза большеберцовой кости при гонартрозе не прослеживается. По данным одних авторов [2], при

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

данной патологии в субхондральной зоне сустава развиваются склеротические изменения с редукцией капиллярного русла. Другие авторы установили (по данным сцинтиграфии) наличие зон повышенного притока крови и венозного застоя [12], дилатацию сосудов (исследование биопсийного материала) [6]. Кроме того, остается мало освещенным вопрос о влиянии кровотока в субхондральной зоне эпифиза большеберцовой кости на выраженность болевого синдрома, функциональное состояние больных гонартрозом.

Цель исследования

Изучить особенности микроциркуляции в субхондральной области эпифиза большеберцовой кости у больных гонартрозом в условиях операционной.

Материал и методы исследования

Исследование проведено на 26 больных гонартрозом 2–3 стадии по классификации, принятой в ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г. А. Илизарова [3], в возрасте от 45 до 72 лет ($58,1 \pm 1,2$ года). Мужчин — 7, женщин — 19.

У 16 больных была зарегистрирована 2 стадия заболевания (субкомпенсированная), в 10 случаях — 3 стадия (декомпенсированная).

В 11 наблюдениях был определен синовит, у 11 больных — киста Бейкера. Давность заболевания колебалась от 1,5 до 12 лет (в среднем — $7,4 \pm 0,7$ года).

У 15 больных наблюдался выраженный болевой синдром, который значительно снижал качество жизни.

Объективные критерии индексной оценки гонартроза
ФГБУ «РНЦ» им. акад. Г. А. Илизарова у больных пожилого возраста [9]

Таблица 1

Индекс	Клиническо-рентгенологические проявления	Баллы
Походка (ИП)	Походка не нарушена. Отклонений от ритма походки не определяется, ортопедическая разгрузка не нужна	3
	Умеренное нарушение походки. Прихрамывание на ногу с незначительным нарушением ритма, периодическое использование трости	2
	Выраженное нарушение походки (хромота с нарушением ритма) Необходима постоянная ортопедическая разгрузка	1
Деформация сустава (ИД)	Деформация сустава при нагрузке отсутствует	3
	При нагрузке появляется легкая деформация голени за счет несостоятельности связочной или сухожильно-мышечной системы Геометрия мыщелков суставных концов костей не нарушена	2
	Резкое отклонение голени при нагрузке, выраженная связочная и сухожильно-мышечная недостаточность Медиальные или латеральные мыщелки большеберцовой кости измененной геометрии — «сминание»	1
Мышечная сила (ИМС)	Сила, соответствующая нормальной мышце, с полным объемом движений	3
	Сила мышцы незначительно ослаблена, объем движений не полный	2
	Сила мышцы снижена (менее 50 % от полной), объем движений резко ограничен	1
Функция (ИФ)	Ограничений амплитуды движений не отмечается (полная)	3
	Ограничение амплитуды движений незначительное, в пределах функциональных требований (частичная)	2
	Функция резко нарушена, амплитуда движений ограничивает функциональные требования	1
Нестабильность (ИН)	Отсутствует, локомоция не нарушена	3
	Незначительная, без нарушения биомеханики нагружения, ортопедическая коррекция не требуется	2
	Выраженная, нарушение биомеханики нагружения Требуется ортопедическая коррекция	1
Склероз субхондральной костной ткани (ИСС)	Субхондральный склероз не выражен (незначительное увеличение от 2 до 4 мм), структура субхондральной костной ткани равномерная, ячеистая, без кист	3
	Умеренное усиление субхондрального склероза (от 5 до 7 мм), в структуре субхондральной костной ткани кистовидная перестройка	2
	Субхондральный склероз резко выражен (тотальный склероз мыщелка или обоих мыщелков)	1

Субъективные критерии индексной оценки гонартроза
ФГБУ «РНЦ» им. акад. Г. А. Илизарова у больных пожилого возраста [9]

