



# ОЦЕНКА ОСОБЕННОСТЕЙ СПИНАЛЬНОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ, МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В ОБОЛОЧКАХ СПИННОГО МОЗГА И НЕЙРОВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ПРИ СКОЛИОЗЕ

С.П. Миронов, С.Т. Ветрилэ, З.Г. Нацвлишвили, А.К. Морозов,  
А.И. Крупаткин, А.А. Кулешов, Г.И. Хохриков, М.С. Ветрилэ

Центральный институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва

**Цель исследования.** Изучение топографии аорты, кровоснабжения и микроциркуляции в оболочках спинного мозга, термографическая оценка микроциркуляции в мягких тканях спины и особенностей ее нейровегетативной регуляции при сколиотической деформации позвоночника.

**Материал и методы.** Выполнено 74 ангиографических исследования у 69 больных сколиозом. У 21 пациента методом лазерной доплеровской флоуметрии интраоперационно исследовали микроциркуляцию в оболочках спинного мозга в диапазоне красного и инфракрасного спектра излучений до и после коррекции деформации. У 26 пациентов исследовали микроциркуляцию и трофику мягких тканей спины с помощью тепловизора до и после операции.

**Результаты.** Ангиография показала, что при тяжелых и крайне тяжелых сколиозах отмечается изменение формы аорты, но не ее диаметра. При обследовании пациентов с вторичным кифосколиозом определялась система задних спинальных артерий, которая не выявлялась у пациентов с диспластическим сколиозом. Выявлено, что при относительно легких сколиозах после коррекции CDI отмечается улучшение показателей микроциркуляции. При крайне тяжелых сколиозах имеется тенденция к нарушению кровообращения в более глубоких слоях оболочек. В послеоперационном периоде у 2/3 больных сколиозом происходит нормализация вегетативной сегментарной регуляции.

**Заключение.** Система спинального кровоснабжения у больных сколиозом представляет собой саморегулирующийся механизм гемодинамических взаимодействий, степень компенсации которого зависит от локализации афферентных спинальных артерий, деформации позвоночного канала и проходимости системы передней спинальной артерии как основного русла кровоснабжения спинного мозга на всех его уровнях.

**Ключевые слова:** кровоснабжение спинного мозга, ангиография, сколиоз, топография аорты.

EVALUATION OF PECULIARITIES OF SPINAL BLOOD CIRCULATION, SPINAL ARACHNOID MICROCIRCULATION AND NEUROVEGETATIVE REGULATIONS IN SCOLIOSIS

S.P. Mironov, S.T. Vetrile, Z.G. Natvlishvili, A.K. Morozov, A.I. Krupatkin, A.A. Kuleshov, G.I. Khokhrikov, M.S. Vetrile

**Objective.** To study aorta topography, spinal cord blood circulation, and spinal arachnoid microcirculation, as well as to evaluate thermographically microcirculation in soft tissues of the back and peculiarities of its neurovegetative regulation in scoliotic spine deformity.

**Material and Methods.** Seventy four angiographies have been performed in 69 patients with scoliosis. In 21 patients laser doppler flowmetry was used intraoperatively to study spinal arachnoid microcirculation in red and infrared spectra before and after deformity correction. In 26 patients microcirculation and trophism of soft tissues of the back was studied in pre- and postoperative period.

**Results.** Angiographic data show that in severe and extremely severe scoliosis the shape of aorta, but not its diameter, is changed. Examination of patients with secondary kyphoscoliosis showed a system of posterior arteries that was not visualized in patients with dysplastic scoliosis. Study of microcirculation in spinal arachnoid revealed that correction of relatively light scoliosis with CDI system improved the indices of microcirculation. In extremely severe scoliosis there is a tendency towards blood circulation disturbance in deeper layers of the arachnoid. Normalization of vegetative segmental regulation takes place in 2/3 of patients within a postoperative period.

**Conclusion.** Spinal blood supply system in patients with scoliosis is a self-regulating mechanism of hemodynamic interactions, the compensation degree of which depends on localization of afferent spinal arteries, deformation of vertebral canal and permeability of anterior spinal artery system.

**Key Words:** spinal cord blood supply, angiography, scoliosis, aorta topography.

Hir. Pozvonoc. 2006;(3):38–48.

Сколиотическая болезнь сопровождается грубыми анатомическими и функциональными изменениями внутренних органов и систем. В настоящее время имеются работы, в которых описаны варианты кровоснабжения спинного мозга в норме и при различной патологии [1, 6, 7, 9–13, 15–21]. При этом очень мало исследований об особенностях кровоснабжения спинного мозга при сколиозе и микроциркуляции в оболочках спинного мозга [6, 14]. Остаются слабо изученными вопросы топографии аорты при сколиозе [2–4, 8]. В то же время имеющийся риск возникновения неврологических осложнений при хирургической коррекции сколиоза большинство авторов связывают, в первую очередь, с вероятностью возникновения нарушений кровоснабжения спинного мозга. Изучение микроциркуляции в оболочках спинного мозга до и после коррекции сколиотической деформации представляется нам очень важным с точки зрения мониторинга сосудистых нарушений на самых ранних стадиях. Большой интерес представляют и закономерности микроциркуляции в мягких тканях спины при сколиозе, особенности ее нейровегетативной регуляции. Микроциркуляция тканей – одна из ведущих морфофункциональных систем организма, поддерживающая гомеостаз и гомеокинез тканей. Ее изменения при сколиозе определяются как местными особенностями деформации, так и общими факторами, связанными с состоянием организма в целом. Цель исследования – изучение топографии аорты, кровоснабжения и микроциркуляции в оболочках спинного мозга, термографическая оценка микроциркуляции в мягких тканях спины и особенностей ее нейровегетативной регуляции при сколиотической деформации позвоночника.

### Материал и методы

Выполнено 74 ангиографических исследования у 69 больных сколиозом (мужчин – 19, женщин – 50). В пяти

случаях ангиографию выполняли дважды (до коррекции сколиоза и после предварительной коррекции деформации в системе гало-пелвик).

