

УДК 612.13-073.43:616.71-001.5-089.227.84

## ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ УСКОРЕНИЯ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В КОЖНЫХ ПОКРОВАХ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ И ПЕРЕЛОМОВ КОСТЕЙ КОНЕЧНОСТЕЙ

Щуров В.А., Сазонова Н.В.

*ФГБУ РНЦ «Восстановительная травматология и ортопедия имени акад. Г.А. Илизарова»  
Минздрава РФ, Курган, e-mail: schurovland@mail.ru*

С целью анализ информативности изменений показателя скорости капиллярного кровотока кожных покровов обследованы группы больных с гонартрозом (1078), с переломами костей голени (40), с отставанием в росте (80) и с варусной деформацией голени (31). Обнаружено, что повышение показателя в пределах физиологической нормы (от 1,7 до 2,5 пф.ед) может наблюдаться как при ускорении нутритивного кровотока при рабочей гипертрофии мышц, а также вследствие возрастного увеличения доли шунтового кровотока. Воспалительные заболевания, травмы и гипоксия тканей приводит к более существенному усилению функционального шунтирования с ускорением капиллярного кровотока до 5–6 пф.ед. Однако при дальнейшем увеличении тяжести патологических изменений СКК начинает снижаться, что затрудняет использование данного показателя в качестве диагностического теста.

**Ключевые слова:** лазерная флоуметрия, переломы костей, укорочение голени

## DIAGNOSTIC VALUE OF ACCELERATION MICROCIRCULATION IN THE SKIN IN THE TREATMENT OF DISEASES AND BONE FRACTURES

Schurov V.A., Sazonova N.V.

*Russian Ilizarov Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopaedics» Ministry of Health  
of the Russian Federation, Kurgan, e-mail: shchurovland@mail.ru*

For the purpose of analysis of the information content of changes in the index rate of capillary blood flow of the skin examined a group of patients with knee OA (1078), with fractures of the tibia (40), with a lag in growth (80) and a varus tibia (31). Found that the rate increase within the physiological range (1,7 to 2,5 pf.ed) can be observed in the acceleration of nutritive blood flow at the working muscle hypertrophy, as well as due to the age increase in the share of shunt blood flow. Inflammatory diseases, trauma and tissue hypoxia leads to a substantial enhancement of functional shunting with acceleration of capillary blood flow to 5–6 pf.ed. However, a further increase in the severity of pathological changes of the JCC starts to decrease, which complicates the use of this index as a diagnostic test.

**Keywords:** laser flowmetry, fractures, shortening the tibia

Исследование периферического кровообращения в клинике травматологии и ортопедии имеет значение не только при возникновении ишемических нарушений при повреждениях сосудов, но и для использования в качестве индикатора функционального состояния тканей. При этом особенно информативной оказывается оценка состояния микроциркуляторного русла [1, 2]. Для исследования микроциркуляции используется метод лазерной флоуметрии. При этом наиболее лабильный показатель скорости кровотока в кожных покровах стопы. Скорость капиллярного кровотока (СКК) в различных областях тела может отличаться в разы [3], нелинейно изменяется с увеличением возраста обследуемых людей [4]. Отсутствие однозначной динамики показателей микрогемодинамики, например, у лиц разных возрастных групп связано в частности с тем, что, с одной стороны, с возрастом в коже снижается число функционирующих капилляров, однако одновременно происходит повышение прозрачности эпидермиса за счет его истончения [5, 6]. В клинических условиях нередко ситуации, когда при

возникновении патологических изменений тканей показатели СКК могут как увеличиваться, так и снижаться, что затрудняет использование показателей лазерной флоуметрии в качестве диагностического теста [7].

**Целью настоящего исследования** был анализ информативности изменений показателя максимальной систолической СКК, определяемой с помощью метода лазерной флоуметрии, у больных под влиянием различных патологических изменений в тканях на разных этапах лечения пациентов с заболеваниями и травмами нижних конечностей.

