Гений Ортопедии № 4, 2015 г.

© Группа авторов, 2015.

УДК 543.552:612.15:617.584-001.5-089.227.84-072

DOI 10.18019/1028-4427-2015-4-76-79

Полярографический контроль состояния регионарного кровообращения при оперативном удлинении голени

В.А. Щуров, А.В. Попков, А.М. Аранович

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курган

Polarographic monitoring of regional circulation state during surgical leg lengthening

V.A. Shchurov, A.V. Popkov, A.M. Aranovich

Federal State Budgetary Institution Russian Ilizarov Scientific Center "Restorative Traumatology and Orthopaedics" (FSBI RISC RTO) of the RF Ministry of Health, Kurgan

Цель. Определить динамику кровоснабжения тканей удлиняемой голени с использованием современных методик оценки состояния кровоснабжения, в том числе — чрескожной полярографии. **Материалы и методы**. С целью определения маркеров ишемических расстройств в тканях при оперативном удлинении по Илизарову отстающих в росте конечностей (80 чел.) исследован кислородный режим в тканях и скорость кровотока голени. У детей до лечения выявлен высокий уровень напряжения кислорода и капиллярного кровотока в тканях голени и стопы. **Результаты**. В период дистракции напряжение кислорода в тканях голени снижалось в пределах 30 %, а углекислого газа повышалось, определялся магистральный тип кровотока в сосудах костного регенерата. Критическим уровнем снижения напряжения кислорода является 35 мм рт. ст., после чего скорость регионарного кровотока в регенерате и тканях голени начинала существенно возрастать. **Заключение**. С помощью метода ультразвуковой допплерографии у больных можно контролировать динамику кровотока в микрососудах костного регенерата в периоды дистракции, фиксации и в ближайшие сроки после окончания удлинения конечности. **Ключевые слова**: полярография, удлинение голени, метод Илизарова, лазерная флоуметрия.

Purpose. To determine the dynamics of tissue blood supply in the leg being lengthened using current techniques of blood supply evaluation including transcutaneous polarography. Materials and Methods. Oxygen condition in tissues and the leg blood flow rate were studied in order to determine the markers of ischemic disorders in tissues for surgical lengthening of limbs with growth retardation according to Ilizarov (n=80). The high level of oxygen tension and capillary blood flow in the leg and foot tissues was revealed in children before treatment. Results. Oxygen tension in the leg tissues during distraction decreased within 30%, and that of carbon dioxide – increased, the magistral type of blood flow in regenerated bone vessels was determined. 35 mm Hg was a critical level of arterial oxygen tension decrease, after that the rate of the regional blood flow in the regenerated bone and the leg tissues began to increase significantly. Conclusion. The dynamics of blood flow in the regenerated bone microvessels during distraction, fixation and in the immediate periods after limb lengthening can be controlled in patients using the method of ultrasound dopplerography. Keywords: polarography, leg lengthening, the Ilizarov method, laser flowmetry.

Полярографический контроль напряжения кислорода и углекислого газа в тканях конечностей, широко используемый при лечении облитерирующих заболеваний артерий [1, 2, 3], в травматологии и ортопедии начал применяться с появлением методики чрескожного определения напряжения этих газов. Информативность применения метода оценивалась, в основном, при лечении больных с осложненными травмами конечностей [4].

Потребность в таких исследованиях при дистракционном остеосинтезе возникает вследствие того, что темп увеличения продольных размеров оперированных сегментов конечностей на порядок выше, чем темп их естественного продольного роста. При этом существенно увеличивается напряжение растяжения тканей, появляется опасность ишемического повреждения

и последующего нарушения восстановления функции мышц. Снижение сократительной способности мышц, выявляемое в процессе функциональной реабилитации, может быть следствием увеличения внутритканевого давления до величин, сопоставимых с давлением перекрытия артериолярного русла (50 мм рт.ст.), что создает опасность их ишемического повреждения [5]. Поэтому важно оценить угрозу ишемических повреждений, способных лимитировать скорость и уровень последующего восстановления функциональных способностей опорно-двигательной системы.