**Аортография и спинальная ангиография.** Обследованы 69 пациентов. С диспластическим сколиозом было 47 человек, со сколиозом на фоне нейрофиброматоза – 10, с врожденным сколиозом – 7, с интрамедуллярными опухолями спинного мозга – 2, с сирингомиелией – 2, с синдромом Рассела-Сильвера – 1. Распределение больных по типам сколиоза было следующим: в 47 случаях – грудной сколиоз, в 9 – грудопоясничный, в 8 – поясничный, в 3 – комбинированный, в 2 – шейногрудной. У 54 пациентов деформация была правосторонней, у 15 – левосторонней. У 12 больных – III степень сколиоза, у 57 – IV, причем у 15 человек сколиоз IV степени был крайне тяжелым (угол искривления – 120–150°). Сколиотическая деформация с преобладанием кифотического компонента отмечена у 16 человек. По возрасту больные распределились следующим образом: 6 лет – 1 человек; 9 лет – 1; 10 лет – 1; 11 лет – 4; 12 лет – 6; 13 лет – 5; 14 лет – 17; 15 лет – 11; 16 лет – 6; 17 лет – 2; 18 лет – 3; 19 лет – 3; 20 лет – 4; 40 лет – 2; 43 года – 1; 44 года – 1; 53 года – 1. Из 69 человек у шести была легкая неврологическая спинальная симптоматика (оживление сухожильных рефлексов, легкий клонид стоп, непостоянный симптом Бабинского), у четырех – грубая спинальная симптоматика (нижний спастический парез или парез),

у остальных пациентов патологической неврологической симптоматики выявлено не было. Данные обследования сосудов представлены в табл. 1.

У двух пациентов с крайне тяжелыми формами кифосколиоза не удалось визуализировать сосуды спинного мозга, преобладал резко выраженный кифоз с деформацией аорты на соответствующем уровне, вследствие чего ангиографический инструмент становился неуправляемым. Тип и вариант кровоснабжения спинного мозга определяли по рабочей классификации, которая принята в ЦИТО [13]. Выделяют два типа (магистральный и рассыпной) и пять вариантов кровоснабжения спинного мозга. К первому варианту магистрального типа отнесены случаи, когда тораколюмбосакральный отдел спинного мозга кровоснабжается одной большой передней радикуломедуллярной артерией – артерией Адамкевича. При втором и третьем вариантах магистрального типа спинной мозг грудопоясничного отдела позвоночника имеет две афферентные передние радикуломедуллярные артерии, отличающиеся уровнем расположения и формой нисходящего отдела передней спинальной артерии. Наличие трех и более передних радикуломедуллярных артерий, равномерно расположенных по всей длине спинного мозга, определяет четвертый вариант строения системы спинального кровоснабжения рассыпного типа. Пятый вариант спинального кровоснабжения выделяется наличием тонких малых передних радикуломедулляр-

Таблица 1

Сосуды, обследованные методом ангиографии

Сосуды	Количество, п
Аорта грудная	69
Аорта брюшная	69
Межреберная артерия	412
Поясничная артерия	177
Подвздошная артерия	69
Артерия Адамкевича	67
Радикуломедуллярная артерия	65

ных артерий (100–200 мкм), расположенных на одном уровне, и восходящего отдела передней спинальной артерии такого же диаметра.

**Микроциркуляция в оболочках спинного мозга.** Обследован 21 пациент от 13 до 18 лет. У 5 из них – III степень сколиоза, у 16 – IV. Неврологических расстройств после коррекции деформации не отмечалось.

Для исследования микроциркуляции в оболочках спинного мозга и особенностей ее регуляции при сколиозе использовали метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) аппаратом ЛАКК-01 (Россия). Снимали показатели микроциркуляции с оболочек спинного мозга в диапазоне красного и инфракрасного спектра излучений. Красный спектр излучения позволяет снимать показатели микроциркуляции на глубине до 0,8 мм, инфракрасный – до 1,8 мм [5]. Исследования проводились интраоперационно на вершине деформации позвоночника в грудном отделе, запись проводили с твердой мозговой оболочки, с вогнутой стороны (световоды устанавливали на оболочки из интерламнарного доступа после удаления желтой связки). Показатели снимали перед и после коррекции деформации инструментарием Cotrel – Dubousset (CDI). Когда использовали гало-пельвиктракцию, показатели снимали трижды: сначала в условиях гало-пельвиктракции, затем отсоединяя гало-кольцо от штанг, без гало-тракции, третий раз – после коррекции деформации CDI. При этом по общепринятой методике анализировались следующие показатели: показатель микроциркуляции (ПМ); среднее квадратичное отклонение колебаний кровотока в микрососудах ( $\sigma$ ); коэффициент вариации ( $K_V = \sigma/\text{ПМ}$ ); амплитуда низкочастотных осцилляций в диапазоне 2–12 колебаний в минуту (отражает влияние активных механизмов регуляции – нейрогенных и миогенных); амплитуда дыхательных осцилляций (отражает влияние венозного оттока); амплитуда сердечных осцилляций (отражает влияние кардиоритма и об-

щего притока крови). Исследовали амплитудно-частотный спектр ЛДФ-граммы. При анализе амплитудно-частотного спектра ЛДФ-граммы анализировались следующие показатели: LF – миогенный ритм; HF1 – дыхательный ритм; CF1 – сердечный ритм. Миогенный ритм отражает пейсмерную активность миоцитов сосудистой стенки прекапиллярных артериол и сфинктеров; дыхательный ритм – дыхательную модуляцию венозного кровотока; кардиальный ритм – модуляцию кровотока, связанную с перепадами систолического и диастолического артериального давления.

**Термографическая оценка тканей и особенности их нейровегетативной регуляции.** Обследовано 26 пациентов от 13 до 26 лет. У 23 из них – диспластический сколиоз, у 2 – врожденный, у 1 – сколиоз на фоне нейрофиброматоза. У 5 больных – III степень сколиоза, у 21 – IV.

Для оценки микроциркуляции и трофики тканей спины использовался тепловизор AGA-780 с компьютерной приставкой для обработки термоизображений TC-800. Шкала прибора устанавливалась в пределах 26,8–29,4°. Изучалась термопография области спины и верхних конечностей у 26 пациентов. Метод приемлем не только для оценки кровообращения тканей, но и нейрососудистой регуляции, так как показатель температуры отражает перфузию в большей степени резистивного звена кровообращения, обильно снабженного симпатическими нервами. Паравerteбральные области кожи на расстоянии 2–3 см от линии остистых отростков служат зоной иннервации

задних ветвей спинальных нервов, в связи с этим термопография этих зон отражает в том числе состояние сегментарного вегетативного аппарата спинного мозга – активность симпатических преганглионарных нейронов. Термопография более латеральных областей спины имеет сложную смешанную природу как в результате влияния деформации мышечно-связочных структур, так и по причине вторичных рефлекторных, корешковых и спинальных расстройств в зоне передних ветвей спинальных нервов. Дифференциальная температура пальцев кистей рук отражает амплитуду симпатического вазомоторного рефлекса (CBF).

## Результаты

**Аортография и спинальная ангиография.** Диаметр аорты на уровне вершины сколиоза составил 18–33 мм (в среднем 23,9 мм), он определен у 64 пациентов (табл. 2).

