

УДК 612.13-053-07:616.718.5/6-07

ИНФОРМАТИВНОСТЬ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОППЛЕРОГРАФИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ В КЛИНИКЕ ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ

Щуров В.А.

*ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительной травматологии и ортопедии»
им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава РФ, e-mail: shchurovland@mail.ru*

С целью оценки информативности определения показателя линейной скорости кровотока (СК) в магистральных артериях конечностей обследованы методом ультразвуковой доплерографии и лазерного флоуметрии 911 взрослых больных с различными стадиями остеоартроза нижних конечностей, 60 больных с врожденным отставанием в продольном росте одной из конечностей до и во время оперативной коррекции её размеров, 47 больных с варусной деформацией нижних конечностей и 113 больных с закрытыми переломами костей голени в процессе лечения по методу Илизарова. Информативность показателя линейной СК по артериям конечности оказалось недостаточно высокой вследствие того, что объем протекающей крови в значительной мере определяется меняющейся величиной просвета сосудов. Кроме того, величина СК по бедренной артерии снижалась с увеличением возраста обследуемых. При увеличении тяжести заболеваний и снижении функциональных возможностей опорно-двигательной системы величина СК по периферическим артериям также имела тенденцию к уменьшению. При оперативном удлинении голени выявлено статистически значимое снижение СК по подколенной и большеберцовой артериям. При лечении переломов костей по Илизарову СК по задней большеберцовой артерии и показатель капиллярного кровотока тканей статистически значимо возросли.

Ключевые слова: кровоснабжение конечностей, ультразвуковая доплерография, лазерная флоуметрия, остеоартроз, переломы костей, удлинение голени

DESCRIPTIVENESS DOPPLER ULTRASOUND MAJOR ARTERIES OF LOWER EXTREMITIES IN CLINIC TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS

Schurov V.A.

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

To evaluate the informativeness of determining parameters of linear flow velocity (IC) in the main arteries of the extremities were examined by Doppler ultrasound and laser flowmetry 911 adult patients with different stages of osteoarthritis of the lower limbs of 60 patients with congenital lag in the longitudinal growth of one of the limbs before and during operations correction of its size, 47 patients with varus deformity of the lower limbs, and 113 patients with closed fractures of the tibia in the treatment of the Ilizarov method. Informative linearity SC extremity arteries were not enough high because the amount of flowing blood is largely determined by changing the size of the lumen of blood vessels. Furthermore, the magnitude of IC on the femoral artery was reduced with increasing age of the subjects. With increasing severity of the disease and reducing the functionality of the musculoskeletal system of the value SK peripheral arteries also had a tendency to decrease. At the operational leg lengthening was a statistically significant decrease in the UK at the popliteal and tibial arteries. In the treatment of bone fractures by Ilizarov SC on the posterior tibial artery and measure capillary blood flow tissue significantly increased.

Keywords: blood flow to the extremities, Doppler ultrasound, laser flowmetry, osteoarthritis, bone fractures, leg lengthening

Определение скорости регионарного кровотока в артериях конечностей является необходимой диагностической процедурой при обследовании больных с пораженным периферическими сосудами. Определение скорости кровотока (СК) в травматологии позволяет судить о сохранении проходимости сосудистого русла, а также о функциональном состоянии кровоснабжаемых тканей. Основной методикой исследования кровоснабжения конечностей в клинике травматологии 30-40 лет назад была реовазография, пришедшая на смену сфигмографии. Однако существенное снижение омического сопротивления тканей при посттравматическом отеке искажало данные о направленности изменения регионарного кровообращения [1,3]. Объективную картину кровоснабже-

ния макро и микроциркуляции можно было получить при окклюзионной плетизмографии конечностей [5], однако использование приборов с датчиками, заполненными ртутью, было признано опасным для здоровья исследователей.

