

14. Шрейнер А.А., Ерофеев С.А., Щудло М.М. и др. //Гений ортопедии. — 1999. — N 2. — С. 13-17.
15. Щуров В.А., Гребенюк Л.А., Мурадисинов С.О. //Бюл. ВСНЦ Сибирского отделения РАМН. — 1994. — N 1-2. — С. 55-57.
16. Щуров В.А., Гребенюк Л.А., Дьячкова Г.В. //Вопросы биомеханики в травматологии и ортопедии: Науч. труды. — Казань, 1989. — С. 55-58.
17. Beier W. Biophysik. — Leipzig, 1962.
18. Fung V.C. Biomechanics. — New York etc., 1981.
19. Khoroskov I.A., Odintsova N.A. //Arch. Gistol. Embriol. — 1988. — Vol. 95, N 12. — P. 41-48.

© Т.С. Винокурова, Ю.Е. Гаркавенко, 2004

РЕОВАЗОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ УДЛИНЕНИИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ У ДЕТЕЙ

Т.С. Винокурова, Ю.Е. Гаркавенко

Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера, Санкт-Петербург

Методом реовазографии изучено состояние кровообращения в области бедра и голени у 51 пациента в возрасте от 5 до 18 лет с приобретенной патологией проксимального (39 больных) и дистального (12) метаэпифиза бедренной кости до и после восстановления длины нижней конечности путем удлинения бедра. В отдаленные сроки (1-5 лет) отмечена положительная динамика показателей регионарного кровообращения не только бедра, но и голени.

Rheovasography was applied for the evaluation of blood circulation in the femur and crus before and after restoration of lower extremity length. There were 51 children, aged 5-18, with acquired pathology of proximal (39 patients) and distal (12 patients) metaepiphysis of femur. Positive dynamics in regional blood circulation was noted both in proximal and distal extremity segments at 1-5 years follow up after lengthening

Восстановление длины нижней конечности у детей — актуальная проблема современной ортопедии, которая с развитием и совершенствованием метода чрескостного компрессионно-дистракционного остеосинтеза находит успешное практическое решение. При единстве мнений о показаниях к удлинению укороченной конечности сохраняются некоторые разногласия в вопросах выбора удлиняемого сегмента. Причина этого — опасение вызвать нарушение стабильности тазобедренного сустава (в случае его поражения) при удлинении бедра, ухудшение кровообращения проксимального отдела бедренной кости, а также ухудшение периферического кровообращения в дистальных сегментах удлиняемой конечности, что, в свою очередь, может повлечь за собой замедление формирования регенерата. Изучение и сравнительный анализ состояния гемодинамики в укороченной конечности до и после ее удлинения помогают найти ответ на ряд интересующих вопросов.

В литературе имеется ограниченное число публикаций, отражающих состояние периферического кровообращения в нижних конечностях при их удлинении у детей с приобретенной патологией крупных суставов [1-3, 5]. Еще меньше работ, касающихся состояния кровообращения в голени при удлинении бедра, в которых рассматриваются процессы гемодинамики в дистальных сегментах удлиняемой конечности, причем в основном у взрос-

лых пациентов и в ранние сроки после восстановления длины конечности [4]. Желание в какой-то мере восполнить имеющийся пробел побудило нас обратиться к этому вопросу.

Целью нашей работы было изучение периферического кровообращения бедер и голени у детей и подростков с приобретенной патологией тазобедренного и коленного суставов до и после восстановления длины нижней конечности, а также влияния удлинения бедра на состояние кровообращения в голени.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследован 51 пациент в возрасте от 5 до 18 лет с укорочением нижней конечности на 4-16 см после перенесенных острого гематогенного остеомиелита (38), травм (6), туберкулезного остита (4), послеоперационного остеомиелита (2) и хондробластомы проксимального метаэпифиза бедренной кости (1). Больные были разделены на две группы: 1-я — пациенты с поражением проксимального (39 человек — 76,5%), 2-я — дистального (12 человек — 23,5%) метаэпифизов бедренной кости. Пятеро больных с поражением и тазобедренного, и коленного суставов отнесены к 1-й группе. Контрольную группу составили 10 здоровых детей соответствующего возраста.