Таблица 2

Наименование индекса	Клинические проявления	Баллы
Болевой синдром (ИБ)	Отсутствует или непостоянный (соответствует 0–1 баллу ВАШ «NRS-5 баллов»), без лекарственной зависимости. Ортопедическая разгрузка не требуется	3
	Непостоянный или постоянный (соответствует 2–3 баллам ВАШ «NRS-5 баллов») с относительной лекарственной зависимостью. Использование трости при длительной ходьбе	2
	Постоянный в покое и при нагрузке. Выраженная лекарственная зависимость. Необходима постоянная ортопедическая разгрузка (костыли, трости).	1
Толерантность к нагрузке (ИТ)	Пациент совершает необходимые прогулки с хорошей быстротой и выносливостью на расстояния свыше 2000 м	3
	Пациент совершает необходимые прогулки с усталостью, не более 2000 м, медленно, в ограниченном объеме	2
	Пациент совершает прогулки медленно, на расстояния до 500 м, требуется кратковременный отдых и постоянная помощь человека	1
Оценка больным качества жизни (ИКЖ)	Не страдает, самообслуживание полное. Сферы личных и общественных интересов удовлетворяют. Трудоспособность не ограничена.	3
	Частично страдает. Самообслуживание, личные и общественные интересы, трудоспособность ограничены	2
	Резко снижено, самообслуживание в пределах жилья, необходимость в помощи при передвижении. Пациент нетрудоспособен	1

Все больные проходили комплексное исследование, включающее рентгенографию (исследование в положении стоя с нагрузкой в 2-х проекциях с определением биомеханической оси); УЗИ-исследование коленного сустава; КТ-исследование. Всем больным было выполнено оперативное вмешательство: туннелизация мышечков бедренной и большеберцовой кости с введением суспензии костного мозга.

Кровообращение субхондральной области эпифиза большеберцовой кости исследовалось в операционной, до начала операции. Регистрацию кровотока производили с помощью высокочастотной ультразвуковой доплерографии (доплерограф «Минимакс–Допплер-К» фирмы «Минимакс», Санкт-Петербург) с применением интраоперационного датчика 20 МГц в режиме исследования микроциркуляции и перфузии мелких кровеносных сосудов. Глубина локации датчика 20 МГц составляла до 5,0 мм, площадь рабочей поверхности — 3,14 мм².

Для регистрации кровотока в проекции субхондральной области с помощью сверла диаметром 3 мм формировалось отверстие глубиной 4–5 см, через которое вводился датчик для измерения кровотока в субхондральной области. Введение датчика осуществлялось под рентгенологическим контролем в верхней трети голени с латеральной поверхности во внутренний мышечек большеберцовой кости, который в большей степени подвергается нагрузке.

Для анализа кровотока использовали следующие показатели: V_s — максимальная систолическая скорость (см/с), Q_s — объемная скорость (мл/мин), V_m — средняя скорость (см/с), PI — индекс пульсации (Гослинга), RI — индекс сопротивления (Пурсело).

Функциональное состояние пациента и тяжесть патологии анализировали с помощью индексной комплексной оценки, разработанной в ФГБУ «РНЦ им. акад. Г. А. Илизарова Минздравсоцразвития России» [9]. Данная индексная оценка включала объективные (походка, деформация сустава, мышечная сила, функция, нестабильность, склероз субхондральной ткани, остеопороз) и субъективные критерии (болевого синдром, толерантность к нагрузке, оценка больным качества жизни) (табл. 1; 2).

Статистическую обработку данных производили с помощью пакета анализа данных «Microsoft EXCEL-2007», программ непараметрической статистики и оценки нормальности распределения выборок AtteStat.

Для оценки достоверности различия средних использованы *t*-критерий Стьюдента и, дополнительно непараметрический критерий Манна–Уитни. Степень взаимосвязи признаков оценивалась с помощью линейного коэффициента корреляции Пирсона. Принятый уровень значимости — 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

Визуальный и акустический контроль полученных сигналов кровотока субхондральной области эпифиза большеберцовой кости больных гонартрозом показал, что в 16 случаях (61,5 %) был зарегистрирован микроциркуляторный кровоток с преимущественно артериальным наполнением, в 9 случаев (34,6 %) — преимущественно капиллярным наполнением, в 1 случае (3,8 %) — венозным кровенаполнением.