Работа базируется на результатах обследования нескольких групп больных. Обследованы группы больных женского и мужского пола (соответственно 835 и 243 чел.) с гонартрозами 1–3 стадии в возрасте от 16 до 75 лет. Кроме того, в процессе оперативного лечения по Илизарову обследованы 40 больных в возрасте от 13 до 75 лет ( $41 \pm 2,5$ ) с закрытыми оскольчатыми переломами костей голени, 80 больных в возрасте от 3 до 40 лет ( $16 \pm 0,8$ ) с отставанием в росте одной из конечностей, 31 больной

в возрасте от 5 до 50 лет ( $26 \pm 1,6$ ) с варусной деформацией костей голени.

Для оценки пиковой систолической СКК использована лазерная доплеровская флоуметрия передней поверхности кожных покровов голени и тыльной поверхности стопы обеих конечностей (прибор BLF-21 фирмы «Transonic systems Inc», США). Исследования проведены в покое и в динамике восстановительного периода после 2-минутной окклюзии тканей голени и стопы давлением 250 мм рт.ст. Получаемый показатель микроциркуляции представляет собой произведение двух величин: скорости движения по сосудистому руслу эритроцитов и их концентрации. В 1992 г. *European Laser Doppler Users Group* было предложено применять при обозначении получаемых величин термин «перфузионные единицы (пф. ед.)».

С помощью метода чрескожной полярографии (прибор «Novametrix», США) определялось также напряжение кислорода и углекислого газа в тканях стопы. С помощью разработанного нами динамометрического стенда [8] у больных с гонартрозом оценивался максимальный момент силы мышц голени.

При лечении больных с переломами костей голени с помощью тензометрической установки определялась микроподвиж-

ность костных отломков при аксиальном нагружении конечности [9]. Статистическая обработка результатов исследований проводилась с использованием пакета анализа данных «Microsoft Exell-2010». Для оценки достоверности различий результатов в случаях с нормальным распределением использовали t-критерий Стьюдента. Представлены средние величины показателей и среднеквадратическая ошибка. Применяли методы корреляционного и регрессионного анализа.

Для анализа причин увеличения скорости микроциркуляции из общепризнанных возможных вариантов воздействия на показатель микроциркуляции рассмотрены наиболее вероятные. Во-первых, это гипоксия, сопровождающаяся снижением напряжения кислорода и увеличением напряжения углекислоты в тканях. В группе пациентов с оскольчатыми переломами костей голени обнаружено, что повышение углекислоты в тканях отмечается при снижении напряжения кислорода менее 30 мм рт.ст. вследствие гипоксии. Однако прирост углекислоты наблюдался также и при увеличении напряжения кислорода в тканях свыше 65 мм рт.ст., что связано с нарушением его утилизации при снижении нутритивного и ускорении шунтового кровотока (рис. 1).

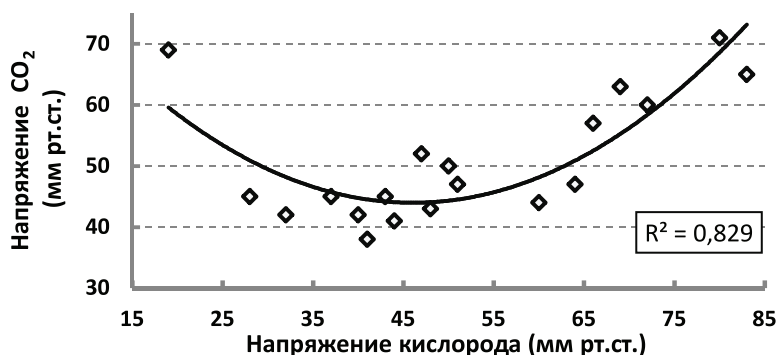


Рис. 1. Взаимосвязь напряжения кислорода и углекислого газа в кожных покровах голени при оскольчатых переломах берцовых костей

При этом выяснилось, что интенсивность микроциркуляции взаимосвязана именно с уровнем напряжения кислорода в тканях голени (рис. 2). По мере снижения напряжения кислорода величина СКК начала существенно возрастать от 2 до 5 пф.ед.