С целью стабилизации тазобедренного сустава 38 (74,5%) больным ранее были произведены от-

крытое вправление бедра, пластика тазобедренного сустава деминерализованными костно-хрящевыми аллотрансплантатами, формирование крыши вертлужной впадины, а также пластика шейки бедренной кости мигрирующими костно-мышечными комплексами. Опорная ангуляционная остеотомия бедренной кости у подростков с патологическим вывихом бедра выполнялась одновременно с удлинением нижней конечности.

Удлинение конечности на величину от 4 до 12,5 см производилось за счет бедра: у 48 (94,1%) больных — спицестержневым, у 3 (5,9%) — стержневым аппаратом.

Обследование проводилось при поступлении больных в стационар и в сроки от 1 года до 5 лет после оперативного вмешательства. Для решения поставленных задач использовалась реовазография (РВГ) — метод, основанный на регистрации изменений электрического сопротивления тканей вследствие колебаний их кровенаполнения при сердечных сокращениях, позволяющий оценить интенсивность периферического кровообращения, состояние сосудистого тонуса и венозного оттока в исследуемых сегментах конечностей. Обследование выполняли с помощью анализатора КМ-АР-01 «Диамант» в положении больного лежа, натощак или через 2 ч после еды, с 20-минутной адаптацией пациента в помещении при температуре окружающей среды не ниже 20 °С. Использовали продольное отведение РВГ от нижних конечностей с применением циркулярных электродов, которые накладывали на симметричные участки исследуемых бедер и голеней.

При анализе реограмм учитывали амплитудные и временные характеристики. Опорные точки определяли по дифференциальной реограмме с учетом различия производных артериального и венозного компонентов [6]. Анализировались следующие показатели, характеризующие состояние периферической гемодинамики:

АРГ (Ом) — амплитуда реограммы — показатель интенсивности кровоснабжения артериального русла;

ВО (%) — показатель состояния оттока крови из данной области в сердце, который определяется тонусом венозного русла исследуемой области;

ПТС (%) — показатель тонуса крупных сосудов (норма 11–17%);

ДКИа (%) — диастолический артериальный индекс, характеризующий тонус артериол (норма 40–70%);

ДСИа (%) — дикротический артериальный индекс, характеризующий тонус венул и вен (норма <80%);

Vq 100 (мл/мин) — объемный кровоток, определяющий количество крови, поступающей в 100 см² ткани за 1 мин;

РИ (усл. ед.) — реографический систолический индекс, отражающий величину систолического притока крови;

КА (%) — коэффициент асимметрии показателей гемодинамики пораженного и непораженного сегментов конечности (норма <20%).

Статистическая обработка данных включала анализ достоверности различий в исследованных группах с помощью критерия Стьюдента с использованием программы Excel для Windows-97.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали проведенные исследования, у больных с поражением проксимального метаэпифиза бедренной кости (тазобедренный сустав) и укорочением нижней конечности до оперативного лечения объемный кровоток в пораженном бедре был на 28,3% ниже, чем на непораженной конечности ($p < 0,05$) (табл. 1). Обращает на себя внимание тот факт, что тонус крупных сосудов пораженного бедра был достоверно повышен на 30,9%, в то время как тонус артериол бедер не достигал нормы, причем на стороне поражения был ниже на 32,5%. Тонус венул и вен бедер находился в пределах возрастной нормы при незначительном уменьшении показателя на пораженной конечности. Признаки затруднения венозного оттока отмечены у трети больных (32,6%). Коэффициент асимметрии показателей гемодинамики бедер составлял в среднем 44,1% при индивидуальных колебаниях от 15 до 56%.

У больных с поражением дистального метаэпифиза бедренной кости (коленный сустав) до восстановления длины нижней конечности определялись аналогичные изменения показателей гемодинамики бедра (см. табл. 1). Так, объемный кровоток был на 30,8% ниже, а тонус крупных сосудов — на 13,2% выше, чем на непораженном контралатеральном сегменте ($p > 0,05$). Показатели тонуса артериол обоих бедер были ниже нормы и практически не отличались друг от друга, а тонус вен и венул находился в пределах возрастной нормы. Признаки затруднения венозного оттока из мягких тканей бедра отмечались у 26,4% пациентов. Коэффициент асимметрии показателей гемодинамики составлял в среднем 34% при индивидуальных колебаниях от 15 до 46%.

