

## ОСОБЕННОСТИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КОЖНОГО ПОКРОВА В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ СПИНЫ ПОДРОСТКОВ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ

Щурова Е.Н., Горбач А.П.

*ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава Российской Федерации, Курган, e-mail: office@rncvto.ru*

Целью исследования было определить особенности капиллярного кровотока кожи в различных областях спины у подростков с идиопатическим сколиозом. В исследовании принимали участие 2 группы подростков: основная – 58 пациентов с идиопатическим сколиозом, в возрасте от 12 до 17 лет; контрольная – 22 здоровых подростка. Для оценки состояния капиллярного кровотока кожи спины использовали лазерную доплеровскую флоуметрию, которая была проведена в 12 точках исследования кожи спины (по паравертебральным и лопаточным линиям в верхнем, среднем и нижнем отделах спины). У подростков с идиопатическим сколиозом было определено снижение капиллярного кровотока кожи спины во всех точках исследования относительно показателей контрольной группы. Снижение перфузии по паравертебральным линиям в среднем отделе спины составляло 45–50% ( $p=0,000$ ), в нижнем – 42–43% ( $p=0,000$ ). В верхнем отделе отличия были менее выражены (19–21%,  $p=0,000$ ). Анализ кровотока в области лопаточных линий выявил меньшую степень снижения капиллярного кровотока: в среднем отделе – на 30–31% ( $p=0,000$ ); в нижнем отделе – 31–34% ( $p=0,000$ ); в верхнем отделе – 12–20% ( $p=0,000$ ). Максимальное падение кровотока регистрировалось по паравертебральной линии в среднем отделе спины (вершина основной дуги деформации) с вогнутой стороны (на 50%,  $p=0,000$ ). У подростков с идиопатическим сколиозом капиллярный кровоток кожи спины снижен в верхнем, среднем и нижнем отделах по паравертебральной и лопаточной линиям относительно показателей контрольной группы. Наибольшее уменьшение наблюдается по паравертебральным линиям в среднем (вершина деформации) и нижнем отделах спины.

Ключевые слова: идиопатический сколиоз; подростки, кожа спины, капиллярный кровоток кожи.

## FEATURES OF SKIN MICROCIRCULATION IN VARIOUS AREAS OF THE BACK IN ADOLESCENTS WITH IDIOPATHIC SCOLIOSIS

Shchurova E.N., Gorbach A.P.

*FSBI «National Ilizarov Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics» of the RF Ministry of Health, Kurgan, e-mail: office@rncvto.ru*

The aim of the study was to determine the features of capillary blood flow of the skin in various areas of the back in adolescents with idiopathic scoliosis. The study involved 2 groups of adolescents: the main group consisted of 58 patients with idiopathic scoliosis aged 12 to 17 years; the control group consisted of 22 healthy adolescents. To assess the condition of capillary blood flow of the skin of the back, laser Doppler flowmetry was used, which was carried out at 12 points of examination of the skin of the back (along the paravertebral and scapular lines in the upper, middle and lower back). In adolescents with idiopathic scoliosis, a decrease in capillary blood flow of the skin of the back was determined at all points of the study relative to the indicators of the control group. The decrease in perfusion along the paravertebral lines in the middle back was 45–50% ( $p=0.000$ ), in the lower – 42–43% ( $p=0.000$ ). In the upper division, the differences were less pronounced (19–21%,  $p=0.000$ ). Analysis of blood flow in the area of the scapular lines revealed a lower degree of decrease in capillary blood flow: in the middle section – by 30–31% ( $p=0.000$ ); in the lower section – 31–34% ( $p=0.000$ ); in the upper section – 12–20% ( $p=0.000$ ). The maximum drop in blood flow was recorded along the paravertebral line in the middle back (the apex of the main arch of deformation) from the concave side (by 50%,  $p=0.000$ ). In adolescents with idiopathic scoliosis, the capillary blood flow of the skin of the back is reduced in the upper, middle and lower sections along the paravertebral and scapular lines relative to the indicators of the control group. The greatest decrease is observed along the paravertebral lines in the middle (apex of deformation) and lower back.

Keywords: idiopathic scoliosis; adolescents, back skin, capillary blood flow of the skin.

Одним из наиболее распространенных ортопедических заболеваний подросткового периода является сколиотическая деформация позвоночника, которая в 80% случаев имеет идиопатическую природу [1]. В настоящее время идиопатический сколиоз является одной из

наиболее изучаемых ортопедических патологий позвоночника [2]. Основная часть тематических публикаций посвящена вопросам его этиологии, эпидемиологии и лечения.