В целом, после перелома костей голени в условиях лечения больных по методу Илизарова СКК кожных покровов стопы существенно увеличена. При этом, чем тяжелее травма, о степени которой мы судили по сохраняющейся микроподвижности костных отломков после их репозиции, тем соответственно ниже величина СКК (рис. 3).

Величины напряжения кислорода в тканях при данных величинах микроподвижности отломков не выходили за пределы нормы.

Другим важным показателем функционального состояния конечности является максимальный момент силы мышц, величина которого связана со степенью развития сосудистой системы, в частности с диаметром магистральных артерий [10]. Обнаружено, что в группе больных с остеартрозом нижних конечностей по мере увеличения силы трехглавой мышцы голени СКК кожных покровов достоверно увеличивался от 1,7 до 2,5 пф.ед. (рис. 4).

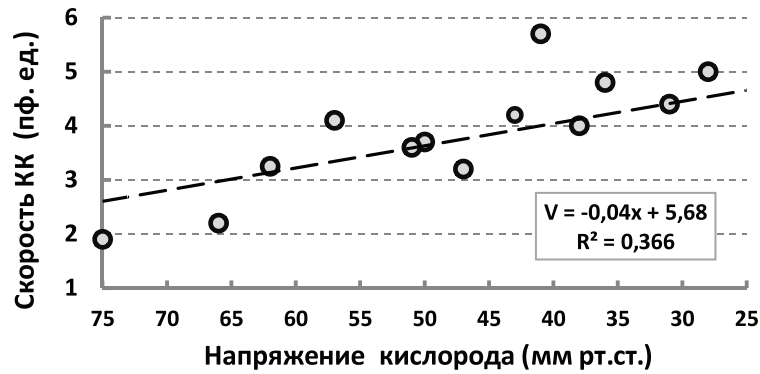


Рис. 2. Зависимость скорости КК при лечении больных с переломами костей голени в зависимости от напряжения кислорода в тканях

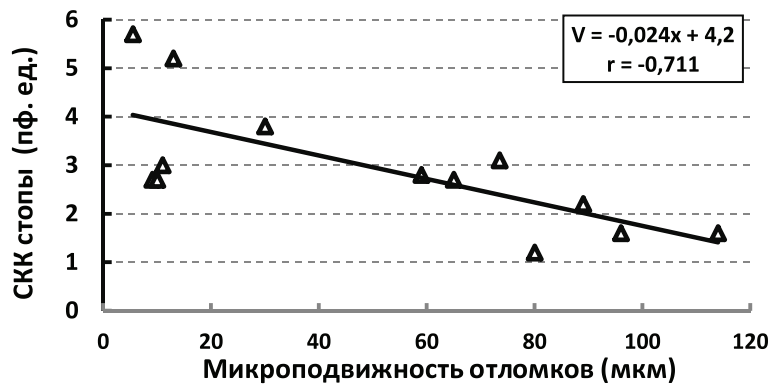


Рис. 3. Зависимость СКК в кожных покровах стопы от микроподвижности костных отломков при оскольчатых переломах костей голени

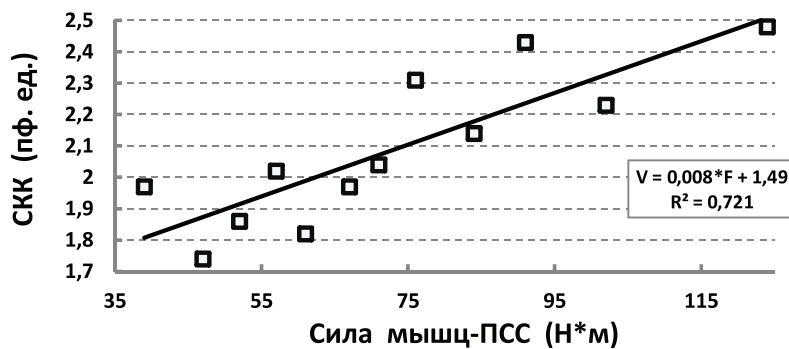


Рис. 4. Зависимость скорости капиллярного кровотока от сократительной способности мышц голени

Напротив, если у пациентов имелась атрофия мышц голени, например, в группе с врожденной задержкой развития конечности, СКК снижалась по мере увеличения её отставания в продольном росте до 6 см (рис. 5). Однако при больших величинах отставания показатель скорости кровотока вновь начинал увеличиваться. Такое увеличение можно объяснить ухудшением nutritивного кровотока при атрофии конечности и компенсаторным ускорением шунтового кровотока в кожных покровах стопы.