При исследовании состояния периферического кровообращения в голенях до удлинения пораженного бедра выявлены различные реакции со стороны сосудистого русла (см. табл. 1). Так, у больных с поражением проксимального метаэпифиза бедренной кости объемный кровоток в голени характеризовался снижением на 18,2% по сравнению с аналогичным показателем контралатеральной конечности. У пациентов с поражением дистального метаэпифиза достоверной асимметрии этого показателя не выявлялось. Тонус крупных сосудов голени на стороне поражения был достоверно выше как у больных 1-й, так и у больных 2-й группы (соответственно на 27,5 и 14,9%), а тонус артериол снижен по сравнению с нормой, причем более значительно — при локализации патологического

Табл. 1. Показатели периферического кровообращения бедер и голени у больных с приобретенной патологией тазобедренного и коленного суставов до и после восстановления длины нижней конечности ($M \pm m$)

Показатель		Тазобедренный сустав (1-я группа)		Коленный сустав (2-я группа)	
		до восстановления длины конечности	после восстановления длины конечности	до восстановления длины конечности	после восстановления длины конечности
Показатели кровообращения бедер					
Vq 100, мл/мин	1	0,71±0,05	0,65±0,06	1,08±0,1	1,24±0,08
	2	0,99±0,07*	0,74±0,05	1,56±0,09*	1,34±0,08
РИ, усл. ед.	1	0,30±0,02	0,30±0,05	0,51±0,08	0,50±0,06
	2	0,27±0,02	0,34±0,06	0,77±0,07	0,68±0,12
ПТС, %	1	19,5±2,1*	17,4±1,9	18,2±2,0	17,4±2,7
	2	14,9±1,98	15,0±1,9	15,8±1,6	14,6±1,4
ДКИа, %	1	21,01±1,4	43,7±3,0	33,4±4,4	34,8±4,5
	2	31,08±3,4	33,6±2,9	31,3±2,6	32,3±3,6
ДСИа, %	1	36,82±3,5	41,5±4,0	36,0±2,8	39,0±4,4
	2	42,01±3,9	35,4±2,3	38,6±2,4	39,9±4,2
Показатели кровообращения голени					
Vq 100, мл/мин	1	1,26±0,2	1,09±0,08	1,39±0,09	1,24±0,1
	2	1,54±0,19*	1,15±0,12	1,45±0,10	1,14±0,10
РИ, усл. ед.	1	0,90±0,11	0,87±0,06	0,98±0,08	0,97±0,05
	2	0,98±0,10	0,89±0,10	0,96±0,06	1,11±0,06
ПТС, %	1	18,1±2,1	16,5±2,0	18,9±2,8	16,4±2,4
	2	14,2±1,9*	15,0±1,8	16,1±2,1	14,9±2,0
ДКИа, %	1	21,01±1,4	18,6±1,6	24,4±1,98	26,5±2,1
	2	31,08±3,4	31,4±2,8	25,5±3,1	28,3±3,7
ДСИа, %	1	36,82±3,5	27,6±1,8	40,9±4,1	32,4±4,0
	2	42,01±3,9	36,6±2,0	39,3±1,6	47,9±2,0

Обозначения: 1 — пораженная конечность; 2 — непораженная конечность. * Достоверность различия $p < 0,05$.

процесса в проксимальном отделе бедренной кости (см. табл. 1). Тонус венул и вен голени соответствовал индивидуальной норме с незначительным (на 12,4%) снижением у больных 1-й группы. Коэффициент асимметрии показателей гемодинамики голени у больных с поражением тазобедренного сустава составил 44,1%, с поражением коленного сустава — 18,1%.

Сравнительный анализ исходных показателей РВГ бедер и голени у пациентов с поражением тазобедренного сустава выявил однонаправленность изменений кровоснабжения этих сегментов: достоверное снижение по сравнению с контрольной группой объемного кровотока с повышением тонуса крупных сосудов на фоне снижения тонуса артериол вдвое (табл. 2). Следует отметить, что достоверных различий в кровенаполнении бедер и голени у здоровых детей и у больных на непораженной конечности зарегистрировано не было.