Статистический анализ показателей микроциркуляторного кровотока в субхондральной области выявил, что величины скоростей кровотока не были

Показатели кровотока субхондральной области эпифиза большеберцовой кости у больных 2 и 3 стадией гонартроза

Таблица 3

Показатель кровотока	Стадия заболевания	
	2 (субкомпенсированная) (n=15)	3 (декомпенсированная) (n=9)
Vs (см/сек)	12,4±1,4	17,0±1,8*
Qs (мл/мин)	5,9±0,6	8,0±0,7*
Vm (см/сек)	6,5±0,8	8,7±1,5
PI	2,3±0,7	2,0±0,4
RI	0,83±0,03	0,83±0,03

* — достоверность отличия показателей от значений больных 2 стадией заболевания ($p < 0,05$).

взаимосвязаны с возрастом пациентов, давностью заболевания, степенью деформации сустава, мышечной силой.

Однако на показатели кровотока оказывала влияние стадия развития патологического процесса. У больных с 3 стадией заболевания (декомпенсированной) показатели максимальной систолической и объемной скоростей кровотока были выше (на 37 %, $p < 0,05$, и 35,5 %, $p < 0,05$, соответственно), чем у больных со 2 стадией (субкомпенсированной) (табл. 3).

Также показатели кровотока были взаимосвязаны со степенью развития склероза субхондральной костной ткани эпифиза. У больных с резко выраженным субхондральным склерозом (ИСС — 1 балл) максимальная систолическая и объемная скорости кровотока были больше на 27,7 % ($p < 0,05$) и 27,4% ($p < 0,05$) соответственно, чем у больных с умеренным проявлением данного явления (ИСС — 2 балла) (табл. 4).

Коэффициент корреляции взаимосвязи индекса субхондрального склероза и максимальной систолической скорости составлял $r = -0,45$, $p < 0,05$, объемной скорости кровотока — $r = -0,42$, $p < 0,05$.

Также на показатели кровотока оказывала влияние интенсивность болевого синдрома. Чем в большей степени была выражена интенсивность боли, тем выше показатели кровотока у больных с гонартрозом. Коэффициент корреляции максимальной систолической скорости кровотока и индекса боли составил $r = -0,42$, $p < 0,05$, объемной скорости кровотока и индекса боли — $r = -0,43$, $p < 0,05$.

Кроме того, следует отметить, что наличие синдрома нестабильности у больных с гонартрозом приводило к повышению показателей кровотока. Так, у больных с индексом нестабильности 2 балла показатели максимальной систолической, объемной и средней скоростей кровотока были выше на 64% ($p < 0,05$), 63,1 % ($p < 0,05$) и 47,2 % ($p < 0,05$) соответственно, чем у больных без нарушения биомеханики нагружения (ИН — 3 балла) (табл. 5).

Коэффициент корреляции взаимосвязи индекса нестабильности и максимальной систолической и объемной скоростей кровотока составлял $r = -0,48$, $p < 0,05$, и $r = -0,48$, $p < 0,05$ ($n = 24$), соответственно.

У больных гонартрозом показатели кровотока субхондральной области были разными в зависимости от степени нарушения походки (ИП). При выраженном нарушении походки (хромота с нарушением ритма), требующем постоянной ортопедической разгрузки (ИП — 1 балл), показатели максимальной систолической, объемной и средней скоростей кровотока были выше на 30 % ($p < 0,05$), 29 % ($p < 0,05$) и 32 % ($p < 0,05$) соответственно относительно показателей кровотока у больных с умеренным нарушением походки (ИП — 2 балла) (табл. 6).

Таким образом, у больных гонартрозом в субхондральной области эпифиза большеберцовой кости регистрируется микроциркуляторный кровоток с преимущественно артериолярным и капиллярным наполнением. Показатели кровотока взаимосвязаны со стадией развития патологического процесса, степенью склероза субхондральной костной ткани,

Показатели кровотока субхондральной области при различной степени развития склероза субхондральной костной ткани у больных гонартрозом

Таблица 4

Показатель кровотока	Степень развития склероза субхондральной костной ткани, баллы		
	1 (n=12)	2 (n=13)	3 (n=1)
Vs (см/с)	16,6±1,5	12,1±1,7*	5,6
Qs (мл/мин)	7,3±0,7	5,3±0,8*	2,6
Vm (см/с)	8,2±1,1	6,2±1,1	1,0
PI	2,0±0,3	2,3±0,08	1,5
RI	0,83±0,04	0,82±0,03	1,0

* — достоверность отличия показателей от значений больных, имеющих ИСС =1 балл ($p < 0,05$).