С.П. Миронов с соавторами отмечали большой интерес к проблеме определения закономерностей изменения микроциркуляции в мягких тканях спины у пациентов со сколиотической деформацией позвоночника [3]. Проводились исследования капиллярного кровотока спинномозговых оболочек и мышц нижних конечностей у пациентов данной категории [4, 5].

Однако изучению состояния кожи спины у подростков с идиопатическим сколиозом посвящены единичные исследования [6, 7]. По-прежнему остается непроанализированным вопрос об особенностях микроциркуляции кожи в различных областях спины.

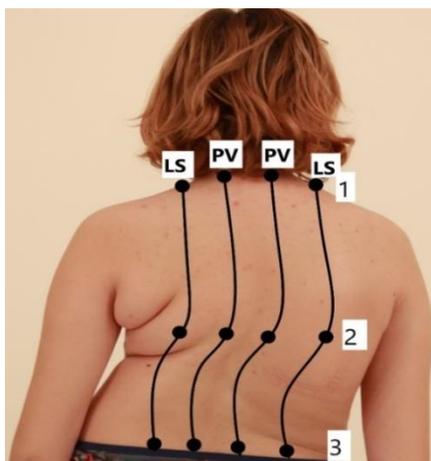
Цель исследования заключалась в том, чтобы определить особенности капиллярного кровотока кожного покрова в различных областях спины у подростков с идиопатическим сколиозом.

#### **Материал и методы исследования**

В процессе исследования были сформированы 2 группы подростков: основная и контрольная. Основную группу составили 58 подростков с идиопатическим сколиозом в возрасте 12–17 лет (в среднем  $15,2 \pm 1,6$  года). Величина основной дуги сколиотической деформации составляла  $57 \pm 26$  градусов по Cobb; компенсаторной противодуги –  $42 \pm 17$  градусов. 17 пациентов имели С-образную форму сколиотической дуги, 41 пациент – S-образную. Критериями включения для основной группы являлись: возраст пациентов от 12 до 17 лет; верифицированный диагноз «идиопатический сколиоз» по данным лучевого обследования позвоночника; добровольное согласие пациента или его представителя на участие в данном обследовании. Критериями исключения были: отсутствие обследования пациентов с помощью лучевых методов диагностики; сколиоз другой этиологии; проведенное ранее хирургическое лечение сколиотической деформации позвоночника; наличие наследственной и системной патологии.

Контрольная группа состояла из 22 здоровых подростков (I группа здоровья) в возрасте от 12 до 17 лет ( $15,1 \pm 2,11$  года). Критериями включения для контрольной группы были: возраст от 12 до 17 лет; добровольное согласие обследуемого или его представителя на участие в данном обследовании; отрицательный тест Адамса и отсутствие асимметрии костных ориентиров. Критериями исключения были: положительный тест Адамса и наличие асимметрии костных ориентиров; наличие наследственной и системной патологии; наличие заболеваний со стороны сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной и эндокринной систем, признаков инфекционных заболеваний.

Исследование кровотока кожи спины осуществляли с помощью лазерной доплеровской флоуметрии («Transonic Systems», США). Данный метод позволяет измерить капиллярный кровоток в объеме ткани около  $1 \text{ мм}^3$  (мл/мин\*100 г) на глубине 1–1,5 мм. Измерение проводилось в условиях комфортных температур (22–24°C) после периода адаптации. Регистрация кровотока выполнялась в 12 точках кожного покрова спины в положении лежа на животе, в течение не менее 60 секунд в каждой исследуемой области. Точки регистрации кровотока располагались в проекции пересечения паравертебральных и лопаточных линий и линий, проведенных перпендикулярно им, на уровне дерматомов C<sub>6</sub>-C<sub>7</sub>, Th<sub>6</sub>-Th<sub>8</sub>, L<sub>1</sub>-L<sub>2</sub> (рис. 1).