Не отмечено существенного изменения диаметра аорты на уровне вершины сколиоза. Учитывая нормальное положение грудного отдела аорты, видим, что правосторонний сколиоз сопровождается наибольшим отклонением и разворотом ее в вогнутую сторону. Проекционное смещение может достигать уровня шеек ребер, соответственно изменяя длину межреберных артерий, которые отходят от задней поверхности аорты, развернутой к вогнутой дуге позвоночного столба. Наибольшее отклонение аорты от позвоночника наблюдалось при крайне тяжелых сколиозах (с углом искривления больше 120°) или при менее тяжелых сколи-

Таблица 2

Зависимость диаметра аорты от возраста пациента

Возраст, лет	Количество пациентов, n	Диаметр аорты, мм
6–10	3	19,6 (от 18 до 21)
11–15	42	22,8 (от 18 до 27)
16–20	16	23,2 (от 18 до 30)
40–53	3	31,0 (от 21 до 40)

озах с более короткими дугами (при нейрофиброматозе). При аортографии на уровне наибольшего искривления позвоночника межреберные артерии контрастируются натянутыми по мере приближения к вершине сколиотического горба. Их проксимальные отделы направлены в сторону выпуклой вершины позвоночника.

При левостороннем сколиозе аорта проецируется на уровне шеек правых ребер, делает изгиб в сторону его вершины. III степень сколиоза сопровождается изгибом аорты на соответствующем уровне. Ее диаметр не отличается от нормальных показателей. Межреберные и поясничные артерии извиты, подтянуты, их облитерации не отмечалось.

При IV степени сколиоза и при крайне тяжелых сколиозах грудного отдела позвоночника (угол искривления  $120\text{--}140^\circ$ ) отмечается изменение формы аорты, но не ее диаметра. Также выявлено, что при правостороннем сколиозе грудного отдела позвоночника с уг-

лом искривления больше  $120^\circ$  в 100 % случаев отмечается дислокация селезенки вниз вместе с селезеночной артерией. На ее место, под левый купол диафрагмы, встает левая почка. Брюшной отдел аорты разворачивается в правую сторону противодуги сколиоза, а верхняя брыжеечная артерия контрастируется натянутой вниз (рис. 1). При тяжелых левосторонних грудных сколиозах мы не отмечали дислокации левой почки под купол диафрагмы (рис. 2).

Характерно было и изменение хода общих подвздошных артерий. Так, при правосторонних грудных сколиозах с левосторонним поясничным противоискривлением левая подвздошная артерия как бы являлась продолжением хода брюшной аорты, а правая отходила под углом  $35\text{--}45^\circ$  (рис. 1). При левосторонних грудных сколиозах с правосторонним поясничным противоискривлением картина хода подвздошных артерий была противоположной. Левая общая подвздошная артерия являлась как бы

продолжением брюшного отдела аорты, а правая отходила от аорты под несколько меньшим углом, чем в первом случае –  $30\text{--}35^\circ$  (рис. 2).

При тяжелом сколиозе позвоночника деформируются межреберные артерии. Отмечается окклюзия проксимального отдела межреберной артерии на высоте выпуклой стороны позвоночного столба вне зависимости от направления сколиотического горба и коллатеральное кровоснабжение ее дистального отдела из выше и ниже расположенных артерий. Межреберные артерии вогнутой стороны контрастируются на всем протяжении.

Варианты кровоснабжения спинного мозга определены нами у 64 пациентов. Основная часть пациентов отнесена к первому, второму, третьему вариантам магистрального типа: 17 (25,0 %), 16 (23,0 %) и 17 (25,0 %) пациентов соответственно. К четвертому и пятому вариантам рассыпного типа отнесено соответственно 16 (23,0 %) и 3 (4,0 %) больных.

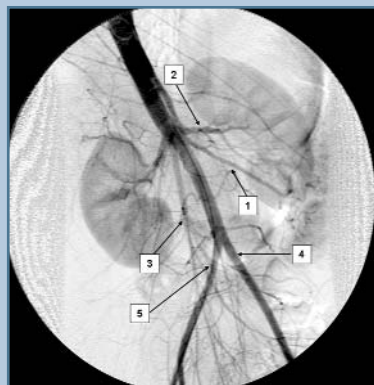


Рис. 1

Брюшная аортография (субтракционное изображение) пациентки Г., 12 лет, с диспластическим правосторонним грудным сколиозом IV степени, угол искривления –  $128^\circ$ :

1 – селезеночная артерия; 2 – левая почечная артерия; 3 – верхняя брыжеечная артерия; 4 – левая общая подвздошная артерия; 5 – правая общая подвздошная артерия

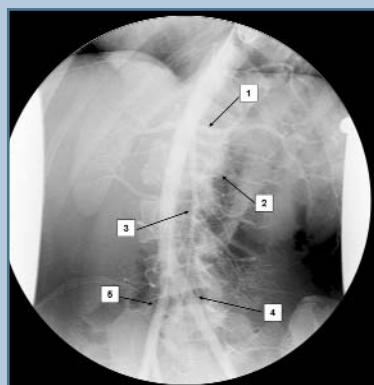


Рис. 2

Брюшная аортография пациента Ц., 15 лет, с диспластическим левосторонним грудным сколиозом IV степени, угол искривления –  $126^\circ$ :

1 – селезеночная артерия; 2 – левая почечная артерия; 3 – верхняя брыжеечная артерия; 4 – левая общая подвздошная артерия; 5 – правая общая подвздошная артерия



Полученные данные мы сопоставили с аналогичными данными А.А. Скоромца и Г.И. Хохрикова [12, 13]. Как видно из табл. 3, при ангиографическом исследовании спинного мозга I тип кровоснабжения отмечен более чем в 70,0 % случаев.

При расположении артерии Адамкевича вне зоны аортального изгиба ее ход не претерпевал изменений. Со-

впадение уровня артерии Адамкевича с вершиной сколиотической деформации сопровождалось изменением ее формы относительно системы передней спинальной артерии (ПСА). Отмечался практически параллельный ход субарахноидальной части артерии Адамкевича по отношению к ПСА со стороны вогнутого контура позвоночного канала на вершине

сколиоза. Конфигурация афферентных спинальных артерий на вершине деформации с выпуклой стороны позвоночника отличалась значительным увеличением угла между ПСА и субарахноидальной частью передней и задней радикуломедуллярных артерий (рис. 3). Вариантов с окклюзией проксимального отдела межреберной или поясничной артерии, являющихся источником спинальных ветвей, в наших исследованиях не встречалось.

Ангиографическое исследование спинального кровоснабжения у пациентов со сколиозом различной этиологии позволило получить контрастирование не только афферентных радикуломедуллярных артерий, но и системы передней и иногда задних спинальных артерий. У всех пациентов спинальные артерии контрастировались антеградно.

