



<https://doi.org/10.34883/PI.2025.14.4.024>



Морозов А.М.✉, Чичановская Л.В., Сорокикова Т.В., Богданова В.О.,
Васильева С.Д., Лаврова И.И.

Тверской государственный медицинский университет, Тверь, Россия

Возможности медицинской термографии при скрининге идиопатического сколиоза

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Морозов А.М. – разработка дизайна работы; Чичановская Л.В. – подготовка выводов; Сорокикова Т.В. – обсуждение полученных результатов; Богданова В.О., Васильева С.Д., Лаврова И.И. – анализ данных литературы.

Подана: 14.04.2025

Принята: 19.08.2025

Контакты: ammorozovv@gmail.com

Резюме

Диагностика идиопатического сколиоза является одной из актуальных проблем в области травматологии и ортопедии. В настоящее время основными методами скрининга данной патологии являются рентгенография, методы компьютерной и магнитно-резонансной томографии, вместе с этим из-за высокой лучевой нагрузки важно отметить необходимость изучения и внедрения в практику альтернативных диагностических методов. В настоящем исследовании представлены возможности медицинской термографии в качестве скринингового метода диагностики идиопатического сколиоза. В норме температура на симметричных участках тела может колебаться по различным причинам, в том числе и из-за анатомических особенностей развития мышц и опорно-двигательного аппарата, но не должна превышать разницу $0,3 \pm 0,1$ °C с обеих сторон в симметричных участках. Изменение температур на различных участках спины может свидетельствовать не только о наличии сколиоза, но также о наличии мышечных спазмов, грыж, протрузий и других патологических процессов. Помимо этого, важно добавить, что при наличии сколиоза изменения температуры на симметричных участках могут наблюдаться не только в области локализации патологического процесса, но и в нижележащих областях. Данные изменения можно зафиксировать методом медицинской термографии, поэтому изучение особенностей диагностики с помощью медицинской термографии может занять одно из ведущих мест в скрининге идиопатического сколиоза.

Ключевые слова: диагностика, медицинская термография, идиопатический сколиоз, температура, патология

Morozov A.✉, Chichanovskaya L., Sorokovikova T., Bogdanova V., Vasilieva S., Lavrova I.
Tver State Medical University, Tver, Russia

Opportunities of Medical Thermography in Idiopathic Scoliosis Screening

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Morozov A. – work design; Chichanovskaya L. – conclusions drawing; Sorokovikova T. – finding discussion; Bogdanova V., Vasilieva S., Lavrova I. – literature data analysis.

Submitted: 14.04.2025

Accepted: 19.08.2025

Contacts: ammorozovv@gmail.com

Abstract

The diagnosis of idiopathic scoliosis is one of the urgent challenges in the field of traumatology and orthopedics. Currently, the main methods of screening this pathology are radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging methods; at the same time, due to the high radiation exposure, it is important to note the need to study and introduce alternative diagnostic methods into practice. The present study presents opportunities of medical thermography as a screening method for the diagnosis of idiopathic scoliosis. Normally, the temperature in symmetrical parts of the body may fluctuate for various reasons, including anatomical features of muscle and musculoskeletal development, but should not exceed difference of 0.3 ± 0.1 °C with the reverse side in symmetrical areas. Changing temperatures in different parts of the back can indicate not only the presence of scoliosis, but also the presence of muscle spasms, hernias, protrusions and other pathological processes. In addition, it is important to add that in the presence of scoliosis, temperature changes in symmetrical areas can be observed not only in the area of localization of the pathological process, but also in the underlying areas. These changes can be recorded by medical thermography, so investigating diagnostic features of medical thermography can take one of the leading places in idiopathic scoliosis screening.

Keywords: diagnostics, medical thermography, idiopathic scoliosis, temperature, pathology

■ ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время сколиоз занимает одно из ведущих мест среди патологий опорно-двигательного аппарата и оказывает существенное влияние как на физическое, так и на эмоциональное состояние взрослых и детей [1, 2]. В 75–80% случаев сколиоз является идиопатическим, что затрудняет профилактику данного заболевания, поскольку нет конкретной причины его возникновения [3]. По данным литературных источников, распространенность идиопатического сколиоза в различных странах мира составляет около 2–4%, при этом чаще страдают структурной деформацией позвоночника именно девочки школьного возраста [4, 5]. Стоит отметить, что факторов, приводящих к развитию данной патологии, множество: наследственность, гормональные и метаболические нарушения, заболевания нервной системы, а также влияние окружающей среды [6, 7]. В настоящее время существует большое



количество методов диагностики идиопатического сколиоза, особенно часто применяется рентгенография, компьютерная томография и магнитно-резонансная томография, однако из-за выраженного действия лучевой нагрузки на организм человека данные методы нельзя использовать в качестве скрининга, в связи с этим необходим поиск безопасных и в то же время эффективных методов для решения данной задачи [8, 9].

