

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОВОЛНОВОЙ РАДИОТЕРМОМЕТРИИ КОЛЕННЫХ СУСТАВОВ У ДЕТЕЙ ПРИ ЮВЕНИЛЬНОМ ИДИОПАТИЧЕСКОМ АРТРИТЕ

Тараканов А.В., Лебеденко А.А., Ладанова Е.С., Тараканова Т.Д.

*ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» МЗ РФ, Ростов-на-Дону, e-mail: dr-tarakanov@yandex.ru*

Методом микроволновой радиотермометрии (РТМ) определены глубинная и кожная температуры в проекции коленных суставов у здоровых детей 8–12 лет для сравнительного анализа с больными такого же возраста. Исследовались девочки (n=22, возраст 10,0±0,3 года) и мальчики (n=21, возраст 10,1±0,3 года). Также в динамике лечения обследованы дети от 6 до 17 лет (n=43), находящиеся в клинике с диагнозом «ювенильный идиопатический артрит». Установлено, что глубинная температура в коленных суставах у здоровых детей в зависимости от зоны измерения колеблется в пределах 33,2–35,2°C; кожная температура – в пределах 32,2–34,1°C. Показано, что  $\Delta T = t_{\max} - t_{\min}$  глубинной температуры в норме составляет 1,5–1,6°C, а кожи – 1,4–1,7°C. Нет достоверной разницы между глубинными, кожными,  $t_{\min}$  и  $t_{\max}$  температурами по 9 зонам левого и правого коленных суставов между мальчиками и девочками. Установлено, что температурное поле кожи в норме практически повторяет рисунок глубинного температурного поля; наиболее низкая температура отмечается над надколенником; клиническая визуальная оценка данных по температурным полям дает моментальное представление о термоасимметрии. Для клинического сравнительного анализа здоровых мальчиков и девочек данного возраста возможно статистическое объединение показателей в одну группу. Микроволновая радиотермометрия позволяет сравнить показатели детей с ювенильным идиопатическим артритом (коленные суставы) с данными здоровых детей, оценить термоасимметрию глубинной и кожной температур по полям и полям разницы температур, термограммам глубинной и кожной температур,  $t_{\min}$  и  $t_{\max}$  на разных этапах заболевания в проекции соответствующих морфологических структур сустава.

Ключевые слова: радиотермометрия, коленные суставы, дети, ювенильный идиопатический артрит.

## PROSPECTS FOR THE USE OF MICROWAVE RADIO THERMOMETRY OF KNEE JOINTS IN JUVENILE IDIOPATHIC ARTHRITIS IN CHILDREN

Tarakanov A.V., Lebedenko A.A., Ladanova E.S., Tarakanova T.D.

*Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, e-mail: dr-tarakanov@yandex.ru*

We used the microwave radiothermometry (RTM) to measure the internal body temperature and skin temperature in the projection of the knee joints in healthy children aged 8 to 12 and compared them with the measurements in non-healthy children of the same age. We studied girls (n = 22, aged 10.0 ± 0,3) and boys (n = 21, aged 10.1 ± 0.3). Also, in treatment dynamics, we examined children aged 6 to 17 (n = 43) diagnosed juvenile idiopathic arthritis who were undergoing treatment in the clinic. It was established that the internal temperature in the knee joints in healthy children, depending on the zone of measuring, ranges from 33,2–35,2°C, while skin temperature ranges within 32,2–34,1°C. It has been shown that  $\Delta T = t_{\max} - t_{\min}$  of the internal temperature is normally one, 5–1,6 °C and that of the skin temperature is 1,4–1,7°C. There is no significant difference between the internal body, skin,  $t_{\min}$  and  $t_{\max}$  temperatures in 9 zones of the left and right knee joints between boys and girls. It has been established that the temperature field of the skin normally almost repeats the pattern of the internal temperature field; the lowest temperature is observed above the patella; Clinical visual assessment of temperature field data provides an immediate picture of thermal asymmetry. For a clinical comparative analysis of healthy boys and girls of this age, measurements can be statistically combined into one group. Microwave radiothermometry makes it possible to compare the measurements of children with juvenile idiopathic arthritis (knee joints) with the data of healthy children, to evaluate the thermal asymmetry of internal body and skin temperatures by fields and fields of temperature differences, thermograms of internal body and skin temperatures,  $t_{\min}$  and  $t_{\max}$  at different stages of the disease in the projection of the corresponding morphological structures of the joint.

Keywords: radiothermometry, knee joints, children, juvenile idiopathic arthritis.

Заболевания суставов – мультидисциплинарная медицинская проблема, касающаяся любого человека независимо от возраста, пола и места проживания. Особо она актуальна в педиатрии. Так, юношеский артрит (ЮА) – одно из наиболее частых и самых инвалидизирующих ревматических заболеваний детей. На территории РФ ее распространенность достигает 62,3 на 100 тыс. детского населения до 18 лет [1, 2, 3]. Как известно, основным клиническим проявлением заболевания является артрит с большим количеством вариантов поражения сустава(-ов). Артриты сопровождаются болью, припухлостью, увеличением в объеме, деформацией (дефигурацией), нарушением движений (функции) и местной гипертермией. Чаще у детей поражаются крупные и средние суставы (коленные, голеностопные, лучезапястные, локтевые, тазобедренные), реже – шейный отдел позвоночника, челюстно-височные суставы. Клиника заболевания полиморфна и сопровождается поражением других органов и систем. Традиционно диагноз ЮА выставляется на основании клинических проявлений, наличия признаков артрита, рентгенологических и ультразвуковых данных, показателей крови и результатов биохимических лабораторных исследований [2, 4].

Объективизация процессов, происходящих в суставе и окружающих тканях, решается с помощью различных визуализационных методов. Современные рентгенологические, ультразвуковые (УЗИ), магнитно-резонансные методы (МРТ) достигли значительных успехов и входят практически во все диагностические рекомендации по лечению ЮА.