*Рис. 1. Фотография спины пациентки К., 15 лет. Диагноз: Юношеский идиопатический сколиоз. Идиопатический сколиоз Lenke 3BN тяжелой степени по James. Точки регистрации кровотока кожи спины: 1 – верхний отдел (позвонки С<sub>6</sub>-С<sub>7</sub>); 2 – средний отдел (вершина основной дуги деформации); 3 – нижний отдел (позвонки L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub>). Исследования выполняли в проекции паравертебральной (PV) и лопаточной линий (LS)*

Статистический анализ осуществляли с использованием пакета оценки данных Microsoft Excel 2010 с надстройкой Attestat. С помощью критерия Шапиро–Уилка и Колмогорова–Смирнова определяли нормальность распределения полученных показателей. В работе использовали параметрический и непараметрический принцип статистической обработки результатов исследования. Взаимосвязь между показателями определяли с помощью теста корреляции. Результаты корреляционного анализа представлены коэффициентом корреляции и уровнем значимости (р) с оценкой тесноты связи по шкале Чеддока. Критический уровень значимости составлял 0,05.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Показатели подростков с идиопатическим сколиозом по возрасту и росту статистически значимо не отличалась от показателей подростков контрольной группы (табл. 1). Однако вес и индекс массы тела (ИМТ) у пациентов с идиопатическим сколиозом были

меньше на 12% ( $p=0,01$ ) и 8% ( $p=0,008$ ) соответственно. Хотя, в целом, показатели в обеих группах соответствовали нормативным величинам.

Таблица 1

Характеристика обследуемых групп подростков

Показатели	Группы обследуемых		p
	Подростки с идиопатическим сколиозом	Здоровые подростки	
Количество наблюдений (n)	58	22	
Пол м/ж	11/47	12/10	
Возраст (годы)	12–17 (15,2±1,6)	12–17 (15,1±2,11)	0,12
Рост (м)	1,6±0,1	1,6±0,1	0,16
Вес (кг)	48,9±12,9	55,7±9,1*	0,01
ИМТ (кг/м <sup>2</sup> )	19,6±2,09	21,4±1,3*	0,008

Примечания: М – мужской, Ж – женский \* – статистическая значимость отличия показателей пациентов с идиопатическим сколиозом и здоровых подростков ( $p<0,05$ ).

Анализ результатов исследования капиллярного кровотока кожи спины у подростков с идиопатическим сколиозом определил очень важный факт: во всех точках исследования по паравертебральным и лопаточным линиям определялось статистически значимое снижение перфузии относительно показателей здоровых обследуемых (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение показателей кровотока кожного покрова спины (мл/мин\*100 г) обследуемых с идиопатическим сколиозом и здоровых подростков (Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>3</sub>])

Группы	Область исследования											
	С вогнутой стороны основной вершины деформации						С выпуклой стороны основной вершины деформации					
	Лопаточная линия			Паравертебральная линия			Лопаточная линия			Паравертебральная линия		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Подростки с ИС (n=58)	3,3 [2,6;3,6]	2,5 [2,1;3,0]	2,3 [2,2;2,9]	3,1 [2,4;3,5]	1,9 [1,7;2,4]	2,1 [1,9;2,6]	3,1 [2,4;3,5]	2,6 [2,2;3,1]	2,4 [2,2;2,8]	3,0 [2,3;3,5]	2,1 [1,8;2,6]	2,1 [1,8;2,5]
Здоровые подростки (n=22)	3,8 [3,6;3,9]	3,6 [3,4;3,8]	3,5 [3,3;3,8]	3,8 [3,6;3,9]	3,8 [3,6;3,9]	3,7 [3,5;3,8]	3,8 [3,6;3,9]	3,7 [3,4;3,8]	3,5 [3,3;3,6]	3,8 [3,6;3,9]	3,7 [3,6;3,8]	3,6 [3,4;3,8]
*p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Δ (%)	12	31	34	19	50	43	20	30	31	21	45	42

Примечания: I – верхний отдел; II – средний отдел; III – нижний отдел; ИС – идиопатический сколиоз. \* – статистически значимое отличие показателей пациентов с идиопатическим сколиозом и здоровых подростков,  $p<0,05$ . Δ (%) – величина отличия, выраженная в процентах.

Максимальное падение кровотока регистрировалось по паравертебральной линии в среднем отделе спины (вершина основной дуги деформации) как на вогнутой стороне (на 50%,  $p=0,000$ ), так и на выпуклой (на 45%,  $p=0,000$ ) (табл. 2). В нижнем отделе спины по этой линии также регистрируется значительное снижение кровотока: с вогнутой стороны – на 43%

( $p=0,000$ ); с выпуклой – на 42% ( $p=0,000$ ). В верхнем отделе спины уменьшение кровотока было выражено в меньшей степени: с вогнутой стороны – на 19% ( $p=0,000$ ); с выпуклой – на 21% ( $p=0,000$ ). По лопаточной линии снижение кровотока имеет меньшую степень изменений: в среднем отделе – на 30–31% ( $p=0,000$ ); в нижнем отделе – на 31–34% ( $p=0,000$ ); в верхнем отделе – на 12–20% ( $p=0,000$ ) (табл. 2).