В настоящее время получил распространение метод ультразвуковой доплерографии, позволяющий точно измерить систолическую линейную СК в любой магистральной артерии. К недостаткам метода относится то, что регуляция объема притекающей к тканям конечностей крови осуществляется не столько за счет изменения линейной СК, сколько за счет изменения просвета артерий [9]. Эти изменения трудно идентифицировать при повторных измерениях, особенно в относительно мелких

сосудах. Немаловажное значение имеет и то обстоятельство, что с позиций гидродинамики в магистральных артериях разного диаметра, с учетом биомеханических свойств стенок сосудов и реологических свойств крови, формируются и поддерживаются некоторые оптимальные величины линейной СК [7, 10].

Тем не менее, широкое распространение метода ультразвуковой доплерографии, в том числе в травматологии и ортопедии, требует рассмотрения вопросов зависимости показателя линейной СК от калибра артерий, возраста пациентов, состояния опорно-двигательной системы при заболеваниях и повреждениях конечности.

Цель исследования – оценка информативности показателя максимальной систолической СК в артериях нижних конечностей в клинике травматологии и ортопедии.

Материалы и методы исследования

Для исследования СК по магистральным артериям использован диагностический ультразвуковой комплекс «Ангиодин-УК», (Россия) с датчиками, имеющими несущую частоту 4 МГц (бедренная и подколенная артерии) и 8 МГц (задняя большеберцовая и тыльная артерии стопы). Скорость капиллярного кровотока в кожных покровах голени и стопы регистрировали с помощью лазерного флоуметра (прибор BLF=21 фирмы «Transonic systems Inc», США).

Обследованы 911 больных с 1-3 стадией остеоартроза нижних конечностей в возрасте от 16 до 75 лет (в среднем $39 \pm 0,5$), 60 больных с врожденным от-

ставанием в продольном росте одной из конечностей до и во время оперативной коррекции её размеров по Илизарову, 47 больных с варусной деформацией нижних конечностей и 113 больных с закрытыми переломами костей голени в процессе лечения по методу Илизарова.

Результаты исследования и их обсуждение

Поскольку с увеличением возраста у детей увеличивается масса тела и диаметр артерий, а в дальнейшем продолжает повышаться жесткость их стенок, было важно проследить соотношение СК по различным артериям и его возрастную динамику.

Обнаружено, что на интактной конечности у больных с остеоартрозами 1 стадии линейная СК по бедренной артерии составила $94 \pm 2,6$ см/с, по подколенной $50 \pm 1,5$, по задней большеберцовой – $61 \pm 2,6$ и по тыльной стопы – $51 \pm 3,2$ см/с. Учитывая известные величины просвета этих артерий [8], можно сделать вывод, что с уменьшением диаметра сосудов по направлению к дистальным отделам конечности объёмная СК существенно снижалась, составляя соответственно 53, 19, 4 и 1,6 мл/с.

С увеличением возраста людей линейная СК неуклонно снижалась по бедренной артерии, статистически значимо не изменялась по подколенной и задней большеберцовой артерии и возрастала по тыльной артерии стопы (рис. 1).