Рентгенологический метод наравне с клинической картиной часто имеет определяющее значение для раннего выявления и выделения ведущих клинических синдромов. В то же время он позволяет оценить лишь уже текущий процесс с существенными изменениями: выявляет остеопороз, деструктивные изменения костных структур, изменение суставной щели, целостность суставных поверхностей костей и др. При исследовании необходимо также исследовать симметричные суставы. Однако исследование несет лучевую нагрузку для ребенка. Отмечают, что вторичным структурным изменениям в костях и суставах предшествует рентгенонегативный период, что отражается на ранней диагностике при суставном синдроме [5].

Компьютерная томография (КТ) и МРТ – более затратные исследования и требуют четких диагностических целей. МРТ может обеспечить многопозиционную визуализацию всех компонентов сустава (хрящевой ткани, коллатеральных связок), обнаружить косвенно воспалительный процесс, степень выраженности воспалительных изменений в полости сустава (синовит) и в периартикулярных тканях (теносиновит), кисты и эрозии. Данные, полученные при МРТ, могут помочь на ранней стадии заболевания. Тем не менее МРТ недостаточно широко применяется, в том числе и из-за отсутствия четких диагностических

критериев заболевания. Отсутствуют централизованные валидированные исследования, стандартизованные протоколы проведения МРТ у детей с суставным синдромом [6, 7].

Более щадящий метод диагностики – ультразвуковое исследование. УЗИ дает возможность обследовать разные элементы сустава, большое число компонентов костно-мышечной системы за относительно короткое время в режиме реального времени, что важно в клинике. Дети хорошо переносят исследование, без психологического и физического дискомфорта. Отсутствуют нежелательные эффекты самого метода. УЗИ позволяет проводить динамическое наблюдение. Под контролем УЗИ возможно осуществлять и лечебные манипуляции [8]. В то же время метод зависит от компетентности исследователя, трудно стандартизируется.

Известно, что заболевания суставов сопровождаются типовым патофизиологическим процессом – воспалением. Одним из основных критериев любого воспаления является повышенная температура. Измерение локальной кожной температуры с помощью инфракрасного тепловидения не нашло широкого распространения в клинической практике, но и современные методы визуализации также не дают ответа на оценку топики, начала и степени воспалительного процесса. Поэтому представляется актуальным применение нового метода измерения температуры тканей – микроволновой радиотермометрии (РТМ), основанной на измерении интенсивности собственного электромагнитного излучения внутренних тканей организма в диапазоне сверхвысоких частот. Преимущества метода РТМ: скорость измерений, стабильность данных, неинвазивность, полное отсутствие лучевой нагрузки и, как следствие, абсолютная безвредность и безболезненность метода, возможность многократного повторения [9-11].

По нашему мнению, данный метод перспективен для использования в различных областях медицины, а также в детской ревматологии для диагностики (в том числе ранней) заболеваний суставов у детей, в том числе ювенильного артрита. Работ по измерению глубинной температуры у здоровых детей мы в доступной литературе не нашли. Есть только отдельные исследования, посвященные применению РТМ в артрологии и вертебрологии [12-14]. В данной работе мы приводим исследование в одной возрастной группе детей. Коленный сустав выбран как один из самых поражаемых. Сустав сложен и обеспечивает возможность выполнения ротационных, сгибательно-разгибательных и минимальных боковых движений, также содействует правильному перераспределению веса тела на стопы. Из-за нагрузок часто повреждается.

Цель исследования: определить глубинную и кожную температуры в проекции коленных суставов у здоровых детей 8–12 лет для сравнительного анализа с больными

ювенильным артритом такого же возраста, возможной ранней диагностики и оценки динамики лечения.

### **Материалы и методы исследования**

Дети исследовались в Проблемной научной лаборатории физических методов диагностики и лечения Ростовского государственного медицинского университета и на базе детского санаторного оздоровительного лагеря «Мир» на берегу Таганрогского залива Ростовской области (х. Красный Десант) в 2018–2019 гг. В исследовании принимали участие девочки ( $n=22$ , возраст  $10,0\pm 0,3$  года) и мальчики ( $n=21$ , возраст  $10,1\pm 0,3$  года). В детской клинике РостГМУ также были обследованы в динамике лечения дети от 6 до 17 лет ( $n=43$ ), находящиеся там с диагнозом «ювенильный идиопатический артрит» с различной продолжительностью текущего обострения, клинической картиной и тяжестью процесса.

Микроволновая радиотермометрия (РТМ) проводилась на компьютеризированном диагностическом комплексе РТМ-01-РЭС (Москва) с двухканальным радиодатчиком, который предназначен для измерения интегральной (глубинной и кожной) радиояростной температуры в глубине тканей, в зависимости от области исследования. Глубина обнаружения температурных аномалий – до 5–7 см в зависимости от влагосодержания тканей. При наличии патологии интенсивность излучения этой области изменяется, что позволяет осуществлять топическую диагностику на ранних стадиях заболевания. Диагностические критерии метода РТМ: абсолютная величина температуры; градиент температур, измененных в области патологического очага и в симметричных областях, возможность визуализации поля температур для большей наглядности и упрощения интерпретации медицинским персоналом [10, 11].

Методика исследования: области коленных суставов, бедра и голени адаптировались к температуре помещения ( $23\text{--}26^\circ\text{C}$ ) в течение 5–7 минут [15]; постановка радиодатчика (всего 9) проводилась по определенной схеме: коленные суставы спереди, по очереди – зона справа, далее зона слева с симметричной оценкой температуры. Кожная температура регистрировалась в той же проекции, что и внутренняя, практически одномоментно. Общее время исследования двух коленных суставов – около 10 минут.

Морфологические ориентиры: центральная зона (зона 5) – коленная чашечка; нижние 3 постановки (зоны 7–9) – проекция сустава (рис. 1).