У 3 (5,0 %) пациентов изображение артерии Адамкевича получено путем ретроградного контрастирования из систем ПСА, дополненное затем антеградным контрастным исследованием, что подтверждает анатомические данные о непрерывности системы передней спинальной артерии и ее ведущей роли в компенсации спинального кровотока [13].

У 11 (17,1 %) пациентов при поиске источников спинального кровотока получена картина широкого коллатерального кровоснабжения в бассейне межреберных и поясничных артерий, которая была непостоянна и индивидуальна.

Изображение системы задних спинальных артерий получено у 12 (18,8 %) пациентов.

Пятерым пациентам спинальная ангиография проводилась до и после предварительной коррекции деформации в системе гало-пельвик. При этом в трех случаях не отмечено изменения ангиографической картины после гало-тракции.

В одном случае (рис. 4) получено ангиографическое подтверждение улучшения спинального кровоснабжения в бассейне артерии Адамкевича после переднего релиза и предварительной коррекции деформации

Таблица 3

Частота типов и вариантов кровоснабжения спинного мозга по ангиографическим исследованиям

Типы и варианты кровоснабжения	Данные, %		
	А.А. Скоромца (n = 78)	Г.И. Хохрикова (n = 138)	авторов статьи (n = 64)
<b>I тип</b>			
1-й вариант	20,8	9,6	25,0
2-й вариант	16,7	12,5	23,0
3-й вариант	15,3	26,5	25,0
<b>II тип</b>			
4-й вариант	47,2	46,3	23,0
5-й вариант		5,1	4,0

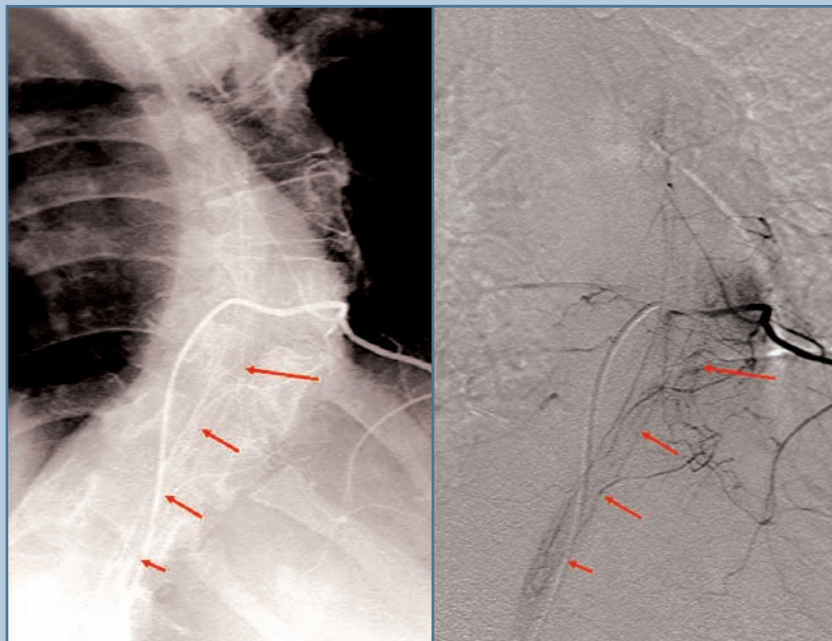
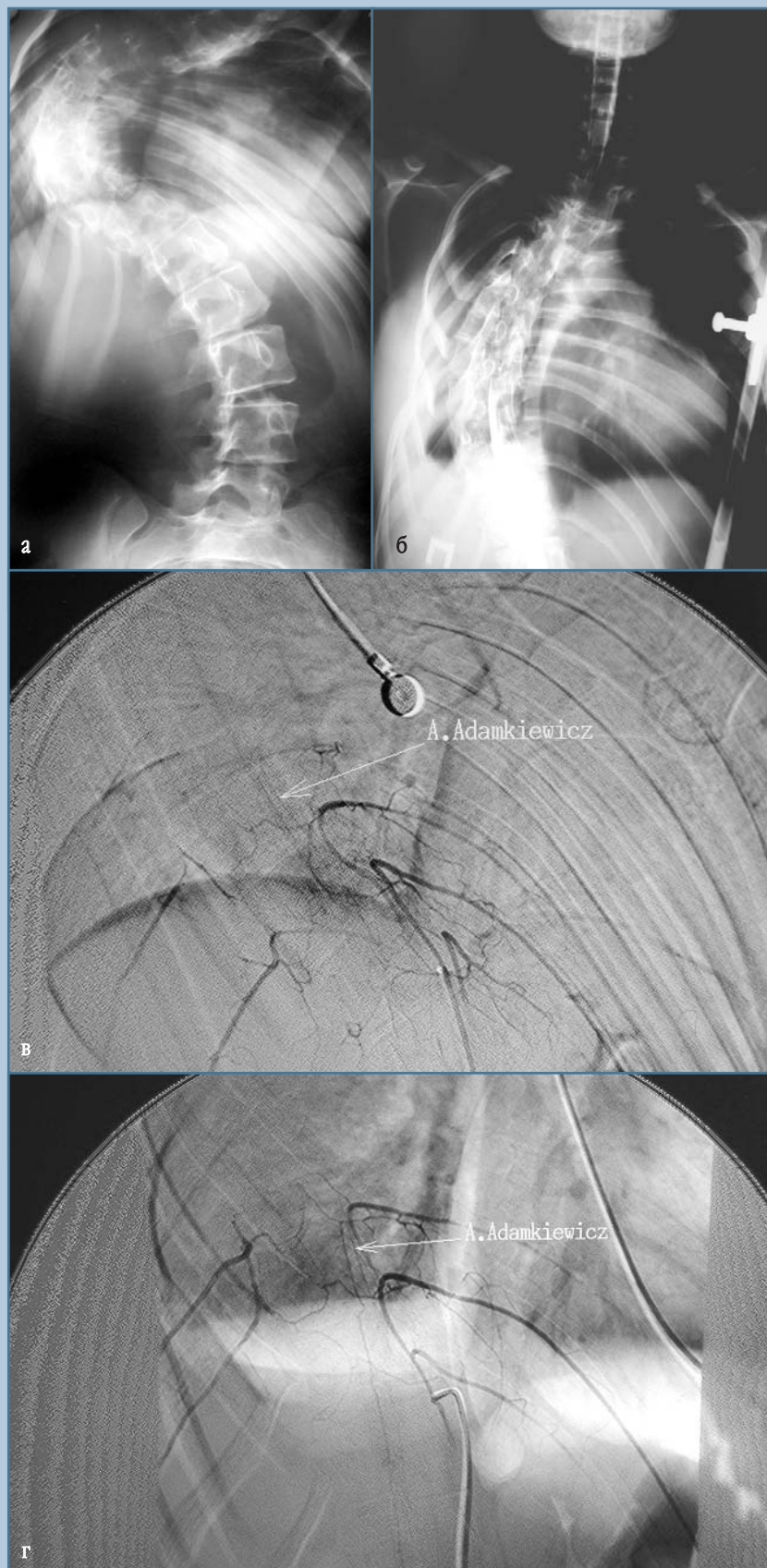