Цель исследования — определить динамику кровоснабжения тканей удлиняемой голени с использованием современных методик оценки состояния кровоснабжения, в том числе — чрескожной полярографии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследована группа больных из 80 человек в возрасте от 3 до 40 лет (в среднем $10,5\pm0,5$ года) с врожденным отставанием в росте одной из нижних конечностей на величины от 3 до 8 см в процессе оперативного удлинения голени по методикам, разработанным Γ .А. Илизаровым. Контрольную группу составили 33 прак-

тически здоровых обследуемых в возрасте от 4 лет до 21 года $(14.4\pm0.6$ года).

Линейная скорость кровотока исследована в зоне формирующегося костного регенерата после ультразвуковой эхолокации сосуда [6] с помощью датчика с несущей частотой 8 МГц установки «Ангиодин-2КМ»

Щ Щуров В.А., Попков А.В., Аранович А.М. Полярографический контроль состояния регионарного кровообращения при оперативном удлинении голени // Гений ортопедии. 2015. № 4. С. 76-79.

(Россия). Исследования проводились в покое, в положении лежа, а также в положении стоя в условиях возрастающей функциональной нагрузки на оперированную конечность [7]. Интенсивность кровотока в кожных покровов определялась с помощью лазерного флоуметра «Тransonic BLF-21» (США), а уровень напряжения кислорода и углекислого газа в тканях голени — с помощью транскутанного полярографа «Novametrix-840»

(США). Дополнительно осуществлялась функциональная проба с вдыханием чистого кислорода.

При обработке материалов исследований использованы стандартные статистические программы, заложенные в пакете «Microsoft Office Excel.2010», позволяющие использовать параметрические методы исследования с анализом показателей достоверности различий по Стьюденту.

РЕЗУЛЬТАТЫ

У здоровых людей с увеличением возраста напряжение кислорода в тканях голени имело тенденцию к снижению (рис. 1). При проведении функциональной пробы с вдыханием чистого кислорода прирост напряжения кислорода в тканях конечности составил 8,7% (p $\leq 0,05$). С увеличением возраста обследуемых этот прирост становился меньше.

У больных с отставанием в росте одной из конечностей показатели газового режима тканей не отличались от нормы (табл. 1). Небольшие различия в значениях напряжения кислорода в тканях голени у больных по сравнению со здоровыми обусловлены возрастными различиями обследуемых двух групп.

После остеосинтеза и при удлинении голени на первые 4 см напряжение кислорода в её тканях снижалось на 28 % (р≤0,01). В ходе дальнейшего удлинения показатель приближался к уровню условно исходной нормы (рис. 2). Напряжение углекислого газа к концу периода дистракции возрастало на 38 % (р≤0,01) и оставалось высоким в период фиксации.

Скорость кровотока в костном регенерате становилась выше по мере прироста длины голени в условиях её дистракции (рис. 3). Это обусловлено увеличением сроков после начала лечения, необходимых для формирования сосудистого русла в этом бассейне. Скорость кровотока оставалась высокой и в период фиксации. Сосуды, обеспечивающие питание регенерата, продолжали хорошо лоцироваться в этот период и в ближайшие месяцы после окончания лечения больных (рис. 4).

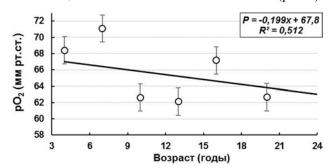


Рис. 1. Возрастная динамика напряжения кислорода в тканях голени у обследуемых контрольной группы

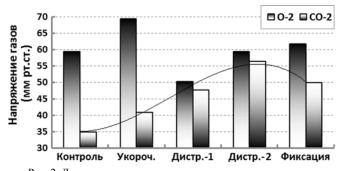


Рис. 2. Динамика напряжения кислорода и углекислого газа в тканях голени на разных этапах её оперативного удлинения

При уменьшении уровня напряжения кислорода в кожных покровах ниже 35 мм рт.ст. линейная скорость кровотока в сосудах костного регенерата существенно возрастала (рис. 5).