Для статистического анализа результатов использовали пакет модулей программ STATISTICA 12.0 (StatSoft, США) и Microsoft Office Excel 2010. Проверка на нормальность проводилась согласно критерию Шапиро–Уилка. При коэффициенте значимости  $p\geq 0,05$  принимали нулевую гипотезу о том, что выборка подчиняется нормальному закону и для парного сравнительного анализа возможно применение параметрического t-критерия

Стьюдента. Если выборка не подчинялась нормальному закону распределения ( $p < 0,05$ ), то применялся критерий Манна–Уитни. В таблицах представлены: Me – медиана, [Q1, Q3] – интерквартильный интервал (25% и 75% перцентили).



*Рис. 1. Схема исследования и постановок радиодатчика, глубина измерения температуры методом РТМ передней области коленных суставов*

**Результаты исследования и их обсуждение.** На 1-м этапе после исследования, раздельно у мальчиков и девочек, были проанализированы данные глубинной и кожной температур по правому и левому коленному суставу, а также данные по  $T_{max}$  и  $T_{min}$  среди 9 зон измерений. Установлено, что глубинная температура в правом и левой коленных суставах у детей колеблется в пределах  $33,2\text{--}35,2^\circ\text{C}$ . Статистический анализ установил, что при сравнении глубинных температур по 9 зонам измерений левого и правого коленных суставов между мальчиками и девочками в возрасте 8–12 лет достоверной разницы не отмечено; также ее не отмечено между  $T_{max}$  и  $T_{min}$ .

Однако при сравнении глубинной температуры в проекции суставной щели (зоны 7–9) в обоих суставах отмечается тенденция к более высокой температуре у девочек. Глубинная температура в целом у девочек и у мальчиков более низкая в зонах над коленной чашечкой и над самой чашечкой (зоны 2 и 5). Также нет достоверной разницы между глубинной температурой при сравнении левого и правого сустава раздельно у девочек и мальчиков. Однако отмечается тенденция к более высокой температуре в правом суставе с внутренней стороны в большей степени у девочек, чем у мальчиков.

При анализе показателей температуры кожи (колебания  $32,2\text{--}34,1^\circ\text{C}$ ) и полей температуры кожи установлено, что она практически повторяет рисунок глубинных температурных полей и у мальчиков, и у девочек. На коже во всех сравниваемых постановках  $T_{max}$  и  $T_{min}$  практически одинаковы независимо от пола.

Полученные на 1-м этапе исследования данные позволили провести статистическое объединение данных глубинных и кожных температур, T<sub>max</sub> и T<sub>min</sub> коленных суставов у мальчиков и девочек 8–12 лет в одну группу (возраст 10,1±0,2 года). В то же время температурные поля, как глубинные, так и кожной температуры, левого и правого суставов, с учетом вышеуказанных тенденций, желательно сравнивать для выявления термоасимметрии отдельно. Это связано также с тем, что при олигоартрите боль и отечность сначала появляются только в одном суставе, через несколько месяцев поражается симметричный сустав с противоположной стороны. При дальнейшем течении заболевания важнейшим клиническим признаком ЮИА является симметричность поражения суставов [1, 2].

На 2-м этапе исследования мы объединили показатели глубинной и кожной температуры у мальчиков и девочек в одну группу (n=43). Показатели температуры у детей 8–12 лет представлены в таблице 1.

Таблица 1

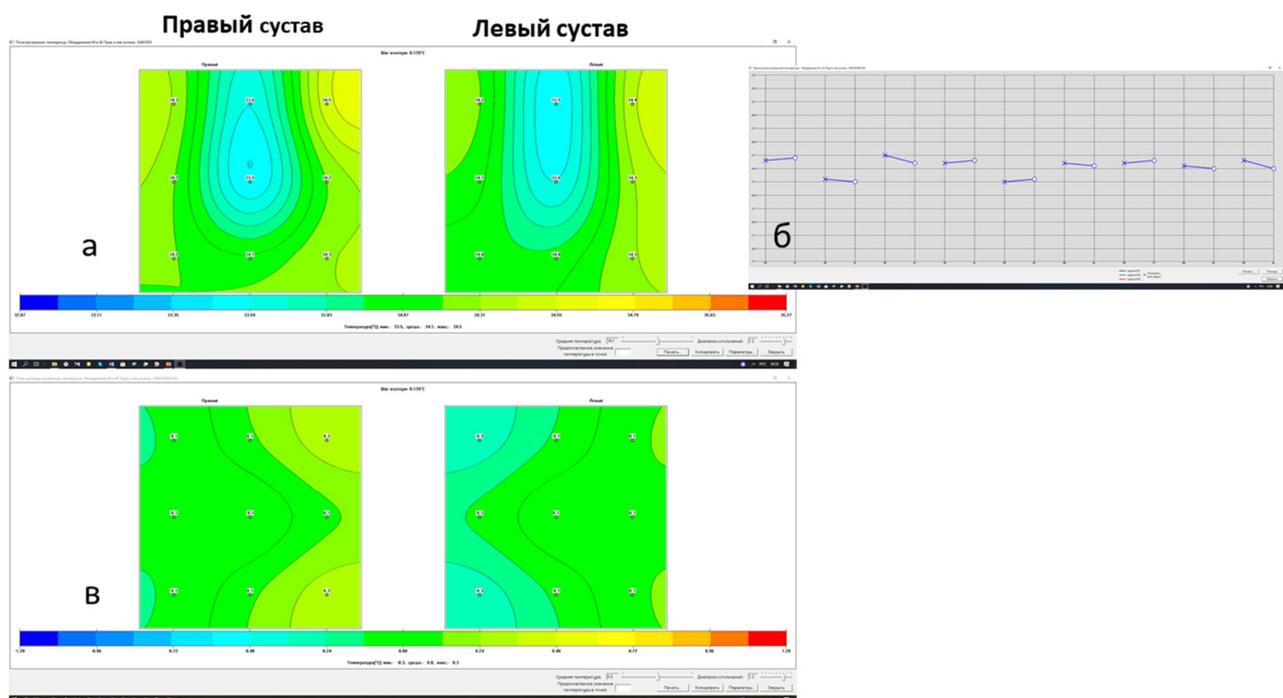
Глубинная и кожная температуры коленных суставов у детей 8–12 лет, °С