В последнее время большое распространение получил метод медицинской термографии, который является бесконтактным и лишен главного недостатка основных диагностических методов – лучевой нагрузки на организм человека [9–11]. Медицинская термография является доступным, неинвазивным, простым в использовании методом диагностики, позволяющим визуализировать температурные показатели за счет улавливания инфракрасного излучения, испускаемого кожными покровами, и благодаря этому определять патологические процессы, происходящие в организме человека [12–14]. В случае развития определенной патологии изменяются кровообращение и метаболизм в пораженном участке тела, что влияет на изменение температурных показателей, которое и является важным диагностическим признаком [14, 15].

При идиопатическом сколиозе по причине деформации позвоночного столба и мышечного спазма происходит перераспределение температурных показателей, в связи с этим применение медицинской термографии в данном случае может стать одним из ведущих методов скрининга, учитывая все его преимущества [16, 17]. Однако, как и любой другой метод диагностики, тепловидение имеет определенные недостатки, которые стоит учитывать при выборе данного способа: отсутствие нормативных значений и влияние условий окружающей среды, которые могут в определенной степени исказить результаты [18].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить возможности скрининга идиопатического сколиоза с помощью метода медицинской термографии.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе настоящего исследования был проведен обзор отечественных и зарубежных литературных источников по проблеме развития современных и безопасных методов диагностики идиопатического сколиоза, а именно медицинской термографии. Поиск литературы осуществлялся в следующих базах данных: PubMed, elibrary, Cyberleninka. Было проведено исследование респондентов с помощью медицинского тепловизора «Пергамед-640» на базе кафедры общей хирургии ГБУЗ «ГКБ № 7» г. Твери в период 2024–2025 гг. Исследовательская группа состояла из 56 респондентов, из которых 28 женщин и 28 мужчин в возрасте от 18 до 23 лет и ростом от 157 до 180 см. Все участники были заранее проинформированы о содержании исследования и подписали форму согласия. Предварительно из исследования были исключены лица, принимающие препараты, нарушающие метаболизм костной ткани; страдающие гиперпаратиреозом; перенесшие переломы и операции за последние 5 месяцев; а также лица, страдающие ожирением, поскольку полученные результаты при проведении диагностики сколиоза у данных респондентов не позволяли достоверно установить исследуемое нарушение, помимо этого, в исследования не вошли

респонденты со сколиозом 3-й и 4-й степени по причине грубой деформации позвоночника и невозможности корректно обозначить точки температурных значений на термограмме.

Перед началом исследования всем респондентам были проведены предварительный осмотр, тест Адамса для дифференцировки структурного сколиоза от функционального и сколиозометрия с помощью прибора сколиометра, позволяющая достаточно точно определить степень тяжести исследуемого заболевания. При выполнении теста Адамса проводился медленный наклон тела респондента в положении спиной к исследуемому с опущенными при этом руками до 90 градусов, при этом учитывались выраженность асимметрии мышц и искривление линии позвоночника. При сохранении изменений позвоночника, выявленных в положении стоя, подтверждалась структурная форма сколиоза. Благодаря сколиометру определялся точный угол отклонения линии позвоночного столба во время наклона. Установка тяжести сколиоза включала следующие показатели: угол искривления, асимметрию надплечий и углов лопаток, асимметрию гребней подвздошных костей и наличие реберного горба.