Показатели кровотока субхондральной области эпифиза большеберцовой кости при различных показателях индекса нестабильности у больных гонартрозом

Таблица 5

Показатель кровотока	Индекс нестабильности, баллы	
	2 (n=17)	3 (n=7)
Vs (см/с)	16,1±1,4*	9,8±2,4
Qs (мл/мин)	7,5±0,7*	4,6±0,8
Vm (см/с)	7,8±0,9*	5,3±0,8
PI	2,0±0,2	1,4±0,1
RI	0,86±0,03	0,82±0,04

* — достоверность отличия показателей от значений больных, не имеющих нарушений биомеханики нагружения (p<0,05).

Показатели кровотока субхондральной области эпифиза большеберцовой кости при различной степени нарушения походки больных с гонартрозом

Таблица 6

Показатели кровотока	Индекс походки, баллы	
	1 (n=8)	2 (n=16)
Vs (см/с)	17,2±2,4	12,1±1,3*
Qs (мл/мин)	7,9±1,0	5,7±0,5*
Vm (см/с)	9,0±1,1	6,1±0,9*
PI	1,9±0,2	1,7±0,2
RI	0,84±0,04	0,83±0,02

* — достоверность отличия показателей от значений больных, имеющих индекс походки 1 балл (p<0,05).

выраженностью интенсивности болевого синдрома, характером нестабильности и степенью нарушения походки. Чем в большей степени происходит декомпенсация патологического процесса, ухудшение функционального состояния пациента и усиление интенсивности боли, тем выше показатели кровотока.

Сосудистый фактор в генезе гонартроза, по мнению большинства ученых, играет ведущую роль, так как нарушение субхондральной микроциркуляции приводит к потере тканями репродуктивных свойств, редукции капиллярной сети и возникновению асептического субхондрального склероза [3].

По данным В. Н. Левенец, В. В. Пляцко [6], которые исследовали биопсийный материал эпифизов большеберцовой кости у пациентов с гонартрозом, нарушения микроциркуляции характеризуются дилатацией сосудов, образованием в них тромбов и венозного стаза.

В наших исследованиях у больных гонартрозом в субхондральной области был определен микроциркуляторный кровоток с преимущественно артериолярным и капиллярным наполнением. Следует заметить, что с углублением патологического процесса, склероза субхондральной костной ткани и увеличением интенсивности болевого синдрома показатели скоростей кровотока увеличивались.

А. А. Свешников с соавт. [12] также обнаружили зоны повышенного притока крови и венозного застоя в субхондральных слоях и прилежащих частях костной ткани при исследовании больных гонартрозом при помощи радионуклеидных методов

исследования. Повышенный артериальный приток крови в субхондральной области большеберцовой кости может быть обусловлен дилатацией микроциркуляторного сосудистого русла, формированием сосудистых шунтов [16]. Этот факт можно расценивать как компенсаторную реакцию на снижение нутритивного кровотока, венозного оттока, редукцию капиллярного русла. Взаимосвязь показателей кровотока субхондральной области с интенсивностью боли у больных с гонартрозом может быть обусловлена тем, что повышенный приток крови при венозном застое способствует увеличению внутрикостного давления. Рядом авторов была доказана взаимосвязь величин внутрикостного давления и интенсивности боли [7, 13].

В наших исследованиях также было показано, что показатели кровотока в субхондральной области эпифизов большеберцовой кости взаимосвязаны со степенью нарушения походки больных и индексом нестабильности. Это происходит, по всей видимости, потому, что с углублением патологического процесса в большей степени происходит нарушение походки и биомеханики нагружения и повышение притока крови.