Даже при небольших деформациях (от 14 до 30 градусов) кровотоки снижены в большинстве случаев и во всех точках исследования (табл. 3). Наибольшие различия показателей наблюдаются в проекции паравертебральных линий в средних и нижних отделах вогнутой и выпуклой сторон (табл. 3).

Таблица 3

Сравнение показателей кровотока кожного покрова спины (мл/мин\*100 г) подростков с идиопатическим сколиозом, имеющих угол деформации 14–30 градусов, и величин контрольной группы (Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>3</sub>])

Группы	Область исследования												
	Лопаточная линия						Паравертебральная линия						
	Вогнутая сторона			Выпуклая сторона			Вогнутая сторона			Выпуклая сторона			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Здоровые подростки n=22	3,8 [3,6;3,9]	3,6 [3,5;3,8]	3,5 [3,3;3,7]	3,8 [3,6;3,9]	3,7 [3,4;3,8]	3,5 [3,3;3,6]	3,8 [3,6;3,9]	3,8 [3,6;3,9]	3,7 [3,5;3,8]	3,8 [3,6;3,9]	3,7 [3,6;3,9]	3,6 [3,4;3,8]	
Подростки с ИС n=10	3,3 [2,8;3,6]	2,6 [2,1;2,9]	2,3 [2,1;2,7]	2,8 [2,2;3,4]	2,6 [2,3;2,9]	2,2 [2,0;2,5]	3,1 [2,5;3,4]	2,3 [1,8;2,6]	2 [1,9;2,2]	3,1 [2,6;3,5]	2 [1,6;2,3]	2,1 [1,9;2,5]	
p*	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
Δ (%)	13	28	34	26	30	37	18	39	46	18	46	42	

Примечания: I – верхний отдел; II – средний отдел; III – нижний отдел; ИС – идиопатический сколиоз. \* – статистически значимое отличие показателей пациентов с идиопатическим сколиозом и здоровых подростков,  $p<0,05$ ; Δ (%) – величина отличия, выраженная в процентах.

Сравнение величин кровотока на разных уровнях показало, что в среднем и нижнем отделах паравертебральных и лопаточных линий кровотоки снижены относительно показателей верхнего отдела ( $p<0,05$ ) (табл. 4). Показатели среднего и нижнего отделов статистически значимо не различаются. Исключение составляет нижний отдел по паравертебральной линии с вогнутой стороны, где показатели кровотока статистически значимо больше (на 9,5%,  $p=0,002$ ), чем в среднем отделе. Следует заметить, что минимальные величины были зарегистрированы в среднем отделе спины по паравертебральной линии с вогнутой стороны. Анализ влияния на кровотоки стороны исследования определил, что во всех точках измерения показатели статистически значимо не различались на вогнутой и выпуклой стороне ( $p>0,05$ ) (табл. 4).

Обобщенный анализ показателей кровотока всей выборки подростков с идиопатическим сколиозом определил, что в среднем отделе спины (вершина деформации) по паравертебральной линии, как с вогнутой, так и с выпуклой стороны, в большинстве случаев кровотока было меньше показателей контрольной группы: с вогнутой стороны – в 93,6% случаев; с выпуклой – в 91,4%. Кроме того, кровотока в среднем отделе спины с вогнутой стороны по паравертебральной линии находился в обратной корреляционной взаимосвязи с величиной угла деформации (рис. 2). Кровотока на выпуклой стороне не коррелировал с величиной деформации ( $p=0,70$ ).