После этого всем участникам была проведена термография с помощью тепловизора «Пергамед-640» со спектральным диапазоном 8–14, диапазоном рабочих температур от –40 до +50 на расстоянии 1,5 метра от прибора. Температура и влажность в помещении, где выполнялось исследование, контролировались на уровне 23 °C (± 2) и 55% соответственно. Тепловизионное сканирование проводилось в анатомическом положении. Показатели каждого пациента были зарегистрированы на трех снимках в цифровом виде для точности проведения данного метода диагностики. Асимметрия мышечного напряжения за счет деформации позвоночного столба у лиц со сколиозом сопровождается асимметрией распределения температур, поэтому температурные значения оценивались в 8 симметричных точках с 2 сторон, на которые оказывается максимальное давление в течение дня. Для определения данных точек по ходу позвоночного столба была проведена линия, соединяющая остистый отросток 7-го шейного позвонка с остистым отростком 5-го поясничного позвонка, что позволяло разделить заднюю поверхность тела на 2 части: правую (R) и левую (L), после чего на полученных термограммах в области трапециевидных мышц (L1, R1), подостных мышц (L2, R2), широчайшей мышцы спины (L3, R3), квадратной мышцы поясницы (L4, R4) обозначались симметрично температурные показатели в специальной компьютерной программе, режиме «Rainbow», позволяющем наиболее четко отметить участки патологии. Однако стоит подчеркнуть, что для определения конкретной точки на термограмме требуются дальнейшие исследования с определением методики, которая даст возможность более точной их установки.

Чтобы наглядно интерпретировать полученные данные, были составлены таблицы в программе Excel, что позволило определить разницу температурных показателей с помощью формулы $T_{cp} = |L_n - R_n|$, где L_n – выбранная точка с левой стороны спины, соответствующая конкретной мышце, R_n – выбранная точка с правой стороны, как для всех участников со сколиозом в целом, так и для каждой отдельной группы со сколиозом 1-й степени и сколиозом 2-й степени.

Далее была произведена обработка температурных показателей в процентном соотношении с помощью таблицы Excel, отмеченных в соответствующих точках L и R,



но по формулам $(L_n / L_y) \times 100 - 100$ и $(R_n / R_y) \times 100 - 100$ (%), где L_n и L_y – соответствующие мышцам точки слева, а R_n и R_y – соответствующие точки справа.

Расчет статистической разницы между значениями термографических точек производился на основе полученных положительных и отрицательных показателей с помощью t-критерия Стьюдента. Критический уровень значимости составлял $p < 0,05$, что позволяет говорить о достоверности исследования. В случае $p > 0,05$ результаты исследования считались недостоверными.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящем исследовании при оценке степени сколиоза у респондентов с помощью сколиометра было установлено, что у 55 (98%) исследуемых отмечается деформация позвоночного столба, у 1 участника (2%) искривлений линии позвоночника не наблюдалось, при этом у 34 исследуемых (62%) искривление угла сколиотической дуги составило от 7 до 14 °С (сколиоз 1-й степени), у 21 участника (38%) – от 15 до 20 °С (сколиоз 2-й степени). В соответствии с полученными данными все респонденты были разделены на 2 группы, соответствующие степени тяжести сколиоза (сколиоз 1-й степени и сколиоз 2-й степени соответственно).

В последующем были проведены тепловизионное сканирование с использованием тепловизора и анализ полученных результатов.

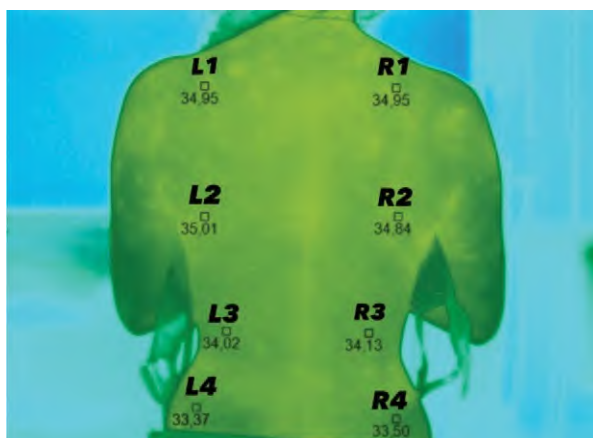


Рис. 1. Снимок респондента, не имеющего сколиоза
Fig. 1. Photograph of a respondent with no scoliosis

Таблица 1
Распределение температурных колебаний в норме
Table 1
Distribution of temperature fluctuations in the norm

Точки	Т ср.
L1, R1	0 °C
L2, R2	$\pm 0,17$ °C
L3, R3	$\pm 0,11$ °C
L4, R4	$\pm 0,13$ °C