Рис. 3

Данные обследования пациентки П., 17 лет, с сирингомиелией, левосторонним груднопоясничным сколиозом IV степени: уровень отхождения артерии Адамкевича совпадает с вершиной сколиотической деформации с выпуклой стороны, определяется система задних спинальных артерий (указано стрелками)

**Рис. 4**

Данные обследования пациентки Ч., 15 лет, с диспластическим правосторонним грудным сколиозом IV степени, угол искривления – 130°:

**а** – рентгенограмма до лечения;

**б** – после переднего релиза и предварительной коррекции деформации в системе гало-пелвик, общий угол уменьшился со 130 до 59°;

**в** – ангиограмма до операции;

**г** – после предварительной коррекции деформации в системе гало-пелвик, улучшение контрастирования артерии Адамкевича

в системе гало-пелвик (деформация уменьшилась со 130 до 59°). Улучшение спинального кровообращения можно объяснить тем фактом, что у пациентки из-за тяжести деформации происходило натяжение межреберных сосудов, в результате страдал кровоток по артерии Адамкевича. После коррекции деформации в системе гало-пелвик натяжение межреберных артерий уменьшилось вследствие приближения аорты к позвоночнику, что создало условия для улучшения гемодинамики в системе артерий спинного мозга.

Ангиографические признаки ухудшения контрастирования спинальных артерий после предварительной коррекции деформации в системе гало-пелвик отмечены у одной пациентки, при этом клинические проявления спинальной ишемии отсутствовали (рис. 5). Деформация позвоночника у пациентки уменьшилась со 145 до 65°. Ангиографические признаки ухудшения контрастирования спинальных артерий у данной пациентки можно объяснить тем, что производилось контрольное исследование только одной афферентной артерии. После гало-пелвиктракции у пациентки сохранялось коллатеральное кровоснабжение спинного мозга из неконтрастированных источников.

Обследование семи пациентов с неврологическим дефицитом позволило выявить отсутствие контрастирования нисходящего отдела системы передней спинальной артерии у двоих из них при совпадении

кифосколиотического изменения позвоночника с уровнем конуса спинного мозга L<sub>1</sub>–L<sub>2</sub>. Нарушений кровотока в артерии Адамкевича и в системе передней спинальной артерии у остальных пациентов не выявлено. Данное обстоятельство свидетельствует в пользу того, что причиной возникновения неврологических расстройств является локальная компрессия спинного мозга в позвоночном канале, а не совпадение этого уровня с уровнем отхождения основных спинальных артерий.

При обследовании больных с вторичным кифосколиозом, развившимся на фоне патологических процессов спинного мозга (сирингомиелия, опухоли спинного мозга), определялась система задних спинальных артерий, которая не выявлялась у пациентов с диспластическим сколиозом. При этом не был отмечен сосудистый компонент очагового опухолевого процесса. При интрамедуллярных опухолях спинного мозга выявлено смещение и натяжение передней спинальной артерии. Передняя спинальная артерия из-за оттеснения ее опухолью имитировала натянутую струну.

При сколиозе аорта, деформируясь, влияет на динамику аортального кровотока, что опосредованно сказывается на распределении кровотока по межреберным и поясничным артериям выпуклой и вогнутой сторон. Поэтому мы посчитали важным сравнить кровообращение в межреберных и поясничных артериях с выпуклой и вогнутой сторон деформации.

С использованием методики динамической рентгеноденситометрии были измерены диаметры межреберных, поясничных и почечных артерий, а также степень их кровенаполнения. В результате отмечено, что диаметр артерий на выпуклой стороне дугообразно измененной аорты больше, чем на вогнутой. Условные единицы уровня снижения яркости также показали более интенсивный кровоток артерий выпуклой стороны аорты.

Для оценки кровенаполнения использовали кривые изменения интенсивности контрастирования во времени (рис. 6). Снижение яркости изображения (глубина падения кривой) отражает интенсивность контрастирования, что также демонстрирует более интенсивный кровоток в артериях на выпуклой стороне аорты. Следовательно, в более широких артериях снижение яркости изображения более выражено, то есть кровоток в этих межреберных и поясничных артериях более интенсивный. Этот феномен фактически является отражением законов гидродинамики. Полученные данные свидетельствуют о том, что функциональная роль артерии Адамкевича может изменяться в зависимости от характера искривления аорты и от стороны ее отхождения.

**Микроциркуляция в оболочках спинного мозга.** После операции в целом в диапазоне красного спектра лазерного излучения (поверхностные слои твердой мозговой оболочки до 0,8 мм) достоверно увеличивалась

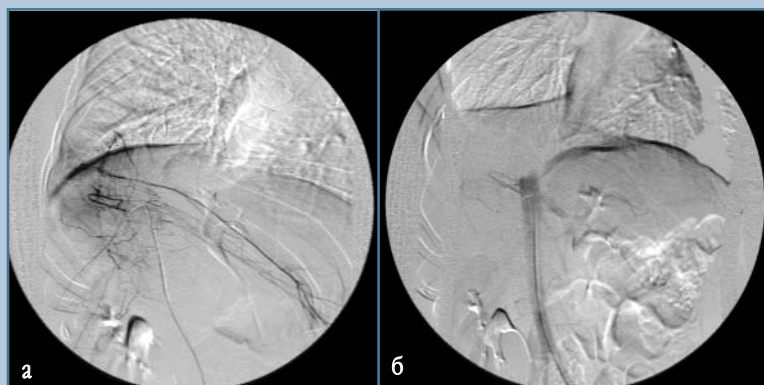


Рис. 5

Ангиограммы пациентки П., 16 лет, с нейрофиброматозом, правосторонним грудным сколиозом IV степени:

**а** – до операции;

**б** – после предварительной коррекции деформации в системе гало-пелвик, ухудшение контрастирования артерии Адамкевича, но клинических проявлений миелоишемии нет