При оперативном удлинении голени у больных детского и подросткового возраста её ткани кровоснабжались более интенсивно, чем кожные покровы стопы (рис. 6). По мере увеличения продольных размеров голени в процессе лечения скорость кровотока в её кожных покровах (Vc, пф. ед.) становилась выше, в то время как показатели интенсивности кровоснабжения смежной стопы (Vf, пф. ед.) снижались. Между этими величинами выявлена обратная корреляционная взаимосвязь: Vc=-0,76*Vf+5,63; r=0,503. Следовательно, избирательное ускорение кровотока в тканях оперированной голени сопровождалось синдромом заимствования («обкрадывания») кровотока дистальных отделов конечности.

У больных после удлинения голени (в период фиксации) под влиянием функциональной пробы с дозированным ступенчатым увеличением нагрузки на конечность скорость кровотока по сосудам костного регенерата также замедлялась (рис. 7), а пульсаторный индекс Гослинга становился выше. Линейная скорость кровотока при увеличении аксиальной нагрузки на конечность при повышении тканевого давления может как возрастать в условиях снижения сосудистого сопротивления и увеличения просвета артерий, так и снижаться при перекрытии микроциркуляторного русла.

Таблица 1 Напряжение газов в тканях голени у обследуемых двух групп (М±т)

	Группы обследуемых	
	здоровые (n=33)	больные (n=80)
Возраст (годы)	14,4±0,7	10,5±0,3
рО ₂ (мм рт.ст.)	65,6±1,4	67,6±1,0
рО ₂ -мх (мм рт.ст.)	70,3±1,7	71,8±1,1
рCO ₂ (мм рт.ст.)	35,6±5,6	39,1±2,6
рСО ₂ -мх (мм рт.ст.)	39,4±7,9	36,2±12,2

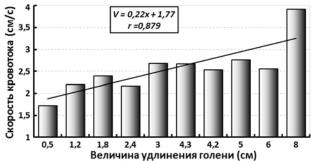


Рис. 3. Зависимость скорости кровотока в области костного регенерата от величины удлинения голени

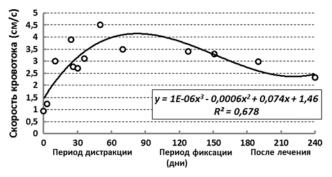


Рис. 4. Динамика скорости кровотока в сосудах костного регенерата в процессе лечения больных

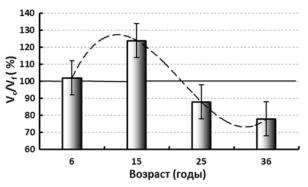


Рис. 6. Соотношение скорости кровотока в кожных покровах голени и стопы удлиняемой конечности у больных разного возраста

Таким образом, при оперативном удлинении по методу Илизарова отстающей в росте голени происходило увеличение скорости кровотока не только в костном регенерате, но и в окружающих мягких тканях. При этом наблюдалось снижение напряжения кислорода и увеличение напряжения углекислого газа в кожных покровах.

Многолетний опыт оперативного удлинения отстающих в росте конечностей позволил найти оптимальные темпы, режимы и величины дистракции, исключающие возникновение ишемических повреждений тканей [8, 9]. Эти стандарты методики лечения, тем не

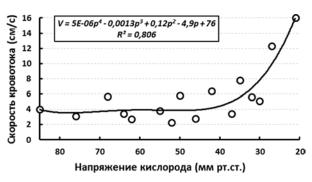


Рис. 5. Взаимосвязь скорости кровотока в зоне костного регенерата и напряжения кислорода в тканях голени

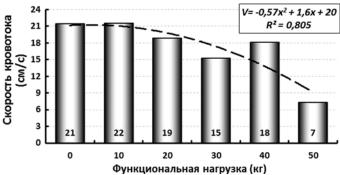


Рис. 7. Динамика кровоснабжения дистракционного регенерата при увеличении функциональной нагрузки на конечность