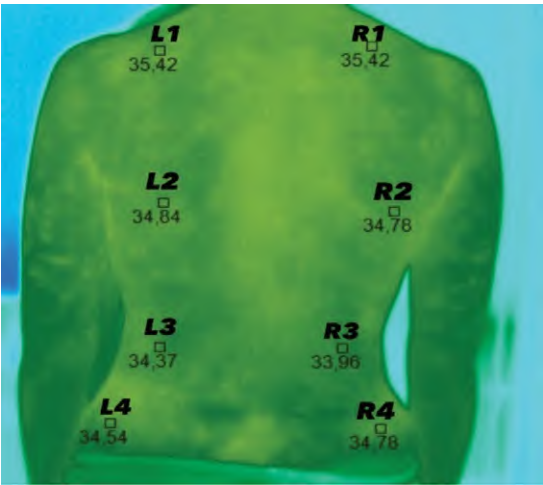


Рис. 2. Респондент со сколиозом 1-й степени
Fig. 2. Respondent with grade 1 scoliosis

Таблица 2
Разница температур у пациентов со сколиозом 1-й и 2-й степеней
Table 2
Temperature differences in patients with grade 1 and 2 scoliosis

Точки	Сколиоз 1-й степени	Сколиоз 2-й степени
L1, R1	0 °C	±0,43 °C
L2, R2	±0,06 °C	±0,67 °C
L3, R3	±0,41 °C	±0,67 °C
L4, R4	±0,24 °C	±0,42 °C

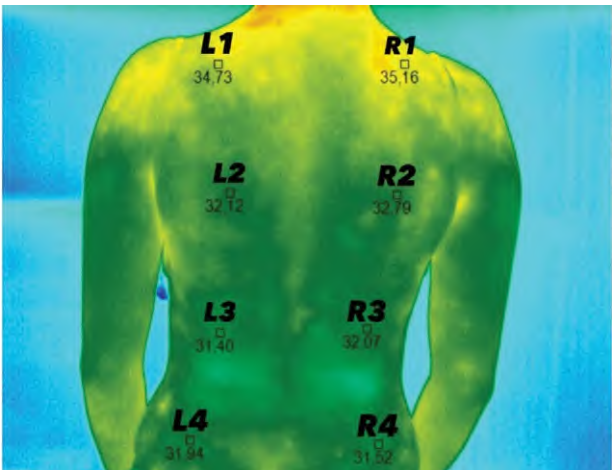


Рис. 3. Респондент со сколиозом 2-й степени
Fig. 3. Respondent with grade 2 scoliosis



На рис. 1 представлена термограмма исследуемого, не имеющего сколиоза, что подтверждается данными предварительного осмотра (асимметрия надплечий и углов лопаток и асимметрия тазобедренных суставов не отмечались, реберный горб отсутствовал), результатами теста Адамса и сколиометрии (угол отклонения позвоночного столба менее 5°). В норме температура на симметричных участках может колебаться по различным причинам, в том числе из-за анатомических особенностей развития мышц и опорно-двигательного аппарата, но не должна превышать разницу $0,3 \pm 0,1^\circ\text{C}$ с обеих сторон в симметричных участках, что подтверждается исследованиями Ф. Роджио и соавторов (2023) и А. Любковской и соавторов (2020) [19, 20]. У данного участника исследования при расчете средних температурных показателей по формуле $T_{\text{ср.}} = |L_n - R_n|$ были получены результаты, соответствующие нормальным, то есть $<0,3^\circ\text{C}$ (табл. 1).

У людей, страдающих сколиозом, данный температурный показатель будет выше и будет варьироваться в зависимости от степени тяжести поражения и индивидуальных особенностей организма, что также подтверждается исследованием А. Любковской и соавторов (2020) [20].

Разница температурных значений у исследуемых со сколиозом 1-й степени (рис. 2) и 2-й степени (рис. 3) представлена в табл. 2 и подтверждает наличие сколиоза у данных пациентов, поскольку температурные колебания во всех участках превышают $0,3^\circ\text{C}$.

У исследуемого со сколиозом 1-й степени наблюдается отклонение среднего значения температур, которое составляет $0,41$, что может сигнализировать о наличии патологического очага именно в области широчайшей мышцы спины. В случае пациента со сколиозом 2-й степени можно предполагать следующее: по причине более выраженной деформации мышечный спазм затрагивает все исследуемые области, что и отражается в цифровых значениях термограммы. Однако стоит отметить, что в случае со сколиозом 2-й степени установить конкретный средний температурный показатель, отражающий наличие данной патологии, на данном этапе исследования достаточно сложно, что связано с распространенной локализацией патологического процесса и различной степенью его выраженности. Усредненный показатель ($0,3^\circ\text{C}$) позволяет говорить только о наличии исследуемой патологии у респондента.