Выводы

1. У больных гонартрозом в субхондральной области эпифиза большеберцовой кости регистрируется микроциркуляторный кровоток с преимущественно артериолярным и капиллярным наполнением (в 96,1% случаев).

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

2. Показатели кровотока субхондральной области эпифиза большеберцовой кости взаимосвязаны со стадией развития патологического процесса, степенью склероза субхондральной костной ткани, выраженностью болевого синдрома, характером неустойчивости и степенью нарушения походки.

3. При гонартрозе с углублением патологического процесса, ухудшением функционального состояния пациента и усилением интенсивности боли происходит увеличение показателей скоростей микроциркуляторного кровотока субхондральной области эпифиза большеберцовой кости.

Литература

1. Алекберова, З. С. Справочник по ревматологии / З. С. Алекберова, Э. Р. Агабабова, М. Г. Астапенко; под ред. В. А. Насоновой. — М.: Медицина, 1995. — 272 с.
2. Волокитина, Е. А. Морфологическое исследование декомпенсированного неoarтроза ацетабулярной зоны / Е. А. Волокитина, А. М. Чиркова // *Гений ортопедии*. — 1997. — № 3. — С. 38–39.
3. Гонартроз: альтернативные методы оперативного лечения / под ред. В. Д. Макушина. — 2010. — 626 с.
4. Диагностика и лечение дегенеративно-дистрофических поражений суставов / под ред. И. В. Шумады. — Киев: Здоровья, 1990. — 198 с.
5. Коновалов, С. С. Болезни позвоночника и суставов: информационное-энергетическое учение / С. С. Коновалов. — СПб.: Прайм-Еврознак; М.: Олма-Пресс, 2000. — 189 с.
6. Левенец, В. Н. Деформирующий гонартроз (некоторые вопросы патогенеза) / В. Н. Левенец, В. В. Пляцко // *Вестник РАМН*. — 1992. — № 6. — С. 22–24.
7. Макушин, В. Д. Лечение болевого синдрома при гонартрозе / В. Д. Макушин [и др.] // *Паллиативная медицина и реабилитация*. — 2000. — № 1–2. — С. 127.
8. Мазуров, В. И. Лечение и профилактика болезней суставов / В. И. Мазуров [и др.]. — СПб.: Диалект, 2006. — 320 с.
9. Макушин, В. Д. Методика индексной оценки гонартроза и эффективности его лечения / В. Д. Макушин, О. К. Чегуров // *Гений ортопедии*. — 2007. — № 2. — С. 9–13.
10. Назаров, Е. А. Реваскуляризация аваскулярной губчатой кости в эксперименте / Е. А. Назаров, В. Г. Папков, А. А. Фокин // *Ортопедия, травматол.* — 1991. — № 8. — С. 26–29.
11. Насонова, В. А. Проблема остеоартроза в XXI веке / В. А. Насонова // *Сибир. мед. журн.* — 2001. — № 3. — С. 5–9.
12. Свешиников, А. А. Состояние кровообращения, кистообразование и плотность минеральных веществ в области коленного сустава у больных деформирующим артрозом / А. А. Свешиников [и др.] // *Гений ортопедии*. — 2002. — № 2. — С. 129–134.
13. Arnoldi, C. C. Intraosseous Engrorgement-Pain Syndromes The Pathomechanist of Pain / C. C. Arnoldi // *Bone circulation and bone necrosis*. Tulusa. — 1989. — P. 253–259.
14. Burr, D. B. The involvement of subchondral mineralized tissues in osteoarthritis: quantitative microscopic evidence / D. B. Burr, M. B. Schaffler // *Microsc. Res. Tech.* — 1997. — № 37 (4). — P. 343–357.
15. Bobinac, D. Changes in articular cartilage and subchondral bone histomorphometry in osteoarthritic knee joints in humans / D. Bobinac [et al] // *Bone*. — 2003. — Vol. 32. — № 3. — P. 284–290.
16. He, S. Z. Microvascular morphology of bone in arthrosis. Scanning electron microscopy in rabbits / S. Z. He [et al] // *Acta Orthop. Scand.* — 1990. — № 61 (3). — P. 130–137.