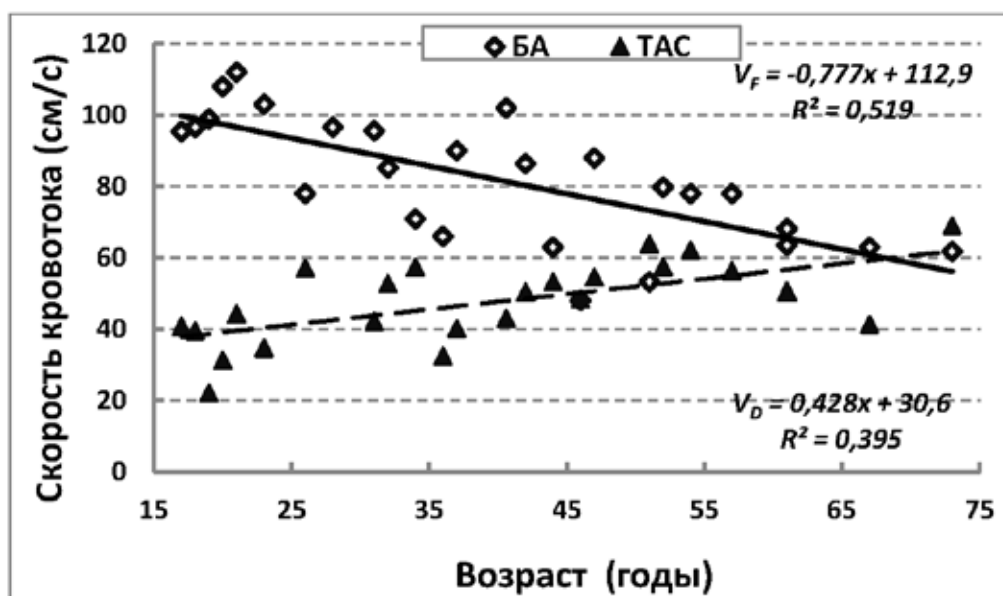


Рис. 1. Возрастная динамика скорости кровотока по бедренной артерии и по тыльной артерии стопы у здоровых обследуемых

Причиной снижения СК по бедренной артерии может быть увеличение диаметра артерий за счет уменьшения толщины мышечной оболочки, а также возрастное уменьшение минутного объема сердца. Увеличение СК в дистальных артериях может быть связано со снижением сосудистого периферического сопротивления и увеличением доли шунтового кровотока. Во всяком случае, с возрастом ускорялись показатели как капиллярного кровотока стопы в состоянии покоя, так и пикового капиллярного кровотока, регистрируемого после 3-х минутной окклюзии артерий голени:

$$Qr = 0,023x + 0,63; R^2 = 0,595;$$

$$Qp = 0,08x + 1,305; R^2 = 0,532.$$

Снижение СК по бедренной артерии может быть обусловлено не только возрастными, но и патологическими изменениями. Так у больных с остеоартрозами по мере прогрессирования патологии показатель максимальной СК статистически значимо

уменьшался при 2-й (-13%) и 3-й (-23%) стадиях заболевания (рис. 2). Показатели СК в других артериях существенно не изменялись. При этом скорость капиллярного кровотока в кожных покровах стопы более пораженной конечности с увеличением стадии заболевания не изменялась, а менее пораженной увеличивалась:

$$Q_i = 0,08x + 1,977; R^2 = 0,885.$$

При переломах костей голени в условиях лечения больных по Илизарову выявлено достоверное различие в показателях СК в бедренных артериях, обусловленное большей СК на интактной конечности (табл. 1). В этой группе больных снижение СК по артериям травмированной конечности обусловлено рефлекторным увеличением просвета сосудов. И даже, несмотря на неизбежный прирост диаметра сосудов вследствие падения тонуса мышечной оболочки из стенок, СК по задней большеберцовой артерии оказывалась статистически значимо увеличенной.

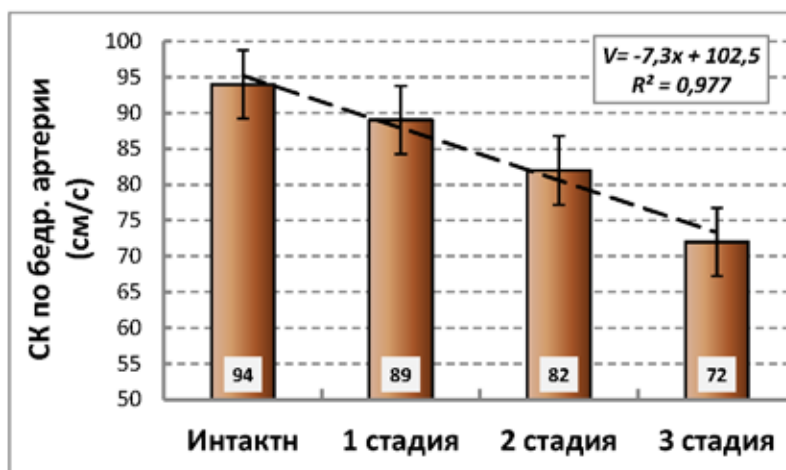


Рис. 2. Динамика скорости кровотока по бедренной артерии по мере прогрессирования поражения суставов