Изменение температур на различных участках спины может свидетельствовать не только о наличии сколиоза, но также о наличии мышечных спазмов, грыж, протрузий и других патологических процессов [21, 22]. Также важно добавить, что при наличии сколиоза изменения в температурах на симметричных участках могут наблюдаться не только в области локализации патологического процесса, но и в нижележащих участках, о чем свидетельствует исследование Ш.Ю. Ценга и соавторов (2024) [23].

Для выявления усредненного значения разницы температур для всех респондентов со сколиозом были составлены таблицы Excel, позволившие определить данный показатель. Результаты представлены в табл. 3.

Средняя разница температур на левом и правом участках трапецевидных мышц составила $\pm 0,32^\circ\text{C}$ (L1, R1), колебания температур на уровне подостных мышц составили $\pm 0,37^\circ\text{C}$ (L2, R2), разница между симметричными участками на широчайших мышцах спины составила $0,44^\circ\text{C}$ (L3, R3), колебания температур на участках квадратных мышц поясницы (L4, R4) составили $0,4^\circ\text{C}$. Данные результаты позволили еще раз

Таблица 3
Разница температурных показателей у всех пациентов со сколиозом
Table 3
Differences in temperature readings in all patients with scoliosis

Точки	Т средняя
L1, R1	±0,32 °C
L2, R2	±0,37 °C
L3, R3	±0,44 °C
L4, R4	±0,4 °C

подтвердить наличие сколиоза у всех исследуемых с предварительным диагнозом «сколиоз».

После этого были рассмотрены показатели температурных колебаний на симметричных участках спины в группах пациентов с каждой из установленных степеней тяжести сколиоза отдельно.

При анализе данных с помощью таблицы Excel были получены следующие результаты: у пациентов, входивших в группу с 1-й степенью сколиоза, колебания температур в точках L1, R1 составили ±0,33 °C; L2, R2 – ±0,33 °C; L3, R3 – ±0,46 °C; L4, R4 – ±0,45 °C, в то время как у пациентов со 2-й степенью сколиоза данные были иными: в точках L1, R1 – ±0,32 °C; L2, R2 – ±0,44 °C; L3, R3 – ±0,42 °C, L4, R4 – ±0,31 °C (табл. 4).

Исходя из полученных результатов, можно предположить, что при сколиозе 1-й степени более выраженные патологические процессы локализованы именно в области поясницы (широчайшая мышца спины и квадратная мышца поясницы), на которую идет постоянная нагрузка в течение дня. В случае сколиоза 2-й степени патологические процессы локализованы выше, а именно в области подостных мышц и широчайшей мышцы спины, что также может быть связано с нарушением осанки и постоянным ношением тяжелых вещей на одном из плеч.

Поскольку при сколиозе происходит деформация позвоночного столба, точно определить симметричность точек с двух сторон спины человека невозможно, что в свою очередь отрицательно влияет на достоверность результатов исследования, в связи с этим для подтверждения искривления и более точной диагностики сколиоза было решено оценивать разницу температурных показателей в процентном соотношении в точках, стоящих перпендикулярно (L1-L4 и R1-R4) указанной ранее вертикальной линии (от 7-го шейного позвонка до 5-го поясничного), по формулам $(L_n / L_y) \times 100 - 100$ и $(R_n / R_y) \times 100 - 100$ (%), где L_n и L_y – соответствующие мышцам точки слева, а R_n и R_y – соответствующие точки справа. При искривлении позвоночника

Таблица 4
Среднее значение разниц температур у респондентов со сколиозом 1-й и 2-й степени
Table 4
Average temperature differences in respondents with grades 1 and 2 scoliosis

Точки	Сколиоз 1-й степени (Т ср.)	Сколиоз 2-й степени (Т ср.)
L1, R1	±0,33 °C	±0,46 °C
L2, R2	±0,33 °C	±0,44 °C
L3, R3	±0,46 °C	±0,42 °C
L4, R4	±0,45 °C	±0,31 °C



происходит усиление спазма мышц, что будет влиять на показатель температурных колебаний в точках, где данный процесс наиболее выражен. По процентной разнице достаточно точно можно определить, насколько сильно происходит развитие и тяжесть течения данного заболевания, а также на какую из сторон спины оказывается наиболее сильная нагрузка (табл. 5, 6).