Степень вовлечения конечности в воспалительный процесс также отражалась на величине СКК пораженной конечности, например у больных с гонартрозом. При этом, чем дальше зашел патологический процесс, тем выше СКК на менее пораженной конечности. Максимум показателя фиксировалась на более пораженной конечности при 1-й стадии заболевания. Однако с увеличением стадии на пораженной конечности величина СКК начинала снижаться (рис. 6). Исследование индекса пикового кровотока

после проведения функциональной пробы с 3-минутной окклюзией артерий голени не выявило снижения резервных возможностей сосудистого русла. Величина индекса пико-

вого кровотока на интактной конечности при первой стадии заболевания составила 2,54, на пораженной при 1-й стадии – 2,93, при 3-й стадии – 3,40 (во всех случаях  $p \leq 0,001$ ).

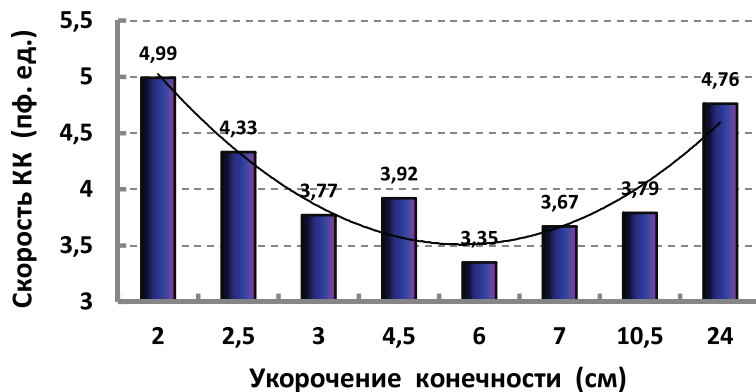


Рис. 5. Влияние укорочения конечности на скорость капиллярного кровотока в кожных покровах стопы

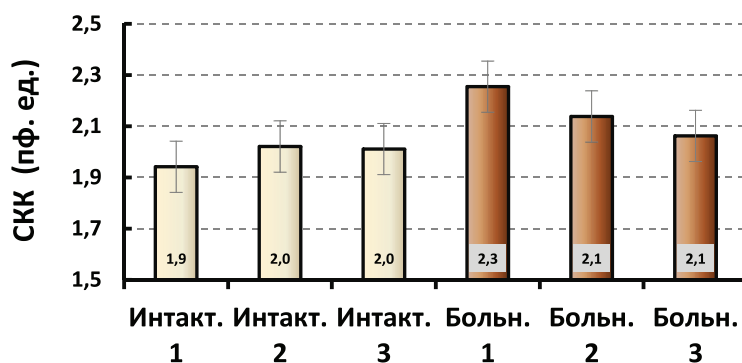


Рис. 6. Зависимость скорости кровотока по «интактной» и пораженной конечностям от степени их вовлеченности в патологический процесс при гонартрозе 1, 2 и 3 стадии

Механизм компенсации недостаточности нутритивного кровоснабжения за счет ускорения шунтового (в том числе при функциональном шунтировании) оказывается недостаточно эффективным и стойким. Известно, например, что временное улучшение состояния пораженной конечности при облитерирующих заболеваниях артерий нижних конечностей можно наблюдать после стимуляции регионарного кровотока, обусловленной оперативным воздействием на мягкие ткани и кости конечностей. Клинический эффект зависел от степени сохранения резервов адаптации и длился от нескольких недель до года [11].