менее, не исключают возникновения осложнений из-за индивидуальных особенностей реакции тканей у отдельных больных, в частности при астенической конституции, после ранее выполнявшихся оперативных вмешательств. Поэтому важно своевременно выявлять и предупреждать развитие гипоксических расстройств, способных повлиять на формирование дистракционного регенерата и сократительные свойства окружающих мышц. Об угрозе таких расстройств можно судить по снижению уровня напряжения кислорода в тканях голени ниже 35 мм рт.ст., когда существенно возрастает скорость кровотока в сосудах удлиняемой голени.

выводы

- 1. С помощью метода ультразвуковой допплерографии у больных можно контролировать динамику кровотока в микрососудах костного регенерата в периоды дистракции, фиксации и в ближайшие сроки после окончания удлинения конечности.
- 2. У детей с отставанием в росте одной из конечностей в состоянии покоя наблюдается высокий уровень капиллярного кровотока и напряжения кислорода в тканях.
- В процессе лечения больных формируется механизм избирательного перераспределения кровотока с увеличением показателей на оперированном сегменте конечности.
- 3. В период дистракции напряжение кислорода в тканях голени снижается, а углекислого газа повышается. При снижении уровня напряжения кислорода ниже 35 мм рт. ст. выявляется существенное ускорение кровотока в зоне костного регенерата.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Got I. Transcutaneous oxygen pressure (TcPO2): advantages and limitations // Diabetes Metab. 1998. Vol. 24, No 4. P. 379-384.
- Wutschert R., Bongard O., Bounameaux H. Utilité clinique de la mesure transcutanée de la pression partielle d'oxygène // Sang Thrombose Vaisseaux. 1998. Vol. 10. No 9. P. 581-585.
- 3. Щуров И.В., Бойчук С.П., Щуров В.А. Полярографический контроль кровоснабжения тканей при лечении переломов костей голени // Гений ортопедии. 2008. № 2. С. 13-15.
- Щурова Е.Н., Долганова Т.И., Менщикова Т.И. К вопросу об информативности чрескожного определения напряжения кислорода и углекислого газа у травматологических больных // Гений ортопедии. 2011. № 1. – С. 124-133.
- Анализ факторов, определяющих объёмную скорость кровотока голени при лечении заболеваний конечности по Илизарову / В.А. Щуров, Т.И. Долганова, Е.Н. Щурова, Л.Ю. Горбачева // Травматология и ортопедия России. 1994. № 2. –С. 91-96.
- Динамика кровоснабжения костного регенерата в период лечения переломов различных костей при оперативном удлинении конечности / В.А. Щуров, В.М. Шигарев, К.И. Новиков, Е.Б. Гребенюк // Мед. наука и образование Урала. 2013. Т. 14, № 3 (75). С. 69-71.
- 7. Способ оценки состояния костного регенерата: пат. 2503415 Рос. Федерация. № 2012153651/14; заявл.11.12.2012; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1.

Журнал клинической и экспериментальной ортопедии им. Г.А. Илизарова № 4, 2015 г.

- 8. Аранович А.М. Лечение больных с врожденной эктромелией малоберцовой кости // Гений ортопедии. 1998. № 2. С. 58-65.
- 9. Попков А.В. Врожденное укорочение нижних конечностей у детей. Челябинск, 2011. 510 с.