Анализируя табл. 5, можно отметить, что наиболее выраженные процентные изменения наблюдаются в диапазоне точек L1-L3, L1-L4, R1-R3, R1-R4, что может свидетельствовать о выраженных патологических процессах, связанных с нарушением кровообращения в данных областях в связи с деформацией позвоночного столба. При оценке процентной разницы в целом наиболее выраженные изменения можно наблюдать справа, что может быть связано с перегрузкой данной области при неправильном ношении тяжелых предметов. Снижение процентной разницы в точках L3-L4 и R3-R4 может быть связано с низкими температурными значениями на термограммах по причине выраженного спазма в области поясницы.

Исходя из данных табл. 6, можно заметить, что наиболее выраженные процентные изменения наблюдаются в точках L1-L3, L1-L4, R1-R3, R1-R4, как и в случае со сколиозом 1-й степени. Однако стоит отметить среднюю процентную разницу, которая указывает на то, что происходят многочисленные изменения по всей спине,

Таблица 5
Распределение температурных показателей в процентном соотношении у респондентов со сколиозом 1-й степени

Table 5
Distribution of temperature readings as a percentage among respondents with grade 1 scoliosis

Точки	Процентное соотношение, %	Точки	Процентное соотношение, %
L1-L2	2,77	R1-R2	2,75
L1-L3	4,18	R1-R3	4,06
L1-L4	3,88	R1-R4	4,24
L2-L3	1,37	R2-R3	1,29
L2-L4	1,09	R2-R4	1,46
L3-L4	-0,26	R3-R4	0,18
Среднее значение	1,25	Среднее значение	1,46

Таблица 6
Распределение температурных показателей в процентном соотношении у респондентов со сколиозом 2-й степени

Table 6
Distribution of temperature readings as a percentage among respondents with grade 2 scoliosis

Точки	Процентное соотношение, %	Точки	Процентное соотношение, %
L1-L2	1,26	R1-R2	1,31
L1-L3	2,83	R1-R3	2,53
L1-L4	2,95	R1-R4	2,63
L2-L3	1,55	R2-R3	1,21
L2-L4	1,72	R2-R4	1,32
L3-L4	0,17	R3-R4	0,11
Среднее значение	0,72	Среднее значение	0,71

Таблица 7
Статистическая значимость результатов исследования в виде процентных изменений между термометрическими точками
Table 7
Statistical innovativeness of the research results in the form of percentage changes between thermometric points

Тяжесть заболевания	Точки	«+»%	«-»%	Уровень статистической значимости
Сколиоз 1-й степени	L1-L2	88%	12%	p<0,001*
	L1-L3	97%	3%	p<0,001*
	L1-L4	88%	12%	p<0,001*
	L2-L3	82%	18%	p<0,001*
	L2-L4	71%	29%	p<0,001*
	L3-L4	41%	59%	p>0,05
	R1-R2	88%	12%	p<0,001*
	R1-R3	100%	0%	p<0,001*
	R1-R4	91%	9%	p<0,001*
	R2-R3	76%	24%	p<0,001*
	R2-R4	74%	26%	p<0,001*
	R3-R4	50%	50%	P=1,0
Сколиоз 2-й степени	L1-L2	81%	19%	p<0,001*
	L1-L3	86%	14%	p<0,001*
	L1-L4	90%	10%	p<0,001*
	L2-L3	86%	14%	p<0,001*
	L2-L4	76%	24%	p<0,001*
	L3-L4	52%	48%	p>0,05
	R1-R2	86%	14%	p<0,001*
	R1-R3	95%	5%	p<0,001*
	R1-R4	86%	14%	p<0,001*
	R2-R3	81%	19%	p*<0,001*
	R2-R4	67%	33%	p*<0,001*
	R3-R4	52%	48%	p>0,05

Примечание: * результат исследования статистически значим при p<0,05.

что отображается в температурных показателях и процентном соотношении, это может быть связано с тем, что искривление в данном случае особенно выражено и оказывает значительное влияние на весь мышечный слой.