Таблица 1

Скорость кровотоков по артериям больной и интактной конечности у различных групп больных (M±m)

Группы больных	Конечность	Число набл.	Бедренная артерия	Подколенная артерия	Задняя берцовая	Тыльная стопы
Остеоартрозы	Интактная	89	94 ±2,6	50 ±1,5	61 ±2,7	52 ±3,2
	1 стадия	355	89 ±1,3	50 ±0,8	59 ±1,4	47 ±1,4
	2 стадия	449	82 ±1,2	50 ±0,8	64 ±1,3	54 ±1,3
	3 стадия	107	73 ±2,3	47 ±1,5	58 ±2,3	52 ±2,6
	Различие			-23%*	-6%	-6%
Переломы костей	Интактная	113	113 ±2,2	48 ±1,6	46 ±1,9	45 ±2,2
	Болезная	113	100 ±2,2	45 ±2,2	52 ±2,1	43 ±1,9
	Различие			-12%*	-7%	11%*

Примечание. *Различие с показателем интактной конечности статистически значимо, p≤0,05.

У больных с отставанием одной из конечностей в продольном росте показатели СК по всем артериям интактной и пораженной конечностей практически одинаковы. По тыльной артерии стопы СК статистически значимо ниже у больных с врожденными укорочениями по сравнению с показателем СК у больных с последствиями травм (соответственно $32 \pm 2,3$ и $44 \pm 3,3$ см/с, $p \leq 0,05$). В группе больных у отставанием конечности в росте по сравнению с другими группами больных статистически значимо ниже СК по артериям стопы и сравнительно выше по подколенным артериям. При этом на показатель СК пораженной конечности могло повлиять как отставание в возрастном увеличении диаметра артерий, так и более низкий уровень снижения кровоснабжения тканей. Как установлено, диаметр артерий напрямую зависит от степени развития сократительной способности мышц [2, 4, 6]. По мере увеличения отставания пораженной конечности в длине до 12 см по-

казатель линейной СК становился больше. Однако при ещё более тяжелой патологии показатель начинал снижаться вследствие падения интенсивности кровоснабжения тканей (рис. 3).

В процессе оперативного удлинения конечности наблюдалось существенное снижение показателя СК по артериям голени и стопы, что может быть объяснено увеличением просвета артерий (табл. 2). Такой механизм снижения показателя подтвержден при анализе динамики СК в процессе лечения больных по тыльным артериям стопы (рис. 4) и динамики капиллярного кровотока тканей. В тканях оперированной голени происходило избирательное ускорение капиллярного кровотока. Соотношение скорости капиллярного кровотока в период distraction на оперированной и интактной конечностях возросло с 95% до 144% ($p \leq 0,05$). В период фиксации соотношение уменьшилось до 122% и в отдаленные сроки после лечения составляло 92% (рис. 5).