Сустав		Глубинная температура суставов								
		Номер постановки радиодатчика над суставом								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Левый	Me	34,3	33,5	34,4	34,3	33,6	34,2	34,4	34,0	34,0
	Q1	33,8	33,1	33,7	33,9	33,1	33,5	33,5	33,4	33,4
	Q3	34,9	34,0	34,8	34,8	34,1	34,8	34,7	34,6	34,6
Правый	Me	34,3	33,6	34,6	34,2	33,7	34,3	34,2	34,2	34,2
	Q1	33,9	33,2	34,2	33,7	33,0	33,6	33,8	33,6	33,6
	Q3	34,8	34,2	35,0	34,9	34,2	34,8	34,8	34,6	34,8
p		0,77	0,8	0,09	0,86	0,87	0,67	0,96	0,67	0,08
		Температура кожи								
Левый	Me	33,4	32,4	33,3	33,3	32,6	33,1	33,2	32,8	33,0
	Q1	32,6	31,6	32,4	32,5	31,8	32,4	32,4	32,3	32,3
	Q3	34,1	32,7	33,7	33,8	33,2	33,6	33,7	33,4	33,4
Правый	Me	32,7	32,5	33,4	32,8	32,9	33,2	32,9	33,1	33,2
	Q1	31,9	31,7	32,9	32,1	31,7	32,4	32,3	32,2	32,5
	Q3	33,3	32,8	33,9	33,7	33,4	33,8	33,5	33,5	33,8
p		0,006*	0,6	0,15	0,03*	0,92	0,66	0,09	0,64	0,14

Примечание: \* различия статистически значимые при  $p \leq 0,05$

Из таблицы видно, что внутренняя температура правого и левого суставов статистически не различается. При анализе температуры кожи отмечена более высокая температура в левом суставе в зонах 1 и 4, которые соответствуют внешней поверхности сустава.

Клиническая оценка данных температуры по цифровым показателям довольно затруднительна. Поэтому визуальная оценка полученных данных по температурным полям дает моментальное представление о термоасимметрии и распределении температур по изотермам, которые представлены на рисунке 2а. В усредненной термограмме (рис. 2б) отчетливо видно практически горизонтальное расположение прямых, соединяющих симметричные зоны правого и левого суставов, что также может дать представление о температурной аномалии при патологии. Поля разницы усредненных глубинных температур (рис. 2в) у здоровых детей указанного возраста практически симметричны и разница температур по 7 зонам постановки составляет всего 0,1°C, кроме зон 3 и 9 внутренней поверхности правого сустава, где она составляет 0,3°C.



*Рис. 2. Глубинная (усредненная, n=43) температура коленных суставов: поля глубинной температуры (а), термограмма глубинной температуры (б), поля разницы глубинных температур (в)*

На рисунке 3 представлены усредненные поля температуры кожи (а), термограмма температуры кожи (б), из которых видна незначительная термоасимметрия в зонах 1 и 4 левого сустава и в зоне 3 правого сустава. Максимально «холодное» место на коже и слева, и справа находится над коленной чашечкой в зоне 2.

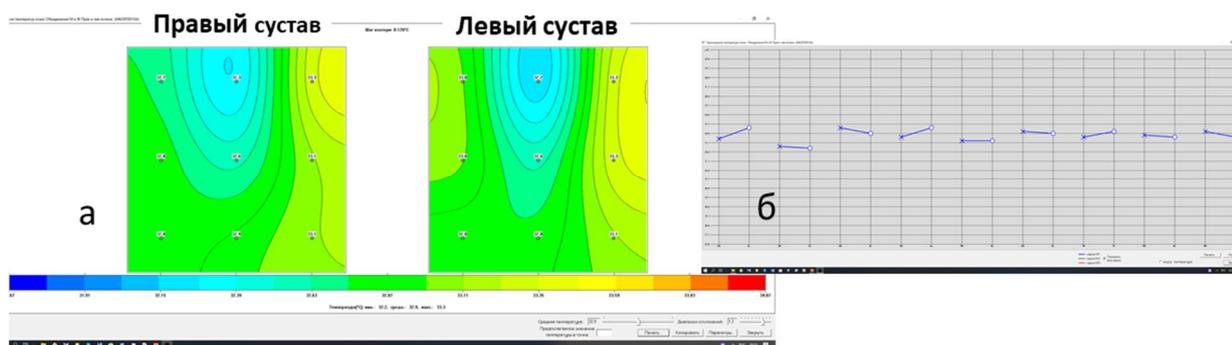


Рис. 3. Температура (усредненная,  $n=43$ ) кожи: поля (а) и термограмма температуры кожи (б)

При исследовании 9 зон в коленном суставе выявляются  $t_{\min}$  и  $t_{\max}$  температуры, которые достоверно различаются между собой как в правом, так и в левом суставах. В таблице 2 представлены значения максимальной и минимальной глубинной и кожной температуры в проекции левого и правого коленных суставов. Достоверной разницы этих температур между правым и левым суставом не установлено.

Таблица 2

Максимальная и минимальная глубинная и кожная температуры в проекции левого и правого коленных суставов у детей 8–12 лет, °C

Температура/сустав		Me	Q1	Q3	p1	p2	
Глубинная	Левый сустав	t min	33,2	32,7	33,7	<0,0001*	0,79
		t max	34,8	34,4	35,2		0,87
	Правый сустав	t min	33,3	32,8	33,7	<0,0001*	
		t max	34,8	34,4	35,2		
		Me	Q1	Q3	p1	p2	
Кожная	Левый сустав	t min	32,2	31,5	32,6	<0,0001*	0,86
		t max	33,6	33,1	34,2		0,84
	Правый сустав	t min	32,1	31,4	32,7	<0,0001*	
		t max	33,8	33,0	34,1		

Примечание: \* различия статистически значимы при  $p \leq 0,05$ ; P1 – уровень значимости между минимальным и максимальным значением; P2 – уровень значимости между левым и правым суставом

Закономерностей распределения  $t_{\max}$  среди зон в проекции сустава не выявлено. В то же время  $t_{\min}$  в 40–50% выявляется в зонах 2 и 5, на коленной чашечке и выше нее.