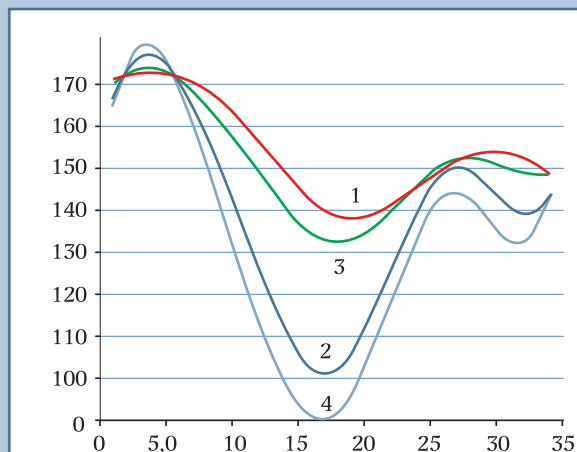


Рис. 6

Изменение интенсивности контрастирования во времени у пациентки С., 15 лет, с правосторонним грудным сколиозом III степени, с левосторонним поясничным противогнутием: 1 – правая поясничная артерия; 2 – правая почечная артерия; 3 – левая поясничная артерия; 4 – левая почечная артерия

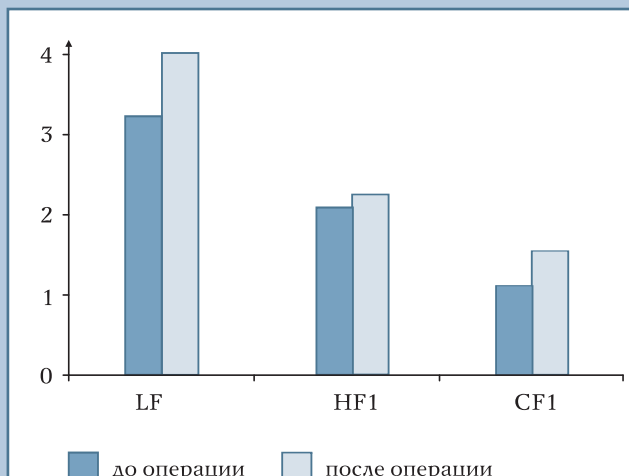


Рис. 7

Амплитуда ритма; показатели красного спектра лазерной доплеровской флоуметрии у больных сколиозом: после операции существенное увеличение миогенного (LF), сердечного (CF1) ритмов ( $p < 0,05$ ) и незначительное увеличение дыхательного (HF1) ритма ( $p > 0,05$ )

амплитуда низкочастотных колебаний на 30–35 % (рис. 7). Это свидетельствует о снижении сосудистого тонуса прекапиллярных сосудов. Достоверно увеличивалась амплитуда кардиоритма, что подтверждает улучшение общего притока крови в микрососудах. Достоверной динамики дыхательных ритмов не выявлено. Однако имелась тенденция к увеличению их амплитуды. Это свидетельствует о наличии компенсированных нарушений венозного оттока. В более глубоких слоях твердой мозговой оболочки и отчасти в поверхностных слоях мягкой мозговой оболочки (инфракрасный спектр лазерного излучения, глубина 1,8 мм) достоверных различий активных регуляторных механизмов до и после операции не выявлено. Отмечалась недостоверная тенденция к снижению общего кровенаполнения на фоне положительной динамики венозного оттока после операции. В глубоких слоях обнаружено также снижение показате-

лей микроциркуляции с 30,5 до 22,7 условных единиц ( $p < 0,001$ ), что не наблюдалось в более поверхностных слоях твердой мозговой оболочки. Вероятно, эти нарушения в более глубоких слоях связаны с изменением гемостаза и агрегации клеток крови на фоне интраоперационной гипотонии и гемодилюции, что требует дальнейших исследований.

Также наблюдались различия микроциркуляции до и после коррекции деформации у пациентов как с III, так и с IV степенью сколиоза с углом искривления 75–90° и 120–140° (рис. 8). При крайне тяжелых сколиозах после коррекции достоверно снижался ПМ на фоне уменьшения амплитуды низкочастотных колебаний (в два раза и более) и уменьшения амплитуды кардиоритма, что свидетельствовало о спазме приносящих микрососудов у таких больных. У пациентов с III и начальной стадией IV степени сколиоза эти данные были стабильными

или соответствовали средним параметрам по группе.

Таким образом, проведенные исследования показали, что у больных сколиозом в процессе коррекции деформации наблюдается неравномерность топографии микрососудистых изменений по глубине в оболочках спинного мозга. Тенденция к нарушению микроциркуляции более характерна для глубоких слоев оболочек спинного мозга. Это требует подбора адекватных анестезиологических условий операции (АД, гемодилюция), проведения антиагрегантной терапии, а также вазодилататоров у больных с тяжелыми формами сколиоза.

*Термографическая оценка тканей и особенности их нейровегетативной регуляции.* Характерными для термотопографии при сколиозе позвоночника были гипотермия паравертебральных зон среднегрудного и поясничного отделов и гипертермия преимущественно верхнегрудных об-



ластей как в паравертебральных, так и в более латеральных участках. Продольный градиент температуры между верхнегрудными и поясничными зонами составлял не менее  $0,5^{\circ}$ .

Результаты отражали повышение симпатической активности в грудно-поясничных зонах, сопутствующее дистрофическим тканевым процессам. Более выраженные измене-

ния отмечены у больных с IV степенью сколиоза. Была характерна также активация СВР кистей рук – гипотермия типа «высокие перчатки» у всех больных и термоампутация пальцев кистей рук у 1/3 больных (рис. 9). На объем и выраженность асимметрии термотопографии в латеральных областях спины оказывали отрицательное влияние степень искривления позвоночника, давность сколиоза и выраженность дистрофических изменений мышц, наличие болей, сопутствующей неврологической симптоматики. Через шесть месяцев и более после оперативного лечения при благоприятном послеоперационном течении отмечалась более равномерная термотопография паравертебральных зон, продольный градиент температуры составлял менее  $0,2^{\circ}$  у 2/3 пациентов (рис. 10). Это свидетельствовало о тенденции к нормализации вегетативной сегментарной регуляции. Амплитуда СВР была более инертна, что отражает сохранение надсегментарных вегетативных проявлений конституциональной природы.