У больных с варусной деформацией костей голени наибольшее увеличение СКК наблюдалось не при максимальной, а при умеренно выраженной патологии. Крово-

ток начинал нормализоваться в отдаленные сроки после исправления этой деформации (рис. 7).

Важным критерием в оценке значимости для организма того и иного показателя является его возрастная динамика у взрослых людей. Обнаружено, что на интактной конечности при гонартрозе 1 стадии величина СКК возрастала с увеличением возраста пациентов этой группы, не выходя в тоже время за пределы нормы. Ранее было установлено, что с увеличением возраста у здоровых людей происходит постепенное уменьшение суммарной площади функционирующих капилляров [12], которое компенсируется ускорением шунтового кровотока. Этого достаточно для сохранения терморегуляции, но одновременно становятся меньше функциональные возможности мышц.

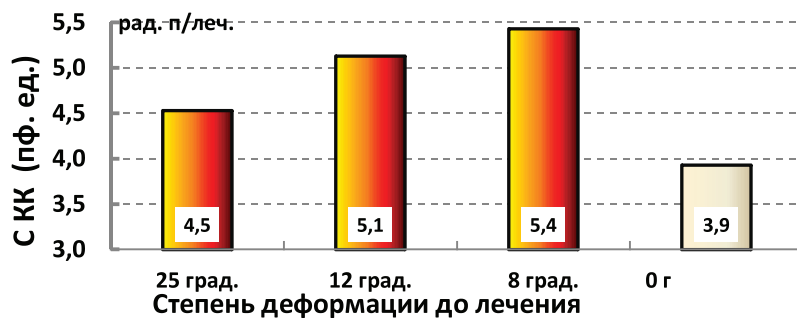


Рис. 7. Зависимость скорости КК от угла варусной деформации голени до лечения и после лечения

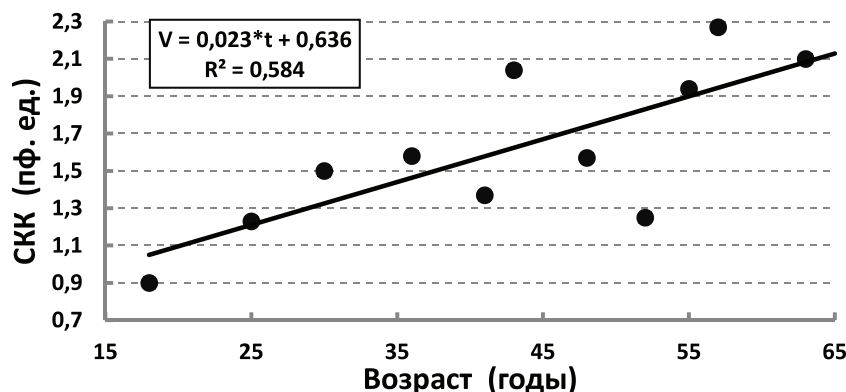


Рис. 8. Возрастная динамика СКК в кожных покровах стопы интактной (менее пораженной) конечности у больных с гонартрозом

При остеоартрозе с увеличением возраста больных возникают затруднения в нутритивном кровоснабжении тканей, что способствует компенсаторному росту системного

артериального давления [13]. Нами показано, что по мере повышения системного систолического АД величина СКК кожных покровов стопы становилась больше (рис. 9).