$\Delta T = t_{\max} - t_{\min}$  глубинной температуры в норме равно 1,5–1,6°C, а кожи – 1,4–1,7°C.

Учитывая ограниченность статьи, мы приводим два примера заболевания ювенильным артритом. Данные по динамике кожной температуры также не включены в данные примеры.

Пример 1. Больная Т...а, 11 лет; диагноз: ювенильный идиопатический артрит, полиартикулярный вариант, без поражения глаз, серонегативный, степень активности III, рентгенологическая стадия II, функциональный класс II; болеет 9 лет (на момент обследования РТМ).

Родилась от четвертой нормально протекавшей беременности (токсикоз 1-го триместра), четвертых срочных родов. Раннее физическое и психомоторное развитие без особенностей. Из перенесенных заболеваний – редкие острые респираторные инфекции, детскими инфекционными заболеваниями не болела; аллергический анамнез и наследственность по ревматическим заболеваниям не отягощены.

Девочка больна с июня 2009 г., когда родители стали отмечать изменение походки, появились боли и отечность в коленных и голеностопных суставах. До 2016 г. наблюдалась в ОДКБ г. Астрахани. В ноябре 2016 г. поступила в педиатрическое отделение клиники РостГМУ, где была проведена терапия с положительным эффектом. В ноябре 2018 г. девочка перенесла отит, на фоне заболевания правый коленный сустав стал отечным, движения болезненны (боли отмечались в покое и ночью), появилась субфебрильная температура. В декабре 2018 г. пациентка вновь поступила в клинику РостГМУ.

При объективном осмотре правый и левый коленные суставы увеличены в объеме, отечны, болезненны при движениях; голеностопные суставы не увеличены, слегка болезненны при ходьбе, утренняя скованность продолжительностью до 30 мин. ВАШ 6 баллов. При поступлении в анализах крови: СОЭ 35 мм/ч, лейкоциты  $9,67 \times 10^9/\text{л}$ , СРБ 30 мг/л.

Первое исследование РТМ 26.12.2018 г. через 2 месяца обострения (рис. 4, иссл. № 1). На поле глубинной температуры – видная температурная асимметрия, повышение  $t_{\min}$  и  $t_{\max}$  по сравнению с нормой, увеличением  $\Delta T$  до  $2,6^\circ\text{C}$  в левом суставе и  $1,8^\circ\text{C}$  в правом. Асимметрия повышения температур в суставах особенно четко видна на термограмме (рис. 4б). При клиническом описании можно выделить холодное поле над левой коленной чашечкой и повышение температуры в периартикулярных областях.

УЗИ коленных суставов: признаки умеренно выраженного артрита, двусторонний подкапсульный синовит, умеренно выраженный супрапателлярный и задний бурситы, мелкая киста Беккера правого коленного сустава, умеренно выраженный супрапателлярный бурсит левого коленного сустава. По данным рентгенограммы: структурных и костных изменений не выявлено.

Больная получала комплексную терапию, включающую нестероидные анальгетики, фолиевую кислоту, метотрексат, бетаметазона дипропионат (дипроспан) в правый коленный сустав. Стойкой положительной динамики не наблюдалось, однако девочка отмечала уменьшение болевого синдрома в коленных суставах. В феврале 2019 г. в связи с выраженными болями в правом коленном суставе и голеностопных суставах (СОЭ 24 мм/ч, лейкоциты  $8,0 \times 10^9$ /л, СРБ менее 6 мг/л, ВАШ 6 баллов), неэффективностью стандартной терапии, прогрессирующим течением заболевания, наличием критериев неблагоприятного прогноза была начата терапия: этанерцепт (энбрел) 30 мг п/к по схеме 1 раз в неделю.

Второе исследование РТМ 20.02.2019 г. через 4 месяца от начала обострения (рис. 4, иссл. № 2). На РТМ продолжает отмечаться глубинная температурная асимметрия; некоторая положительная динамика имеется в левом суставе, где  $\Delta T$  снизилась до  $2,1^\circ\text{C}$ , в правом оставалась  $1,8^\circ\text{C}$ . Асимметрия глубинной температуры в суставах на термограмме (рис. 4б) увеличилась. При клиническом описании можно выделить усиление периартикулярного воспаления в правом суставе и в районе медиальных надмыщелков в просвете сустава с обеих сторон (9-я зона).

С каждым последующим плановым введением препарата отмечалась стойкая положительная динамика (уменьшение суставного синдрома, СОЭ 6 мм/ч, лейкоциты  $5,45 \times 10^9$ /л, СРБ менее 6,0 мг/л, ВАШ 1 балл), утренняя скованность до 5 минут, пассивные движения в полном объеме. Проведено 9 инфузий препарата. По данным УЗИ коленных суставов – признаки умеренно выраженного двустороннего подкапсульного синовита правого коленного сустава.

Третье исследование РТМ 15.04.2019 г. (через 6 месяцев от начала обострения (рис. 4, иссл. № 3). Как мы видим, несмотря на клиническое улучшение, воспалительный процесс в суставах остается без существенной динамики. Регистрируется некоторое уменьшение термоасимметрии, появились симметричные температурные явления во 2-й, 5-й, 7-й и 8-й зонах; сохраняются периартикулярные изменения и повышение температуры в районе медиальных надмыщелков.  $\Delta T$  в левом суставе вновь увеличилась до  $2,7^\circ\text{C}$ , а в правом – до  $2,5^\circ\text{C}$ . Отмечается симметризация процесса в суставе (иссл. № 3, термограмма).