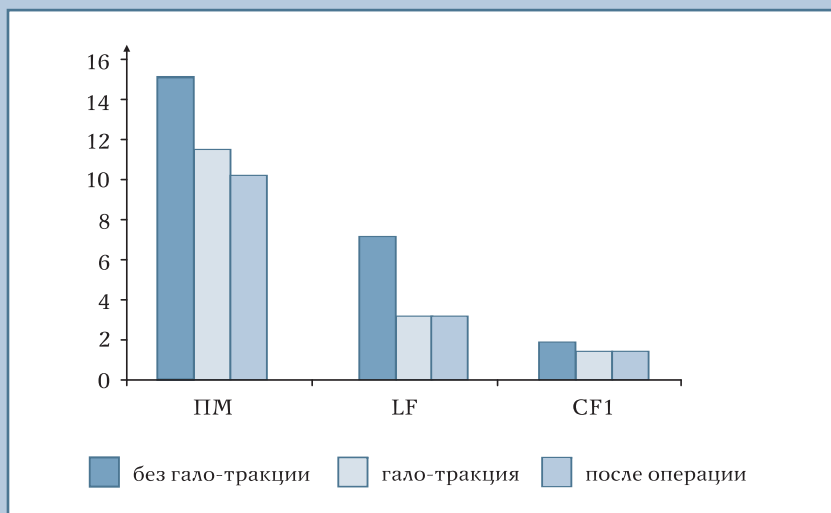


Рис. 8

Динамика лазерной доплеровской флоуметрии у пациента с IV степенью сколиоза до и после коррекции деформации в системе гало-пелвик и после дорсальной коррекции CDI: PM – показатель микроциркуляции; LF – миогенный ритм; CF1 – сердечный ритм

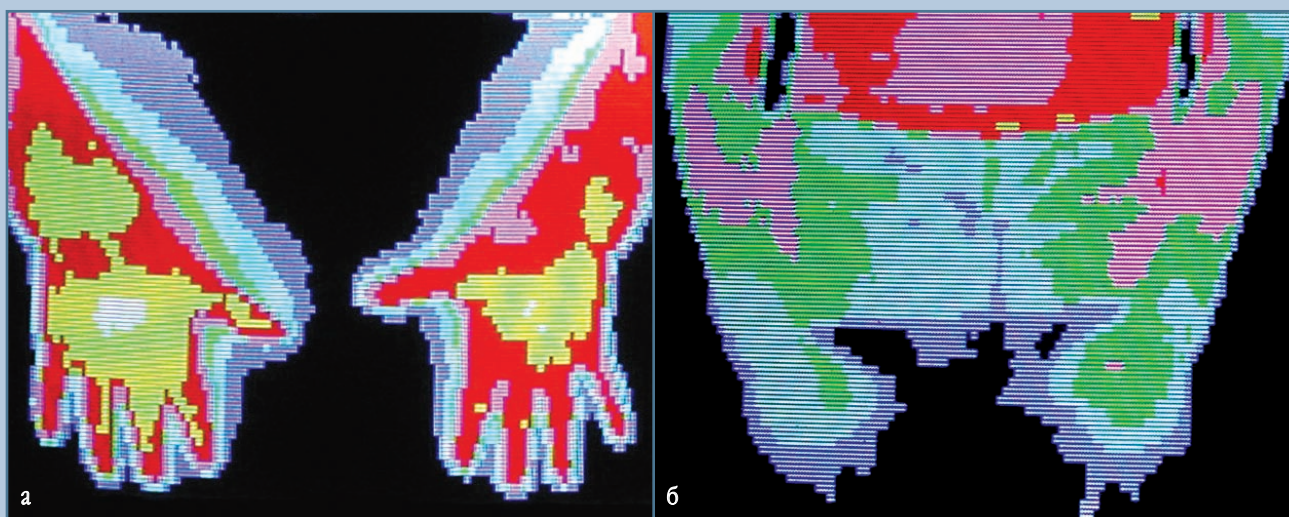


Рис. 9

Термотопограмма кистей рук до операции:

а – норма (2/3 пациентов);

б – термоампутация пальцев кистей рук и гипотермия типа «высокие перчатки» (1/3 пациентов)

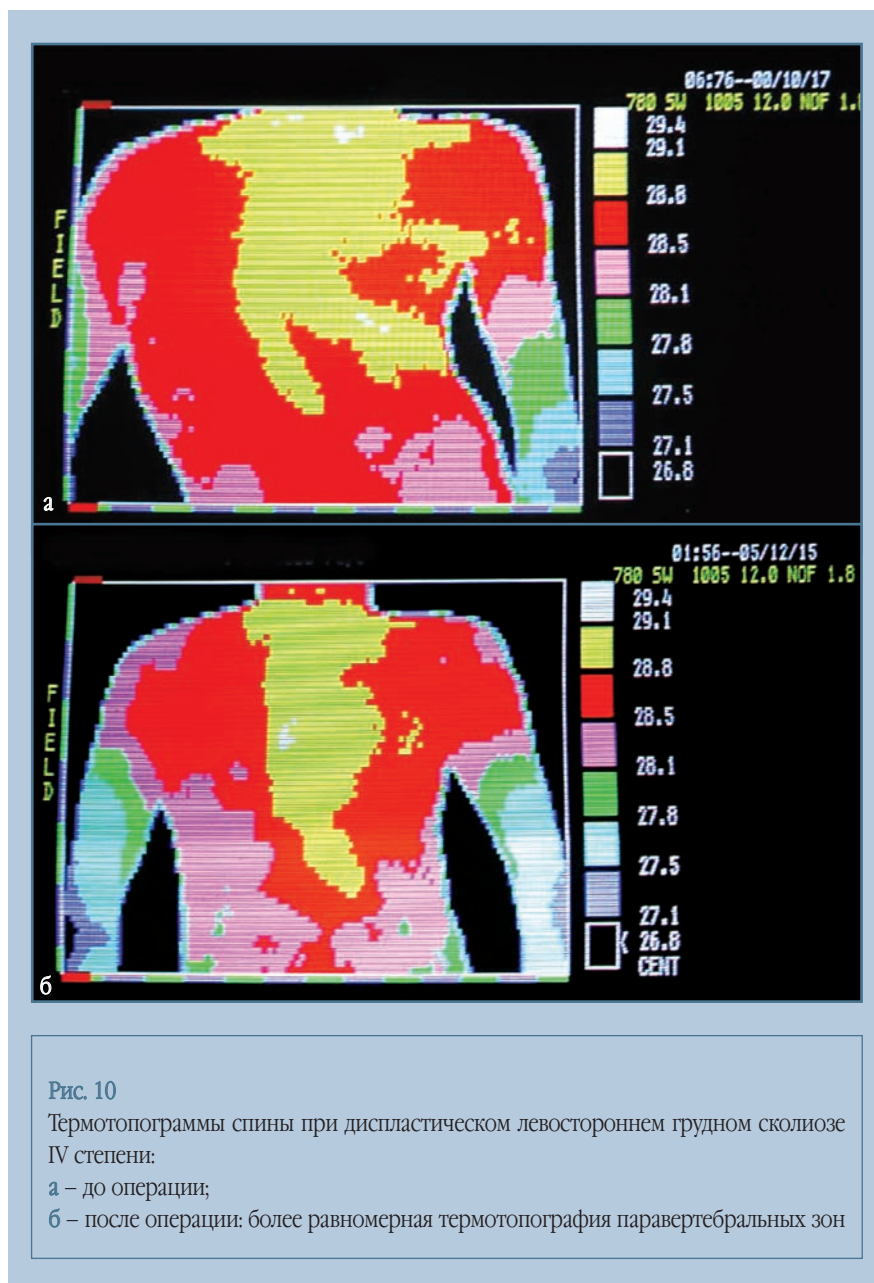


Рис. 10

Термотопограммы спины при диспластическом левостороннем грудном сколиозе IV степени:

а – до операции;

б – после операции: более равномерная термотопография паравертебральных зон

## Заключение

Анализ данных спинальной ангиографии у больных с кифосколиозом свидетельствует об индивидуальной организации спинального кровоснабжения у каждого конкретного больного, которая зависит от варианта, типа кровоснабжения и отношения расположения спинальных артерий к уровню сколиотической деформации.