Таблица 4

Показатели кровотока кожного покрова спины (мл/мин\*100 г) подростков с идиопатическим сколиозом (Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>3</sub>], n=58)

Область исследования											
С вогнутой стороны основной вершины деформации						С выпуклой стороны основной вершины деформации					
Лопаточная линия			Паравертебральная линия			Лопаточная линия			Паравертебральная линия		
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
3,3	2,5	2,3	3,1	1,9	2,1	3,1	2,6	2,4	3,0	2,1	2,1
[2,6;	[2,1;	[2,2;	[2,4;	[1,7;	[1,9;2,]	[2,4;	[2,2;	[2,2;	[2,3;	[1,8;	[1,8;
3,6]	3,0]	2,9]	3,5]	2,4]		3,5]	3,1]	2,8]	3,5]	2,6]	2,5]
Δp=0,000	*p=0,000	#p=0,38	Δp=0,000	*p=0,000	#p=0,002	Δp=0,000;	*p=0,01;	#p=0,15;	Δp=0,000;	*p=0,000;	#p=0,831
						«p=0,42	«p=0,42	«p=0,95	«p=0,98	«p=0,20	«p=0,26

Примечания: I – верхний отдел; II – средний отдел; III – нижний отдел; Δ – сравнение показателей верхнего отдела с величинами дистального отдела; \* – сравнение показателей среднего отдела с величинами верхнего отдела; # – сравнение показателей дистального отдела с величинами среднего отдела; « – сравнение показателей с выпуклой стороны деформации и с величинами с вогнутой стороны.

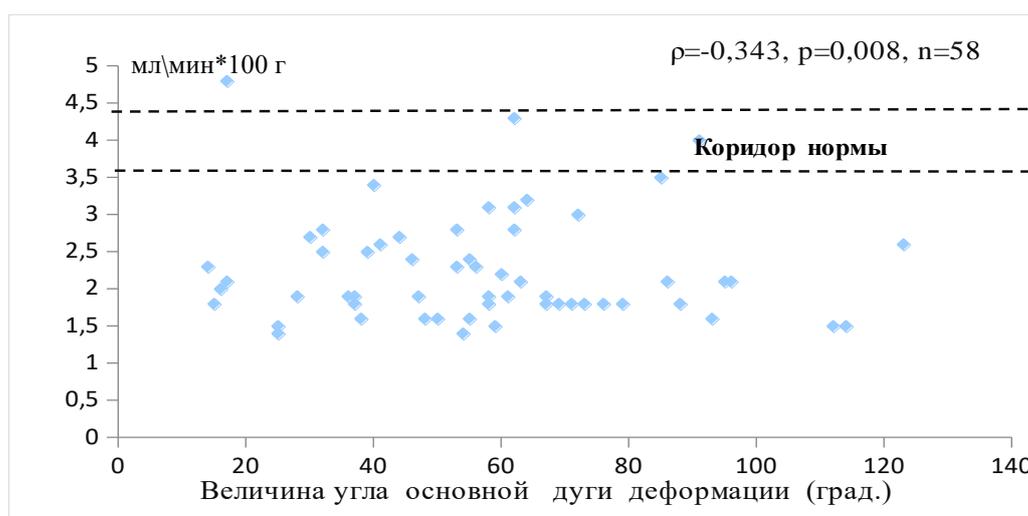


Рис. 2. Капиллярный кровоток кожи спины в среднем отделе (область вершины деформации) по паравертебральной линии с вогнутой стороны у подростков с идиопатическим сколиозом

В проекции лопаточных линий среднего отдела также в большинстве случаев кровотока был меньше показателей коридора нормы: с вогнутой стороны – в 84,5% случаев; с выпуклой – в 78%. Отсутствовала взаимосвязь величины деформации и кожного кровотока ( $p < 0,05$ )

В нижнем отделе спины, как по паравертебральным, так и по лопаточным линиям с вогнутой и выпуклой сторон, также регистрировалось, в большинстве случаев, наличие кровотока за пределами коридора нормы (меньше): по паравертебральным линиям с вогнутой стороны – в 93,1% случаев, с выпуклой стороны – в 90% случаев; по лопаточным линиям с вогнутой стороны – в 87% случаев, с выпуклой – в 88% случаев. Не определялась взаимосвязь кровотока и величины основной дуги деформации в этих областях исследования ( $p < 0,05$ ).

В верхнем отделе спины по паравертебральным линиям с вогнутой и выпуклой стороны доля нормальных показателей увеличивалась, но по-прежнему большинство было меньше нормы: на вогнутой стороне – 78%, на выпуклой – 64%. Анализ показателей верхнего отдела по лопаточной линии определил дальнейшее увеличение количества показателей в пределах нормы и снижение доли уменьшенных показателей до 59% по вогнутой стороне и 54% – по выпуклой.

Исследование особенностей капиллярного кровотока кожи спины подростков с идиопатическим сколиозом показало, что капиллярный кровоток кожного покрова в верхнем, среднем и нижнем отделах по паравертебральным и лопаточным линиям был статистически значимо снижен относительно показателей здоровых сверстников.