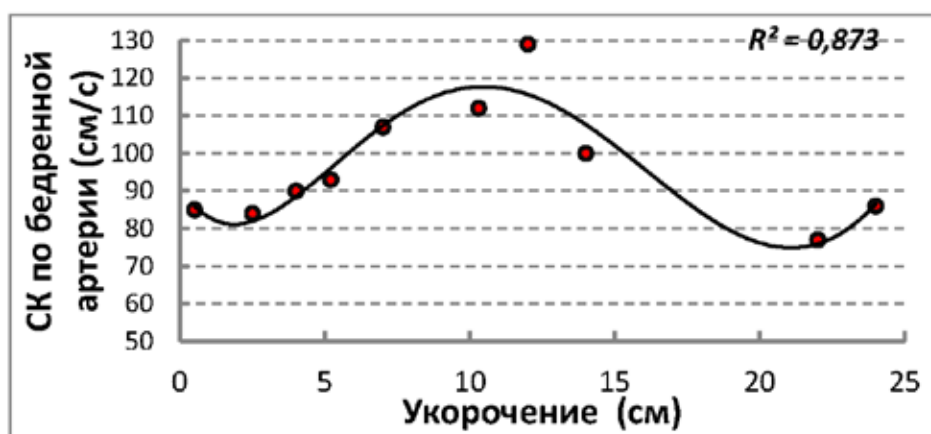


Рис. 3. Зависимость скорости кровотока по бедренной артерии от величины отставания конечности в продольном размере

Таблица 2

Скорость кровотока по артериям конечности при ей оперативном удлинении ($M \pm m$)

Этап лечения	Число набл.	Бедренная артерия	Подколенная артерия	Задняя Б/берцовая	Тыльная стопы
До лечения	60	$83,8 \pm 2,3$	$70,6 \pm 2,2$	$55,9 \pm 2,0$	$37,9 \pm 2,2$
Дистракция	22	$84,9 \pm 4,2$	$60 \pm 3,3^*$	$49,1 \pm 3,5$	$30,7 \pm 3,0$
Фиксация	37	$87,4 \pm 3,7$	$61 \pm 2,7^*$	$44,4 \pm 2,7^{**}$	$26,3 \pm 2,6^{**}$
После лечения	22	$98,7 \pm 4,9^*$	$72,1 \pm 4,7$	$51,4 \pm 3,3$	$26,5 \pm 2,8^{**}$

Примечание. Различие с исходными значениями статистически значимо: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

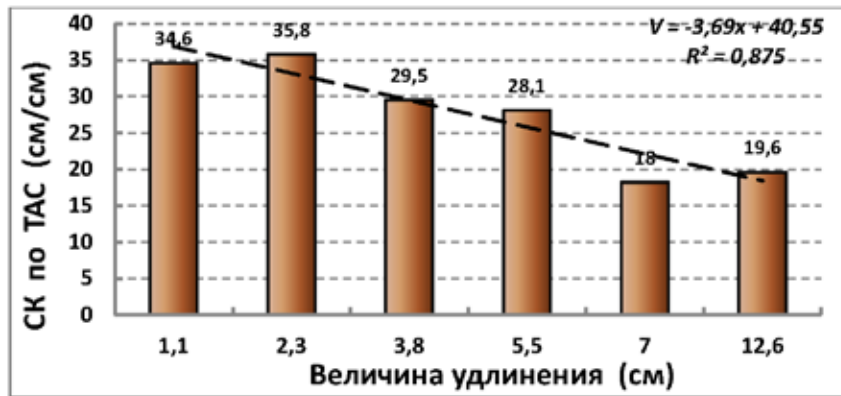


Рис. 4. Влияние величины удлинения голени на скорость кровотока по тыльной артерии стопы

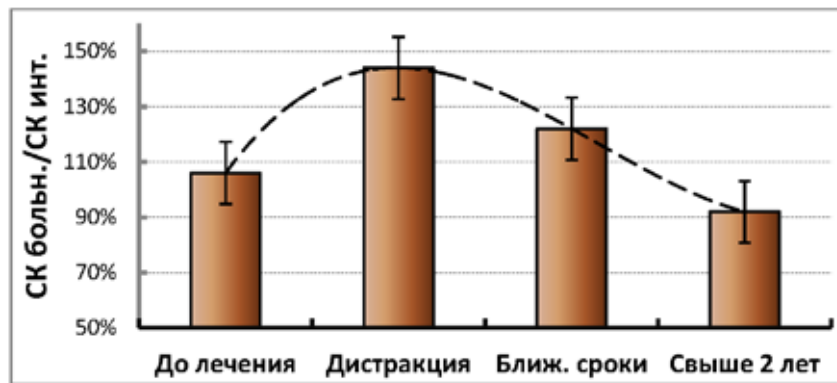


Рис. 5. Динамика соотношения скорости капиллярного кровотока в кожных покровах оперированной и intactной голени при удлинении конечности по Илизарову