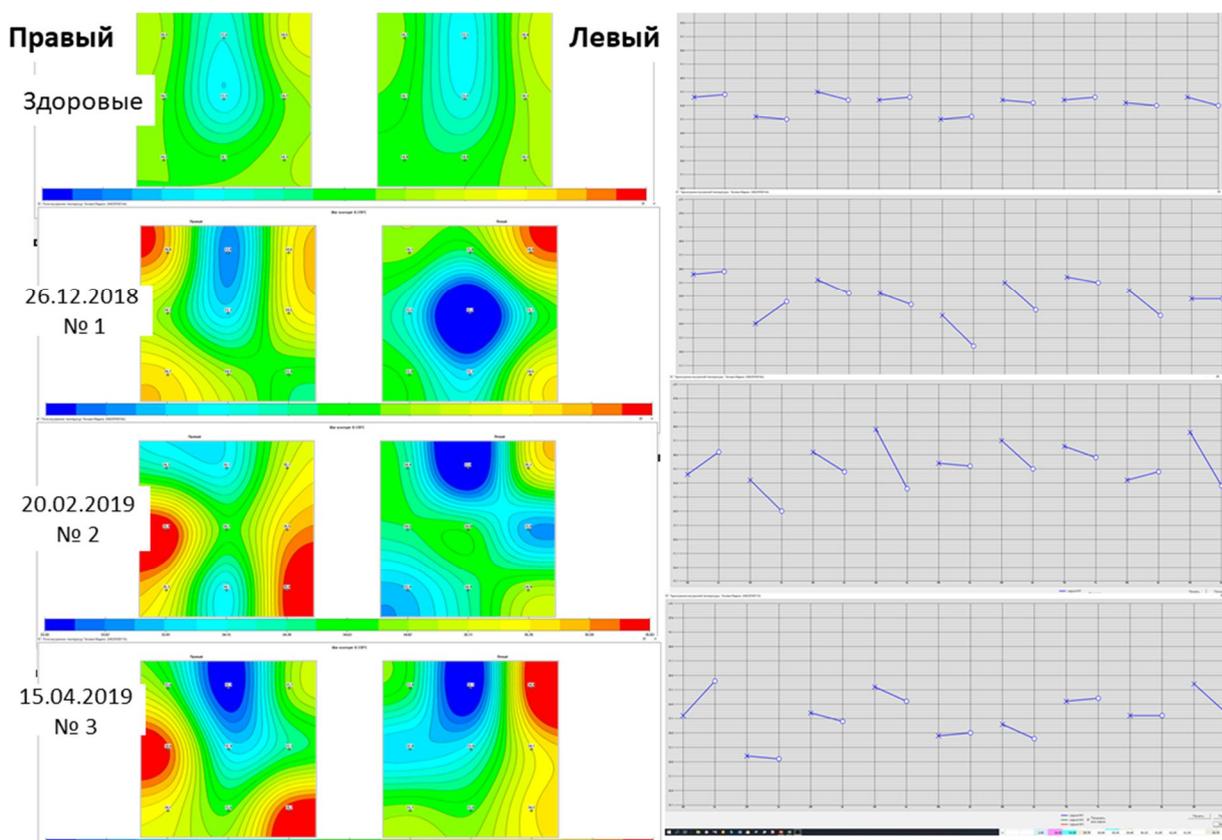


Рис. 4. Больная Т....а, 11 лет. Глубинная температура коленных суставов: поля глубинной температуры (а), термограмма глубинной температуры (б)

Пример 2. Больная Тя...о, 11 лет; диагноз: ювенильный идиопатический артрит, полиартикулярный вариант с поражением глаз (увеит в стадии ремиссии), степень активности 1, рентгенологическая стадия II, функциональный класс I; болеет около 2 лет (на момент нашего первого обследования).

Родилась от второй нормально протекавшей беременности, вторых срочных родов. Раннее физическое и психомоторное развитие без особенностей. Отмечались острые респираторные инфекции, скарлатина в 7 лет, ветряная оспа в 9 лет. Аллергический анамнез и наследственность по ревматическим заболеваниям не отягощены.

Больна с октября 2018 г., когда после острой кишечной инфекции впервые появились боли и отечность правого коленного сустава. В педиатрическом отделении РостГМУ наблюдается с апреля 2019 г. При поступлении – полиартикулярный синдром с поражением локтевых, коленных, голеностопных суставов; движения в них ограничены и болезненны; беспокоила утренняя скованность продолжительностью до 20 мин. В общем анализе крови СОЭ 53 мм/ч, лейкоциты  $7,83 \times 10^9/\text{л}$ . Данные УЗИ коленных суставов: утолщение гиалинового хряща, наличие суставного выпота в полости сустава, наличие включений, киста Беккера правого коленного сустава.

Первое исследование РТМ 24.04.2019 г. через 6 месяцев от начала заболевания (рис. 5, иссл. № 1). Отмечается глубинная термоасимметрия как минимальной, так и максимальных температур.  $\Delta T$  увеличена до  $2,8^{\circ}\text{C}$  в левом суставе и нормальная –  $1,4^{\circ}\text{C}$  в правом. В правом суставе (зоны 7–9) отмечается снижение температуры, а в левом – повышение в проекции полости сустава (зона 8).

Пациентке был назначен метотрексат в дозировке 15 мг п/к в неделю. На фоне терапии стойкой положительной динамики не отмечалось, но имело место уменьшение болевого синдрома в коленных суставах, ВАШ 3 балла.

Второе исследование РТМ 13.05.2019 г. через 3 недели от начала лечения (рис. 5, иссл. № 2). Термоасимметрия сохраняется. Отмечается временная температурная мозаичность в суставах: снижение  $t_{\text{max}}$  и  $\Delta T$  с  $2,8$  до  $1,5^{\circ}\text{C}$  в левом суставе. В правом суставе, наоборот, повышение  $\Delta T$  с  $1,4$  до  $2,2^{\circ}\text{C}$ .

Повторно ребенок госпитализирован в феврале 2020 г. Была начата терапия препаратом адалимумаб (хумира) п/к в дозе 30 мг, по схеме 1 раз в 2 недели (17 инфузий). После проведения инфузий в динамике отмечалось уменьшение суставного синдрома (периодические боли при ходьбе в правом коленном суставе (ВАШ 3 балла)), исчезла утренняя скованность, увеличился объем движений; СОЭ 10 мм/ч, лейкоциты  $5,32 \times 10^9/\text{л}$ . По данным УЗИ коленных суставов – признаки умеренно выраженного супрапателлярного бурсита правого коленного сустава.