Исходя из полученных результатов, подтверждение наличия сколиоза становится более точным.

Анализируя результаты табл. 7, где производилось сравнение количества положительных и отрицательных процентных значений между показателями, можно сделать вывод, что данное исследование является статистически значимым (p<0,001), наличие отрицательных значений наиболее часто наблюдалось в точках L3-L4 и R3-R4, что связано с вариабельностью низких температурных колебаний, обусловленных спазмом мышц поясницы. Данная закономерность отражается на уровне статистической значимости (p>0,05), в связи с чем при проведении термографического



метода данные точки могут не рассматриваться для получения более достоверного и точного результата.

Таким образом, можно прийти к заключению, что наиболее правильным и точным методом является определение разницы температур в процентных значениях в точках спины, перпендикулярных линии, идущей от остистого отростка 7-го шейного позвонка до 5-го поясничного позвонка на соответствующей стороне, поскольку наличие деформированной линии позвоночника не дает возможности выбрать симметричные точки, что в свою очередь искажает результаты. Уровень значимости в случае расчета процентной разницы между термографическими точками составлял $p < 0,001$ (за исключением точек L3-L4, R3-R4), что говорит о высокой достоверности исследования и возможности применения данной методики при скрининге идиопатического сколиоза.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение медицинской термографии как скринингового метода идиопатического сколиоза представляет собой актуальный вопрос современной ортопедии, так как данный метод характеризуется высокой точностью, быстротой и доступностью, а также отличается отсутствием лучевой нагрузки, что также особо важно, поскольку основными пациентами являются дети и подростки.

Установленные диагностические параметры при исследовании области спины с помощью тепловизора позволяют определить отдельные области поражения, вместе с этим, учитывая недостатки, связанные с отсутствием нормативных данных и сложностью определения конкретных точек для выставления их на термограмме для последующего расчета разницы температур, необходимы дальнейшие исследования по данной проблематике с установкой конкретной методики для диагностики идиопатического сколиоза. После решения поставленных задач возможно повсеместное внедрение данного метода скрининга, использование которого с определенной вероятностью будет доступно и для среднего медицинского персонала.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Sergeenko O., Savin D., Molotkov Yu., Saifutdinov M. The use of MRI in the study of patients with idiopathic scoliosis: a systematic review of the literature. *Russian Journal of Spine Surgery*. 2022;19(4):30–39. doi: 10.14531/ss2022.4.30-39 (in Russian)
2. Diachkova G., Zeynalov Yu., Burtsev A., Diachkov K., Larionova T. MRI semiotics of para-vertebral muscles changes in patients with idiopathic scoliosis. *Radiology – Practice*. 2023;6:34–49. doi: 10.52560/2713-0118-2023-6-34-49 (in Russian)
3. Levkov V., Andronova L., Shavyrin I., Panyukov M., Butorina A., Polyayev B., Lobov A. «Conscious correction of scoliosis and posture disorders» in the complex rehabilitation treatment of degrees 1–3 thoracic spine idiopathic scoliosis. *Medical Journal of the Russian Federation, Russian Journal*. 2021;27(4):349–354. (in Russian) doi: 10.17816/0869-2106-2021-27-4-349-354
4. Nolte M., Louie P., Harada G., Khan J., Ferguson J., Dewald C., An H. Sagittal Balance in Adult Idiopathic Scoliosis. *Clinical Spine Surgery*. 2020;33(2):53–61. doi: 10.1097/BSD.0000000000000940
5. Yaokreh J., Yapou Kouamé G., Ali C., Odéhourri-Koudou T., Ouattara O. Epidemiological and diagnostic characteristics of scoliosis in children in a single tertiary centre in Abidjan. *African Journal of Paediatric Surgery*. 2022;19(3):171–175. doi: 10.4103/ajps.AJPS_62_21
6. Molotkov Yu., Evsyukov A., Ryabykh S., Savin D. Impact of non-surgical factors on treatment results of patients with idiopathic scoliosis according to SRS-22 data (systematic review). *Genij Ortopedii*. 2024;30(4):608–619. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-4-608-619 (in Russian)
7. Oetgen M.E., Heyer J.H., Kelly S.M. Scoliosis Screening. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgery*. 2021;29(9):370–379. doi: 10.5435/JAAOS-D-20-00356
8. Kesztyüs D., Brucher S., Wilson C., Kesztyüs T. Use of Infrared Thermography in Medical Diagnosis, Screening, and Disease Monitoring: A Scoping Review. *Medicina (Kaunas)*. 2023;59(12):2139. doi: 10.3390/medicina59122139
9. Sergeev A., Morozov A., Charyev Yu., Belyak M. On the possibility of using medical thermography in clinical practice. *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2022;25(4):82–88. doi: 10.17116/profmed2022504182 (in Russian)