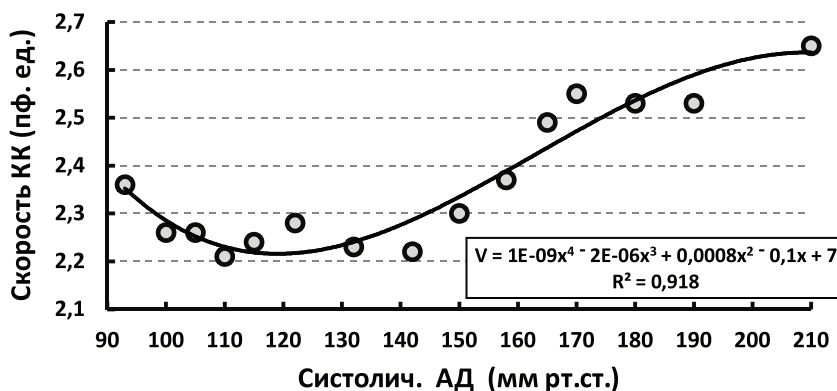


Рис. 9. Зависимость СКК от уровня системного систолического АД крови

Таким образом, повышение СКК в пределах физиологической нормы (от 1,7 до 2,5 пф.ед) может наблюдаться за счет ускорения нутритивного кровоснабжения при рабочей гипертрофии мышц, а также за счет возрастного увеличения доли шунтового кровотока. Воспалительные заболевания, травмы и гипоксия тканей приводит

к более существенному усилению функционального шунтирования с ускорением капиллярного кровотока до 5–6 пф.ед. Однако при дальнейшем увеличении тяжести патологических изменений СКК начинает снижаться, что затрудняет использование данного показателя в качестве диагностического теста. Применение для этой цели

функциональной ишемической пробы также не позволяет выявить снижение функциональных резервов адаптации.

Использование СКК как количественного диагностического теста изменения состояния тканей конечности возможно при наличии предварительно проведенных исследований больных с данной патологией и построения графика динамики порказателя в зависимости от степени воздействия на больного того или другого исследуемого параметра (укорочения или деформации конечности, атрофии мышц, гипоксии или воспалительных изменений тканей, жесткости фиксации отломков кости, пожилого возраст).

#### Список литературы

1. Winsor T. Clinical application of laser Doppler flowmetry for measurement of cutaneous circulation in health and disease / T. Winsor, D.J. Naumschild, D.W. Winsor et al. // *Angiology*. – 1987. – № 38. – P. 727–736.
2. Крупаткин А.И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: колебания, информация, нелинейность: руководство для врачей. – 2013. – УРСС. – 496 с.
3. Козлов В.И., Морозов М.В., Гурова О.А. ЛДФ-метрия кожного кровотока в различных областях тела // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. – 2012. – Т. 11. – № 1 (41). – С. 58–61.
4. Щуров В.А., Щурова Е.Н. Состояние микроциркуляторного русла мышц голени у больных с облитерирующими поражениями конечностей // *Гений ортопедии*. – 2000. – № 3. – С. 68–71.
5. El-Domyati M. Intrinsic aging vs. photoaging: a comparative histopathological, immunohistochemical, and ultrastructural study of skin / M. El-Domyati, S. Attia, F. Saleh et al. // *Exp Dermatol*. – 2002. – № 11. – P. 398–405.
6. Li L. Age-related changes in skin topography and microcirculation / L. Li, S. Mac-Mary, D. Marsaut et al. // *Arch Dermatol. Res*. – 2006. – № 297. – P. 412–416.
7. Ефимов А.В. Исследование состояния кровообращения корешков конского хвоста у больных с поясничной межпозвонковой грыжей диска: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Курган, 2012. – 23 с.
8. Патент 2029536 РФ, МКИ6 Ф 51 Н 1/100 Устройство для ангулодинамометрии / Щуров В.А. – № 5042260/14. Заявл. 15.05.92. Оpubл. 27.02.95. Бюл. 6.
9. Шевцов В.И. Оценка влияния жесткости фиксации отломков большеберцовой кости при остеосинтезе по Илизарову на кровоснабжение голени / В.И. Шевцов, В.А. Щуров, В.М. Шигарев, Д.В. Долганов // *Травматология и ортопедия России*. – 1994. – № 2. – С. 87–91.
10. Щуров В.А., Кучин Р.В. Влияние увеличения продольных размеров голени и систематических тренировок на состояние артерий конечностей // *Физиология человека*. – 2001. – Т. 27. – № 3. – С. 71–75.
11. Шевцов В.И. Васкуляризирующие операции при артериальной недостаточности нижних конечностей (руководство для врачей) / В.И. Шевцов, А.В. Попков, В.А. Щуров, В.С. Бунов, Е.Н. Щурова. – М.: Медицина, 2007. – 205 с.