Рис. 6. Динамика скорости кровотока по бедренной артерии у больных с варусной деформацией голени в процессе лечения

У больных с варусной деформацией голени в период оперативной коррекции угла деформации берцовых костей максимальный прирост СК по бедренной артерии оперированной конечности происходил не в период distraction, а в период последующей фиксации (рис. 6).

Таким образом, информативность показателя линейной СК по магистральным артериям голени в период оперативного лечения оказалась недостаточно высокой вследствие того, что объем протекающей крови в значительной мере определялся меняющимся просветом сосудов. Величина СК по бедренной артерии, которая у взрослых обследуемых относится к сосудам эластического типа оказалась менее склонна к участию в регуляции кровотока за счет изменений своего просвета. С увеличением возраста обследуемых СК по этой артерии снижается. При увеличении тяжести заболеваний и снижении функциональных возможностей опорно-двигательной системы величина СК по периферическим артериям также имела тенденцию к уменьшению. При оперативном удлинении голени выявлено временное снижение СК по её артериям. При лечении переломов костей по Илизарову СК по задней большеберцовой артерии и показатель капиллярного кровотока тканей статистически значимо возрастали.

Список литературы

1. Анализ факторов, определяющих объёмную скорость кровотока голени при лечении заболеваний конечностей по Илизарову / В.А. Щуров, Т.И. Долганова, Е.Н. Щурова, Л.Ю. Горбачёва // Травматол. И ортопед. России. – 1994. – № 2. – 91-95.
2. Патент РФ № 2368321 от 27.09.2009. БИ 2009. № 2. Способ оценки васкуляризации мышц. В.А. Щуров, Н.В. Сазонова, И.В. Щуров. Приоритет № 2008124068 от 11.06.08.
3. Фишкин В.И., Львов С.Е., Удальцов В.Е. Регионарная гемодинамика при переломах костей. – М., 1981. – 184 с.
4. Щуров В.А. Диаметр артерий и масса кровоснабжаемых тканей // Детская и подростковая реабилитация. – 2009. – № 1. – С. 28-31.
5. Щуров В.А. Информативность объёмной скорости кровотока голени у ортопедо-травматологических больных // Актуальные вопросы физиологии систем кровообращения. – Ленинград-Оренбург, 1982. –1 С. 52-155.
6. Щуров В.А., Иванова Т.И., Богомятков В.С. Зависимость кровоснабжения голени от её продольных размеров и биомеханических свойств скелетных мышц // Физиол. Человека. – 1984. Том 10. № 2. – 281-286.
7. Щуров В.А., Сазонова Н.В., Щуров И.В. Оценка возрастной динамики кровоснабжения голени при использовании различных методов исследования // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2008. – № 3 (27). – С. 40-44.
8. Keck G.M., Zwiebel W.J. Arterial anatomy of the extremities / Zwiebel W.J. Introduction to vascular ultrasonography.- Philadelphia, W.B.Saunders Co. – 1992. – p. 181-200.
9. Klabunde R.E. Velocity versus Flow of Moving Blood // Cardiovascular Physiology Concepts Revised 4/28/2014. [www/cvphysiology.com/.../HO13.htm](http://www.cvphysiology.com/.../HO13.htm)].
10. Ku D.N. Blood flow in arteries // Ann. I. Rev. of Fluid. Mech. 1997. Vol. 29. – 339-434.