В ближайшие сроки (до 1 года) после восстановления длины нижней конечности у 32,2% боль-

Табл. 2. Исходные показатели периферического кровообращения бедра и голени у больных с приобретенной патологией тазобедренного сустава и у здоровых детей ($M \pm m$)

Показатель	Больные		Здоровые	
	бедро	голень	бедро	голень
Vq 100, мл/мин	0,71±0,05*	1,26±0,2*	0,99±0,06	1,50±0,09
РИ, усл. ед.	0,30±0,02	0,90±0,11	0,32±0,01	0,78±0,09
ПТС, %	19,5±2,1*	18,1±2,1*	16,6±1,0	15,7±0,66
ДКИа, %	21,01±1,4*	21,01±1,4*	44,1±1,34	4,2±1,21
ДСИа, %	36,82±3,5	36,82±3,5	44,9±1,68	44,8±2,0

Примечание. У здоровых детей представлены данные РВГ правой нижней конечности, так как коэффициент асимметрии в среднем не превышал на бедре 7,6%, на голени — 9,7%. * Достоверность различия $p < 0,05$.

ных наряду со снижением ДКИ отмечалось увеличение реографического систолического индекса (РИ). Эти изменения могут быть связаны с функциональными нарушениями в артериальной и венозной сети вследствие перераспределения кровотока на фоне растяжения сосудов при удлинении конечности. В отдаленные сроки повышения РИ не определялось. Нарушение тонуса артериол, по-видимому, может быть обусловлено, с одной стороны, перераспределением нагрузки на нижние конечности при разной длине ног и меньшей энергетической потребностью мягких тканей укороченной конечности, а с другой — длительной фиксацией удлиняемого сегмента в дистракционном аппарате и функциональной недостаточностью удлиненных мышц, не восстановивших в полной мере свои энергетические потребности.

В сроки от 1 года до 5 лет после удлинения бедра объемный кровоток в нем при локализации патологического процесса в проксимальном метаэпифизе бедренной кости хотя и оставался ниже аналогичного показателя непораженного контралатерального сегмента, но отличался от него только на 12,2%, а не на 28,3%, как это было до проведенного хирургического лечения (см. табл. 1). У детей с поражением дистального метаэпифиза бедренной кости объемный кровоток в удлинненном бедре увеличивался по сравнению с дооперационным периодом на 13%. Показатели, характеризующие тонус крупных сосудов, на пораженном бедре не отличались от исходных. Улучшалось и практически достигало нормы кровообращение как в артериальной, так и в венозной сети удлинненного бедра, причем более выраженные положительные изменения наблюдались у пациентов с ранее стабилизированным тазобедренным суставом. Венозный отток из мягких тканей бедра оставался затрудненным у 21% больных с поражением проксимального и у 16% пациентов с поражением дистального метаэпифиза бедренной кости — по сравнению с дооперационным периодом число таких больных уменьшилось соответственно на 11,6 и 10,4%. Коэффициент асимметрии показателей гемодинамики бедер после восстановления длины конечности составил при поражении тазобедренного сустава 23%, при поражении коленного сустава — 15% против 44,1 и 34% до операции.

При анализе показателей объемного кровотока в сосудах голени пораженной и непораженной конечностей после удлинения бедра их достоверной асимметрии не выявлено. Тонус крупных сосудов голени на стороне поражения достоверно понизился, а сохранившаяся асимметрия не выходила за границы физиологических отклонений. Венозный отток и тонус мелких и средних сосудов по сравнению с дооперационным периодом существенных изменений не претерпели. При этом коэффициент асимметрии показателей гемодинамики голени у больных с поражением тазобедренного сустава составил 18%, с поражением коленного сустава — 12%.

Приведем два клинических примера.

Больной К., 15 лет, диагноз: последствия острого гематогенного остеомиелита проксимального метаэпифиза левой бедренной кости, патологический вывих левого бедра, укорочение левой нижней конечности на 5 см. При реовазографическом исследовании до оперативного лечения (рис. 1, а) выявлено снижение на 25,2% объемного кровотока бедра (0,98 мл/мин) и на 26,6% — голени (1,24 мл/мин) пораженной конечности. Тонус артериол и прекапилляров как на пораженной, так и на непораженной нижней конечности также был снижен. Тонус крупных сосудов бедер и голеней соответствовал возрастной норме. Признаков нарушения венозного оттока не выявлено. Коэффициент асимметрии показателей гемодинамики бедер и голеней составил соответственно 40,2 и 45%.