Авторы В.Г. Черноземов и М.Г. Дудин с помощью метода УЗИ у 160 школьников (детей и подростков) со сколиозом также определили снижение скорости кровотока в конечностях, повышение частоты дисфункции митрального клапана и регургитации на клапане легочной артерии в сравнении с группой здоровых сверстников [8]. Перечисленные факты могут свидетельствовать о возможном наличии генерализованной дисплазии соединительной ткани, которая затрагивает и сердечно-сосудистую систему подростков с идиопатическим сколиозом.

Кроме того, в литературе можно найти информацию об описании микроциркуляции у детей 5–18 лет при наличии сколиоза (генез сколиоза и область исследования не указаны). Авторы данной работы пришли к заключению, что в этой группе детей присутствуют патологические изменения микроциркуляции, которые имеют ишемический характер [9]. Данные факты соотносятся с результатами исследований, полученными в ходе проведенной работы авторами статьи.

### **Заключение**

Таким образом, у подростков с идиопатическим сколиозом капиллярный кровоток кожного покрова спины снижен в верхнем, среднем и нижнем отделах по паравертебральной

и лопаточной линиям. Наибольшее уменьшение наблюдается по паравертебральным линиям в среднем (вершина деформации) и нижнем отделах спины. Кровоток на вогнутой и выпуклой стороне не имеет статистически значимых отличий. Наименьший уровень перфузии определяется на вершине деформации с вогнутой стороны по паравертебральной линии. Капиллярный кровоток в этой области имеет обратную взаимосвязь умеренного характера с величиной основной дуги деформации. В других областях исследования эта взаимосвязь отсутствует.

### Список литературы

1. Negrini S., Donzelli, S., Aulisa, A.G. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth // *Scoliosis and spinal disorders*. 2018. Vol. 13. № 1. P. 3. DOI: 10.1186/s13013-017-0145-8.
2. Виндерлих М.Е., Щеколова Н.Б. Прогнозирование прогрессирования сколиоза у детей и подростков по уровню серотонина в сыворотке крови // *Гений ортопедии*. 2023. Т. 29. № 3. С. 299-306. DOI: 10.18019/1028-4427-2023-29-3-299-306.
3. Миронов С.П., Ветрилэ С.Т., Нацвлишвили З.Г., Морозов А.К., Крупаткин А.И., Кулешов А.А., Хохриков Г.И., Ветрилэ М.С. Оценка особенностей спинального кровообращения, микроциркуляции в оболочках спинного мозга и нейровегетативной регуляции при сколиозе // *Хирургия позвоночника*. 2006. № 3. С. 38-48. DOI: 10.14531/ss2006.3.38-48.
4. Щурова Е.Н., Худяев А.Т., Коваленко П.И. Связь степени декомпенсации кровотока оболочек спинного мозга с величиной деформации позвоночника и результатами хирургического лечения у пациентов с идиопатическим сколиозом // *Хирургия позвоночника*. 2006. № 4. С. 26-32.
5. Шульман А.А., Скворцов А.П., Хасанов Р.Ф., Еремеев А.М., Шульман И.А., Яшина И.В., Огурцов С.В. Оценка функционального состояния мышц нижних конечностей при детском сколиозе // *Актуальные проблемы диагностики и лечения заболеваний и повреждений опорно-двигательного аппарата*. 2019. С. 75-76.
6. Гребенюк Л. А., Кобызев А. Е. Эхоморфометрические характеристики кожи человека при идиопатическом сколиозе // *Морфология*. 2014. Т. 146. № 4. С. 43-46.
7. Горбач Е.Н, Щурова Е.Н., Кобызев А.Е., Рябых С.О., Очирова П.В. Состояние температурно-болевого чувствительности и морфологические особенности кожи спины у больных идиопатическим сколиозом III-IV степени // *Российский физиологический журнал им. ИМ Сеченова*. 2015. Т. 101. № 3. С. 349-359.

8. Черноземов В.Г., Дудин М.Г. Результаты комплексного обследования детей со сколиозами I–II степени, проживающих в регионе Европейского Севера России // Хирургия позвоночника. 2006. № 1. С. 39-43. DOI: 10.14531/ss2006.1.39-43.
9. Тальковский Е.М., Коротеев В.В. Возможности новых методов физиокинезотерапии в медицинской реабилитации детей со сколиозом // Российский педиатрический журнал. 2022. Т. 3. № 1. С. 300.