При постепенном развитии деформации позвоночника и позвоночного канала происходит адаптация

системы спинального кровоснабжения. Изменение направления магистрального кровотока в системе кровоснабжения спинного мозга проявляется появлением задних спинальных артерий, а также ретроградного контрастирования артерии Адамкевича и передней спинальной артерии при ангиографическом исследовании.

На основании полученных ангиографических данных видно, что система спинального кровоснабжения у больных сколиозом представляет собой саморегулирующийся механизм

гемодинамических взаимодействий, степень компенсации которого зависит от локализации афферентных спинальных артерий, деформации позвоночного канала и проходимости системы передней спинальной артерии как основного русла кровоснабжения спинного мозга на всех его уровнях.

Возможность коллатерального кровоснабжения спинальных артерий делает их относительно независимыми от состояния межреберной или поясничной артерии, изначально являющейся их основным источником. Непрерывность системы передней спинальной артерии груднопоясничного отдела спинного мозга дает возможность компенсации кровоснабжения по всей его длине до тех пор, пока позволяет просвет позвоночного канала. При уменьшении просвета и сдавлении системы передней спинальной артерии происходит компенсация кровотока по передним и задним радикуломедулярным артериям в пределах соответствующих отделов спинного мозга.

Исследование микроциркуляции в оболочках спинного мозга показало, что при относительно легких сколиозах после коррекции CDI отмечается улучшение показателей микроциркуляции. При крайне тяжелых сколиозах имеется тенденция к нарушению кровообращения в более глубоких слоях оболочек. При этом даже при постепенной коррекции грубых деформаций позвоночника в системе гало-пельвик имеются признаки некоторого ухудшения микроциркуляции.

Метод термографии эффективен для характеристики микроциркуляции тканей и ее нейровегетативной регуляции. Выявлено, что нормализация вегетативной сегментарной регуляции в послеоперационном периоде произошла у 2/3 обследованных больных. Надсегментарные вегетативные проявления при сколиозе (активация СВР) в послеоперационном периоде не претерпевали изменений.

## Литература

1. Богородинский Д.К., Скоромец А.А. Инфаркты спинного мозга. Л., 1973.
2. Вильховой В.Ф. Рентгеноанатомический атлас сосудов. Киев, 1975.
3. Копылов В.С., Квашин А.И., Потапов В.Э. Влияние оперативной коррекции позвоночника на положение аорты и крупные висцеральные сосуды у больных сколиозом / Адаптация различных систем организма при сколиотической деформации позвоночника. Методы лечения: Тез. докл. Междунар. симпозиума. М., 2003. С. 44–45.
4. Копылов В.С., Квашин А.И., Потапов В.Э. и др. Изменение положения почек и почечных артерий при деформации в поясничном и груднопоясничном отделах позвоночника / Адаптация различных систем организма при сколиотической деформации позвоночника. Методы лечения: Тез. докл. Междунар. симпозиума. М., 2003. С. 46–47.
5. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови. М., 2005.
6. Лазорт Г., Гуазе А., Джинджян Р. Васкуляризация и гемодинамика спинного мозга. М., 1977.
7. Левантовский М.И. Сосудистая система спинного мозга: Рук-во по неврологии. М., 1957. Т. 1. Кн. 2.
8. Мовшович И.А. Сколиоз: Хирургическая анатомия и патогенез. М., 1964.
9. Сяярчик Л.И. Клинико-анатомические данные к вопросу о сосудистых поражениях спинного мозга: Дис. ... д-ра мед. наук. Л., 1947.
10. Скоромец А.А. Клиника ишемических состояний и инфарктов в пояснично-крестцовом отделе спинного мозга: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Л., 1967.
11. Скоромец А.А. Нарушения спинно-мозгового кровообращения. Кишинев, 1980.
12. Скоромец А.А., Тиссен Т.П., Панюшкин А.И. и др. Сосудистые заболевания спинного мозга. СПб., 1998.
13. Хохриков Г.И. Оценка спинального кровоснабжения в норме и при травме позвоночника по результатам ангиографических исследований анатомических препаратов: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2003.
14. Шевцов В.И., Шурова Е.Н., Худяев А.Т. и др. Особенности микроциркуляции оболочек спинного мозга на вершине деформации у больных с диспластическим сколиозом III–IV степени: VII съезд травматол.-ортопедов России: Тез. докл. Новосибирск, 2002. Т. 1. С. 179–180.
15. Adamkiewicz A. Die Blutgefäße des menschlichen Rückenmarkes. I Teil. Die Gefäße der Rückenmarksubstanz // Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien Math. Natur. Klass. 1881. Bd 84. S. 469–502.
16. Adamkiewicz A. Die Blutgefäße des menschlichen Rückenmarkes. I Teil. Die Gefäße der Rückenmarksubstanz // Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien Math. Natur. Klass. 1882. Bd 85. S. 101.
17. Jellinger K. Zur Orthologie und Pathologie der Rückenmarksdurchblutung. Wien; N. Y., 1966.
18. Lazorthes G., Oulhes J., Bastide G., et al. La vascularisation de la moelle epiniere // Rev. Neurol. (Paris). 1962. Vol. 106. P. 535.
19. Lazorthes G. Essai de classification physiopathologique des myelopathies vasculaires. Presse Med., 1963.
20. Lazorthes G., Gouaze A., Djinjian R. Vascularisation et circulation de la moelle epiniere. Masson, Paris, 1973.
21. Lazorthes G. Vascularization and vascular pathophysiology of the spinal cord // In: Holtzman R.N., Stein B.M. (eds.). Surgery of Spinal Cord. N. Y., 1992. P. 71–95.

## Адрес для переписки:

Ветрилэ Степан Тимофеевич  
125299, Москва, ул. Приорова, 10, ЦИТО,  
cito-spine@mail.ru