Через 1 год после удлинения левого бедра на 5,5 см показатели объемного кровотока симметричных сегментов нижних конечностей практически не различались между собой: на пораженном бедре — 1,21 мл/мин, на непораженном — 1,28 мл/мин (рис. 1, б). Аналогичные изменения зарегистрированы в голенях пораженной (1,64 мл/мин) и непораженной (1,72 мл/мин) конечностей. Таким образом, по сравнению с исходным уровнем объемный кровоток бедра удлинненной конечности увеличился на 19%, голени — на 24,4%. При этом тонус сосудов не изменился, признаков затруднения венозного оттока не отмечено. Значительное уменьшение по сравнению с исходными значениями коэффициентов асимметрии показателей гемодинамики бедер (8%) и голеней (2%) свидетельствовало о нормализации кровообращения в удлинненной нижней конечности.

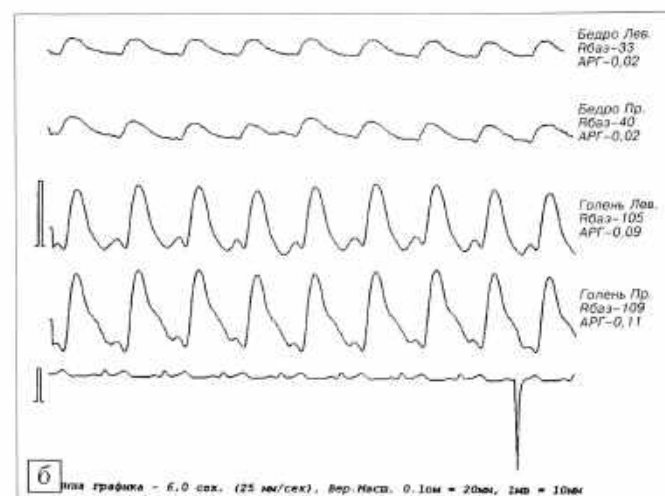
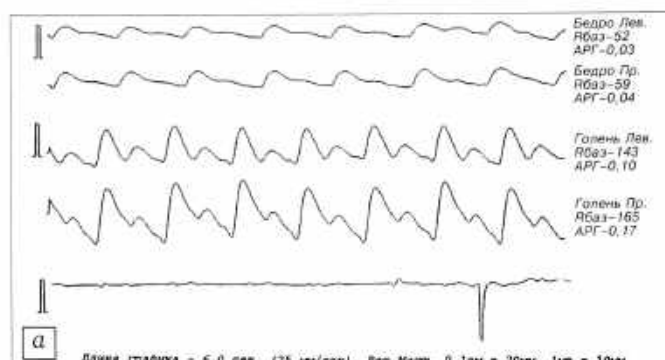


Рис. 1. Реограммы бедер и голеней больного К. до (а) и через 1 год после (б) удлинения левого бедра на 5,5 см.

Больной М., 10 лет, диагноз: посттравматическое укорочение правого бедра на 4 см, антекурвационная деформация дистального метафиза правой бедренной кости. При реовазографическом исследовании до оперативного вмешательства (рис. 2, а) обращало на себя внимание отсутствие асимметрии амплитуды реограмм бедер: и на правом, и на левом бедре она составляла 0,02 Ом. Вместе с тем на голенях асимметрия этого показателя достигала 23,1% (на стороне поражения АРГ равнялась 0,1 Ом). Показатель объемного кровотока пораженного бедра составлял 0,65 мл/мин, непораженно — 0,69 мл/мин. Аналогичные показатели голеней равнялись соответственно 1,83 и 1,5 мл/мин. При снижении по сравнению с нормой тонуса артериол и венул отмечался повышенный тонус крупных сосудов и бедер (на 20,2%), и голеней (на 17,6%). Коэффициент асимметрии показателей гемодинамики голеней составлял 26%, бедер — 6%.