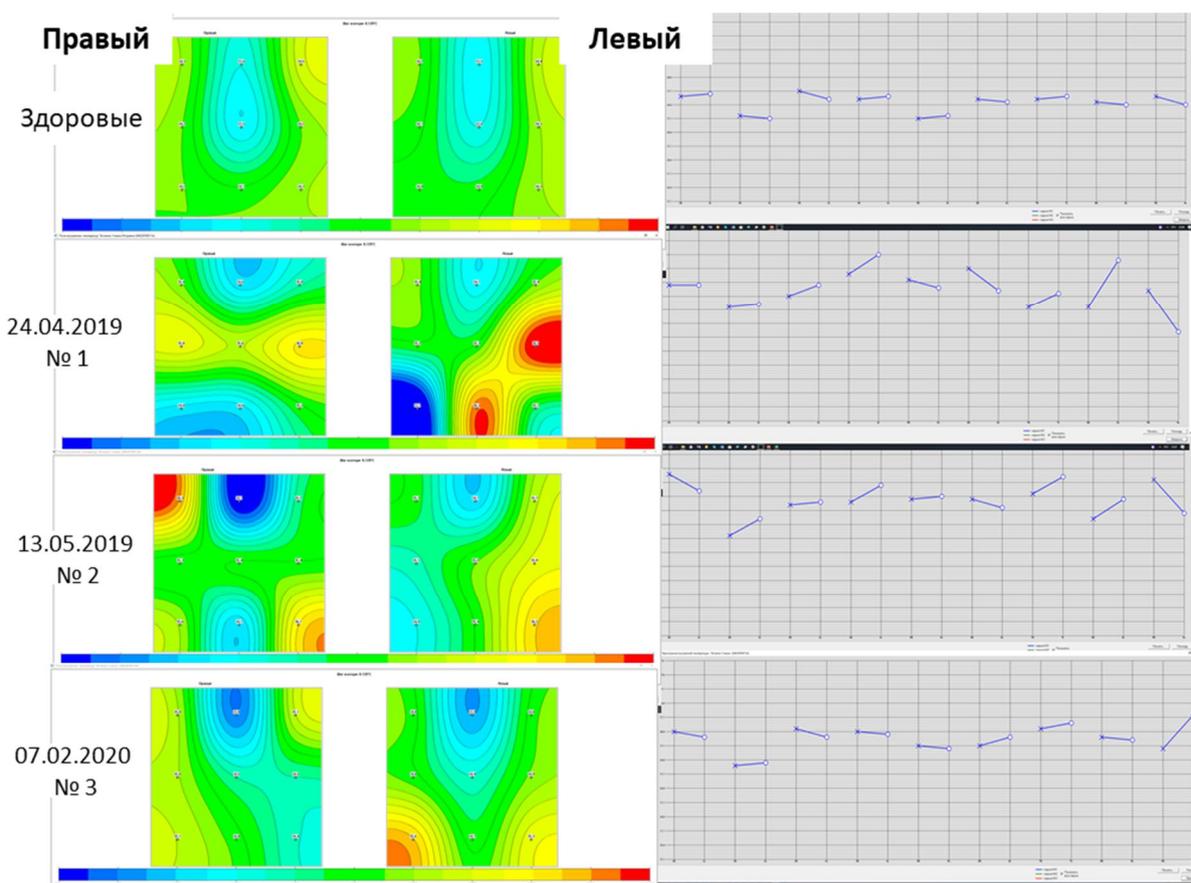


Рис 5. Тя....о, 11 лет. Глубинная температура коленных суставов: поля глубинной температуры (а), термограмма глубинной температуры (б)

Третье исследование РТМ 07.02.2020 г. спустя 9 месяцев после выписки и после лечения (рис. 5, иссл. № 3). Отмечается значительная положительная динамика по данным РТМ. Практически восстановилась симметрия (рис. 5б, иссл. № 3) и нормализовалась  $\Delta T$  в правом суставе до 1,3 и в левом до 1,7°C. Отмечается незначительное повышение глубинной температуры в левом суставе в районе медиальных надмыщелков (зона 9).

Как мы видим, температурные глубинные аномалии не совпадают полностью с клинической картиной и в большей степени зависят от продолжительности заболевания. Отмечаются мозаичность и летучесть воспалительного процесса.

Работ по применению РТМ в артрологии чрезвычайно мало. Так, в работе [14] использовался метод РТМ, позволивший отразить субклиническое воспаление синовиальной оболочки у больных остеоартрозом коленных суставов с использованием ультразвука в качестве референтного метода. Было установлено, что метод может отражать неклинически выраженное воспаление сустава.

В работе [13] определяли глубинную температуру в определенных точках 10 выбранных суставов. Рассчитывался определенный производный балл из данных выбранных суставов. Он коррелировал с клиническими, лабораторными и ультразвуковыми

показателями активности ревматоидного артрита и позволял различать стадии активности заболевания, отражать изменения активности заболевания, вызванные лечением. Авторы указывают также на необходимость многоцентровых исследований.

РТМ отличается от других методов тем, что исследуются отклонения не в анатомическом строении внутренних тканей и косвенных признаках воспаления, деструкции и ином, а отклонения от нормальных процессов метаболизма. Они в случае воспалительных процессов влияют на распределение температур во внутренних тканях и часто предшествуют структурным изменениям. Метод РТМ отвечает современным принципам медицины: 1) предсказательности, 2) превентивности, 3) участия пациента в лечебном процессе и 4) персонификации. Последний принцип очень важен и рассматривается как интегральный подход, включающий индивидуальный выбор стратегии лечения. Важно, что метод безопасен и не имеет противопоказаний.