REFERENCES

- 1. Got I. Transcutaneous oxygen pressure (TcPO2): advantages and limitations // Diabetes Metab. 1998. Vol. 24, No 4. P. 379-384.
- Wutschert R., Bongard O., Bounameaux H. Utilité clinique de la mesure transcutanée de la pression partielle d oxygène // Sang Thrombose Vaisseaux. 1998. Vol. 10, No 9. P. 581-585.
- 3. Shchurov I.V., Boichuk S.P., Shchurov V.A. Poliarograficheskii kontrol' krovosnabzheniia tkanei pri lechenii perelomov kostei goleni [The polarographic control of tissue blood supply in treatment of leg bone fractures] // Genij Ortop. 2008. N 2. S. 13-15.
- Shchurova E.N., Dolganova T.I., Menshchikova T.I. K voprosu ob informativnosti chreskozhnogo opredeleniia napriazheniia kisloroda i uglekislogo gaza u travmatologicheskikh bol'nykh [Informative potential of the transcutaneous determination of oxygen and carbon dioxide tensions in traumatologic and orthopaedic patients] // Genij Ortop. 2011. N 1. S. 124-133.
- Analiz faktorov, opredeliaiushchikh ob"emnuiu skorost' krovotoka goleni pri lechenii zabolevanii konechnosti po Ilizarovu [Analysis of the factors
 determining the leg volumetric circulation rate in treatment of limb diseases according to Ilizarov] / V.A. Shchurov, T.I. Dolganova, E.N. Shchurova, L.Iu.
 Gorbacheva // Travmatologiia i Ortopediia Rossii. 1994. N 2. S. 91-96.
- Dinamika krovosnabzheniia kostnogo regenerata v period lecheniia perelomov razlichnykh kostei pri operativnom udlinenii konechnosti [The dynamics of regenerated bone blood supply during the treatment of different-bone fractures for surgical limb lengthening] / V.A. Shchurov, V.M. Shigarev, K.I. Novikov, E.B. Grebeniuk // Med. Nauka i Obrazovanie Urala. 2013. T. 14, N 3 (75). S. 69-71.
- 7. Sposob otsenki sostoianiia kostnogo regenerata [A technique for evaluating the state of regenerated bone]: Pat. 2503415 RF. N 2012153651/14; zaiavl. 11.12.2012; opubl. 10.01.2014, Biul. N 1.
- 8. Aranovich A.M. Lechenie bol'nykh s vrozhdennoi ektromeliei malobertsovoi kosti [Treatment of patients with congenital fibular ectromelia (Review of literature)] // Genij Ortopedii. 1998. N 2. S. 58-65.
- 9. Popkov A.V. Vrozhdennoe ukorochenie nizhnikh konechnostei u detei [Congenital shortening of the lower limbs in chuldren]. Cheliabinsk, 2011. 510 s.

Рукопись поступила 18.12.2014.

Сведения об авторах:

- 1. Щуров Владимир Алексеевич ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, главный научный сотрудник лаборатории коррекции деформаций и удлинения конечностей, д. м. н., профессор.
- 2. Попков Арнольд Васильевич ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, главный научный сотрудник лаборатории коррекции деформаций и удлинения конечностей, д. м. н., профессор.
- 3. Аранович Анна Майоровна ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава России, г. Курган, главный научный сотрудник лаборатории коррекции деформаций и удлинения конечностей, заведующая травматолого-ортопедическим отделением № 17, д. м. н., профессор.

Information about the authors:

- 1. Shchurov Vladimir Alekseevich FSBI RISC RTO of the RF Ministry of Health, Kurgan, Laboratory of Deformity Correction and Limb Lengthening, a chief researcher, Doctor of Medical Sciences, Professor.
- Popkov Arnol'd Vasil'evich FSBI "Russian Ilizarov Scientific Center Restorative Traumatology and Orthopaedics" (FSBI "RISC RTO") of the RF Ministry of Health; Laboratory of Deformity Correction and Limb Lengthening, a chief researcher, Doctor of Medical Sciences, Professor; e-mail: apopkov.46@mail.ru.
- 3. Aranovich Anna Maiorovna FSBI "Russian Ilizarov Scientific Center Restorative Traumatology and Orthopaedics" (FSBI "RISC RTO") of the RF Ministry of Health; Laboratory of Deformity Correction and Limb Lengthening, a chief researcher, Head of Traumatologic and Orthopaedic Department No 17, Doctor of Medical Sciences, Professor.