Через 1 год после удлинения правого бедра на 5 см (рис. 2, б) амплитуда реограмм бедра превысила исходную в 2 раза (0,04 Ом). Объемный кровоток в мягких тканях пораженного бедра увеличился до 0,78 мл/мин (на 16,7%). Снижился, хотя и незначительно, тонус крупных сосудов пораженного бедра, составил 18,1%. Тонус артериол удлинненной конечности остался сниженным, венозный отток, как и до удлинения бедра, не был затруднен. Сохранившаяся после выравнивания длины нижних конечностей некоторая асимметрия показателей гемодинамики не превышала на бедрах 11,3%, на голенях — 5%, т.е. находилась в пределах физиологических отклонений. При этом АРГ пораженной и непораженной голени не имели различий.

Таким образом, проведенные исследования показали, что степень нарушения гемодинамики в пораженной нижней конечности зависит от локализации патологического процесса. Состояние кровообращения в бедре и голени укороченной конечности характеризуется однотипными реакциями сосудов, но при поражении коленного сустава изменения гемодинамики выражены в меньшей степени, чем при поражении тазобедренного сустава. В отдаленные сроки после восстановления длины нижней конечности у детей и подростков с приобретенной патологией тазобедренного и коленного суставов отмечается положительная динамика показателей регионарного кровотока удлинненной конечности. Удлинение бедра при патологии тазобедренного и коленного суставов не оказывает отрицательного влияния на состояние гемодинамики дистальных сегментов конечности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арсентьева Н.И., Смирнов В.А., Барабаш Ю.А. и др. // Травматол. ортопед. России. — 1996. — N 2. — С. 43-45.

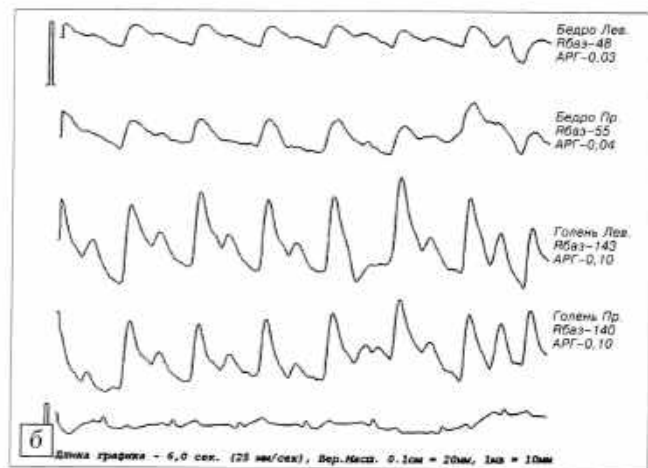
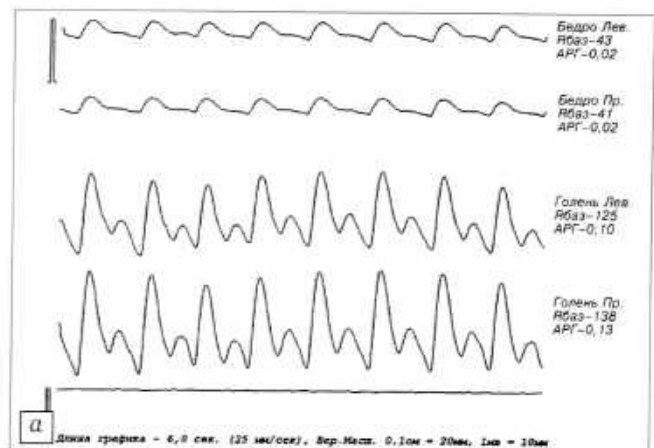


Рис. 2. Реограммы бедер и голеней больного М. до (а) и через 1 год после (б) удлинения правого бедра на 5 см.

2. Гаркавенко Ю.Е., Винокурова Т.С., Бергалиев А.Н. // Стандарты технологии специализированной помощи детям при заболеваниях и повреждениях опорно-двигательного аппарата: Материалы совещания детских ортопедов-травматологов России. — СПб, 1999. — Ч. 1. — С. 86-88.

3. Мякотина Л.И., Федотова Р.Г. // Ортопед. травматол. — 1967. — N 6. — С. 33-38.

4. Шевцов В.И., Макушин В.Д., Куфтырев Л.М. Дефекты нижней конечности. — Курган, 1996.

5. Щуров В.А., Кудрин Б.И., Шейн А.П. // Ортопед. травматол. — 1981. — N 10. — С. 30-33.

6. Яруллин Х.Х. Клиническая реоэнцефалография. — М., 1983.