Процесс теплопередачи при патологии от глубинных тканей к коже нуждается в дополнительных исследованиях. Перспективы дальнейшей разработки метода РТМ в артрологии заключаются в работах по соответствию локальной температуры в суставе(-ах) общим клиническим проявлениям, биохимическим и иммунологическим изменениям, в сопоставлении показателей РТМ с данными визуализации. Необходимо накопление клинического материала для формирования групповой «нормы» показателей, которая зависит от возраста и пола. Применение комплекса РТМ возможно для оценки эффективности различных методов и схем лечения.

### **Выводы**

1. Глубинная температура в правом и левой коленных суставах у здоровых детей 8–12 лет в зависимости от зоны измерения колеблется в пределах 33,2–35,2°C, кожная температура – в пределах 32,2–34,1°C.
2.  $\Delta T = t_{\max} - t_{\min}$  глубинной температуры в норме составляет 1,5–1,6°C, а кожи – 1,4–1,7°C; нет достоверной разницы между глубинными, кожными,  $t_{\min}$  и  $t_{\max}$  температурами по 9 зонам левого и правого коленных суставов между мальчиками и девочками.
3. Для клинического сравнительного анализа здоровых мальчиков и девочек данного возраста с больными детьми возможно статистическое объединение данных глубинных, кожных температур,  $t_{\min}$  и  $t_{\max}$  обоих коленных суставов.
4. Температурное поле кожи в норме практически повторяет рисунок глубинных температурных полей; наиболее низкая температура отмечается над коленной чашечкой в зоне 2; клиническая визуальная оценка данных по температурным полям дает моментальное представление о термоасимметрии.

5. Микроволновая радиотермометрия позволяет у детей с ювенильным идиопатическим артритом (коленные суставы) оценить термоасимметрию глубинной и кожной температур по полям и полям разницы температур, термограммам глубинной и кожной температур,  $t_{\min}$  и  $t_{\max}$  на разных этапах заболевания в проекции соответствующих морфологических структур сустава.

### Список литературы

1. Союз педиатров России, Юношеский артрит: Клинические рекомендации / Союз педиатров России // Клинические рекомендации. 2017. С. 8, 24-28.
2. Ревматические болезни у детей: клинические рекомендации для педиатров / Р32 Союз педиатров России, ФГАУ Науч. центр здоровья детей Минздрава России, ГОУ ВПО Первый Московский гос. мед. ун-т им. И. М. Сеченова Минздрава России; [под ред. А. А. Баранова, Е. И. Алексеевой]. М.: ПедиатрЪ, 2016. 144 с.
3. Игишева Л.Н., Притчина С.С., Быкова Ю.А., Аникеенко А.А. Ювенильные артриты: диагностика и лечение // Мать и дитя в Кузбассе. 2017. №1(68). С.48-52.
4. Федеральные клинические рекомендации по оказанию медицинской помощи детям с юношеским артритом с системным началом. М., 2015. 24 с.
5. Кожевников А.Н., Поздеева Н.А., Конев М.А., Маричева О.Н., Афоничев К.А., Новик Г.А. Рентгенодиагностика хронического олигоартрита у детей // Бюллетень сибирской медицины. 2017. Т. 16 (3). С.224–234.
6. Траудт А.К., Завадовская В.Д., Жогина Т.В., Фёдорова Е.И. Магниторезонансная томография в диагностике ювенильного идиопатического артрита // Бюллетень сибирской медицины. 2015. Т. 14, № 1. С.110–119.
7. Кудинский Д.М., Смирнов А.В., Алексеева Л.И. Сравнение рентгенографии и магнитно-резонансной томографии при диагностике остеоартрита суставов кистей // Научно-практическая ревматология. 2019. Т. 57(1). С.91–99.
8. Алексеев Д.Л., Никишина И.П. Ультразвуковое исследование опорно-двигательного аппарата в диагностике и мониторинге активности болезни при ювенильных артритах // Научно-практическая ревматология. 2017. Т. 55 № 6. С. 647-654.
9. Тараканов А.В., Ефремов В.В., Тараканов А.А. Микроволновая радиотермометрия при болях в поясничном отделе позвоночника. Перспективы применения. Методы оценки и диагностики хронической боли // Российский журнал боли. 2016. №2. С. 113-114.

10. Седанкин М.К., Веснин С.Г., Мартянова М.В. Потенциальные возможности радиотермометрии как медицинского метода // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. №12. С.163-166.
11. Goryanin I., Karbainov S., Shevelev O., Tarakanov A., Redpath K., Vesnin S. and Ivanov Y. Passive microwave radiometry in biomedical studies. *Drug. Discov. Today*. 2020. V. 25(4). P. 757-763. DOI: 10.1016/j.drudis.2020.01.016.
12. Блинов С.В., Малышев Е.Е., Колесов С.Н., Малышев Е.С., Павлов Д.В., Муравина Н.Л. Температурная реакция тканей коленного сустава в послеоперационном периоде при суставных переломах мыщелков большеберцовой // Современные технологии в медицине. 2011. №4. С.177-180.
13. Laskari K, Pentazos G., Prekas K., Raftakis I., Siores E., Sfikakis P.P. Microwave radiometry-derived thermal changes of small joints as potential additional biomarker in rheumatoid arthritis: a prospective study. *Scientific Abstracts* Abstract number: 1449 Abstracts Accepted for Publication Rheumatoid arthritis - prognosis, predictors and outcome C.1133-1134.
14. Zampeli E., Raftakis I., Michelongona A., Nikolaou C., Elezoglou A., Toutouzas K., Siores E., Sfikakis P.P. Detection of subclinical synovial inflammation by microwave radiometry. *PLoS ONE*. 2013. V. (8)5. P. e64606.
15. Tarakanov A.V., Tarakanov A.A., Vesnin S., Efremov V.V., Roberts Neil and Goryanin I. Influence of ambient temperature on recording of skin and deep tissue temperature in region of lumbar spine. *Eur. J. Mol. Clin. Med.* 2020. №7 (1). P. 21-26. DOI: 10.5334/ejmcm.274.