10. Sushkov A., Maltseva A., Rudakov V., Gubarev K., Voskanyan S. The use of infrared thermography in organ donation and transplantation: state of the issue and own results. *Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky Journal*. 2021;9(2):96–107. doi: 10.33029/2308-1198-2021-9-2-96-107 (in Russian)
11. Pronin I., Shcherbakov M. The applications of medical thermography in alfitotherapy. *Biomedicine Radioengineering*. 2021;24(1):22–28. doi: 10.18127/j15604136-202101-03 (in Russian)
12. Makashova N., Vasilyeva A., Kolosova O., Morozova N. Possibilities of the Thermography in Early Diagnostics of Bleb Scarring (Preliminary Report). *Ophthalmology in Russia*. 2021;18(2):290–295. doi: 10.25276/2312-4911-2020-4-138-139 (in Russian)
13. Leontiou T., Frixou A., Charalambides M., Stiliaris E., Papanicolas C.N., Nikolaidou S., Papadakis A. Three-Dimensional Thermal Tomography with Physics-Informed Neural Networks. *Tomography*. 2024;10(12):1930–1946. doi: 10.3390/tomography10120140
14. Marchenko R., Terekhov I., Yonik E., Anosov A., Erofeev A. Study of uneven distribution of surface temperature of the human body using an infrared thermometer based on temperature measurement with a brush. *Journal of Radio Electronics*. 2023;9. doi: 10.30898/1684-1719.2023.9.7 (in Russian)
15. Strasse W.A., Campos D.P., Mendonça C.J.A., Soni J.F., Mendes J., Nohama P. Detecting bone lesions in the emergency room with medical infrared thermography. *Biomedical Engineering*. 2022;21(1):35. doi: 10.1186/s12938-022-01005-7
16. Kumar P., Gaurav A., Rajnish R.K., Sharma S., Kumar V., Aggarwal S., Patel S. Applications of thermal imaging with infrared thermography in Orthopaedics. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. 2021;24:101722. doi: 10.1016/j.jcot.2021.101722
17. Angrisani L., De Benedetto E., Duraccio L., Lo Regio F., Ruggiero R., Tedesco A. Infrared Thermography for Real-Time Assessment of the Effectiveness of Scoliosis Braces. *Sensors (Basel)*. 2023;23(19):8037. doi: 10.3390/s23198037
18. Morozov A., Mokhov E., Kadykov V., Panova A. Medical thermography: capabilities and perspectives. *Kazan medical journal*. 2018;99(2):264–270. doi: 10.21518/2079-701X-2022-16-6-256-263 (in Russian)
19. Roggio F., Petrigna L., Filetti V., Vitale E., Rapisarda V., Musumeci G. Infrared thermography for the evaluation of adolescent and juvenile idiopathic scoliosis: A systematic review. *Journal of Thermal Biology*. 2023;113:103524. doi: 10.3233/BMR-230234
20. Lubkowska A., Gajewska E. Temperature Distribution of Selected Body Surfaces in Scoliosis Based on Static Infrared Thermography. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(23):8913. doi: 10.3390/ijerph17238913
21. Vinderlikh M., Schekolova N. Use of thermal imager in complex diagnosis and treatment of musculoskeletal system diseases: literature review. *Perm Medical Journal*. 2020;37(4):54–61. doi: 10.17816/pmj37454-61 (in Russian)
22. Chichanovskaya L., Sorokovikova T., Morozov A., Kovalchuk Yu. Application of artificial intelligence technologies in neurology: a literature review. *Neurology and neurosurgery. Eastern Europe*. 2024;14(1):102–115. doi: 10.34883/Pl.2024.14.1.049 (in Russian)
23. Tseng S., Tseng C., Ko C., Chang Y., Lai C., Wang C. The back body temperatures of patients with idiopathic scoliosis measured through exercise. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2024;37(5):1163–1169. doi: 10.3233/BMR-230234