



DOI: <https://doi.org/10.15688/mpcm.jvolsu.2025.1.2>

УДК 311, 616-07
ББК 22.1

Дата поступления статьи: 05.02.2025
Дата принятия статьи: 09.03.2025

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ РТМ-ДИАГНОСТИКИ ОТ ВОЗРАСТНЫХ ФАКТОРОВ И ТИПА ФИГУРЫ

Алаа Алхасан

Аспирант кафедры математического анализа и теории функций,
Волгоградский государственный университет
alhasanalaa94@gmail.com, matf@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Елена Алексеевна Мазепа

Кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры математического анализа и теории функций,
Волгоградский государственный университет
elena.mazepa@volsu.ru, matf@volsu.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7603-4133>
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается вопрос о взаимосвязи температурных данных, полученных при РТМ-диагностике молочных желез (МЖ) пациентов, с их возрастными характеристиками, типом телосложения и диаметром молочных желез. В публикациях по диагностике заболеваний МЖ медицинской направленности отмечается факт понижения температуры, измеренной в различных точках МЖ у здоровых пациентов с увеличением возраста пациента. Основная задача данной работы состояла в статистическом подтверждении или опровержении данного факта. Различными статистическими методами были исследованы данные более 2 700 пациентов из разных возрастных групп от 15 лет и старше, имеющих различное телосложение, от

очень худых до очень полных. В ходе исследования была подтверждена гипотеза о понижении температуры в точках МЖ в возрастной группе старше 40 лет, что особенно ярко проявляется у очень полных пациентов. С другой стороны, у пациентов с недостаточной массой тела данная гипотеза не выполнена, и в некоторых точках наблюдается в среднем повышение температуры в возрастной группе старше 40 лет.

Ключевые слова: заболевания МЖ, РТМ-диагностика, распределение температурных данных, непараметрические критерии, однородность выборки, критерий Манна — Уитни, критерий Краскела — Уоллиса.

Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в 2022 г. рак молочной железы был диагностирован у 2,3 млн женщин, что делает его самым распространенным онкологическим заболеванием среди женщин [1; 8; 9]. Поскольку рак молочной железы является одной из основных проблем здравоохранения, в современной медицине разработаны различные методики, направленные на раннее выявление заболевания, что играет важную роль в улучшении прогноза выздоровления и снижении смертности.

Важно отметить, что существует несколько факторов риска, повышающих уровень заболеваемости. В первую очередь это возраст, поскольку риск развития рака молочной железы увеличивается с возрастом и большинство случаев диагностируется у женщин старше 50 лет. Кроме того, к факторам риска относят чрезмерную полноту. Как показывают исследования, ожирение повышает риск развития рака молочной железы [8].

Хотя существует множество классических методов обнаружения и диагностики этого заболевания (УЗИ, маммография, биопсия, пальпация), в последнее время в ряде специализированных клиник для диагностических целей стали использовать специальные медицинские термометры с датчиками микроволновых и инфракрасных температур (РТМ-диагностика). Это обусловлено прежде всего неинвазивностью данной методики обследования [6; 7]. В последние 10 лет появилось большое количество работ, в которых различными математическими методами (статистический анализ, интеллектуальный анализ, факторный анализ данных и др.) на основе данных РТМ-диагностики выявляются скрытые диагностические закономерности того или иного заболевания (например, [2; 3]).

Данная работа посвящена изучению взаимосвязи температурных данных пациентов с их возрастными характеристиками, типом телосложения и диаметром молочных желез. Основной задачей исследования была задача установления статистической зависимости температур, измеренных в различных диагностических точках МЖ, от возраста и типа фигуры в группе здоровых пациентов. Исследуемая база данных состояла более чем из 7 000 протоколов обследования молочных желез методом комбинированной термометрии. Каждый протокол содержал температурные данные в 22 точках исследования двумя различными датчиками, а также дополнительную информацию: дата обследования, дата рождения, тип телосложения, диаметр желез, количество беременностей и родов и некоторые другие сведения. Каждой молочной железе также была присвоена температурная метка Th0, Th1, Th2, Th3, Th4, Th5 в зависимости от степени температурных аномалий, которые наблюдались при измерении температур в точках молочных желез [7]. Метки Th0, Th1, Th2 соответствуют отсутствию или незначительным температурным

аномалиям в молочной железе. Метки Th3, Th4, Th5 присваиваются пациентам при значительных температурных изменениях, которые возникают при различных заболеваниях молочных желез.

1. Описание исследуемой выборки

Непосредственно исследуемая выборка состояла из 2 729 здоровых пациентов с метками Th0, Th1, Th2 для обеих молочных желез. При этом из всех протоколов одного пациента был оставлен только один протокол с последним измерением. Опишем переменные (признаки), которые мы будем использовать в данном исследовании [7].

1. Возраст.

2. Диаметр молочной железы (измеряется сантиметром от середины грудной клетки через сосок молочной железы до переходной складочки, не деформируя ткань молочной железы).

3. Тип фигуры в следующей качественной шкале:

- очень худая – «когда практически невозможно поставить антенну-аппликатор на область молочной железы так, чтобы не было просвета между телом и антенной»;
- худая – «молочная железа практически не выделяется, но антенна-аппликатор устанавливается без просвета между телом и антенной»;
- нормальная – «в этом случае при стандартных измерениях охватывается вся область молочной железы, и нет признаков ожирения»;
- полная – «при измерении охватывается вся область молочной железы, но в молочной железе преобладает жировая ткань, что также влияет на абсолютную температуру молочных желез»;
- очень полная – «при измерениях по одному стандартному кругу вся молочная железа не охватывается, поэтому можно провести две или три серии измерений, и наиболее информативную серию оставить для сохранения в базе данных» [7].

Соответствующие типы фигур на диаграммах и графиках обозначены: о.х. — очень худая, х. — худая, н. — нормальное телосложение, п. — полное телосложение, о.п. — очень полное телосложение. В последующем исследовании пациентки очень худые и худые представлены одной выборкой, поскольку отдельная группа очень худых пациенток оказалась слишком малочисленной.

4. Измеренная микроволновая (глубинная) температура в 22 точках молочных желез справа и слева и прилегающих областях (mw_right, mw_left).

5. Измеренная инфракрасная (кожная) температура в 22 точках молочных желез справа и слева и прилегающих областях (ir_right, ir_left).

Точками измерения температур при обследовании молочной железы являются середины квадрантов (точки с номерами 2, 4, 6, 8), границы между квадрантами (точки 1, 3, 5, 7), область соска (точка 0), аксиллярные области (лимфатические узлы в точках с номером 9) и опорные точки T1 и T2, всего 22 точки (см. рис. 1). Непосредственно в дальнейшем исследовании будут задействованы точки с 0 по 9 на каждой молочной железе.

Все исследуемые протоколы были разделены на несколько групп по возрасту, типу фигуры и диаметру МЖ (см. рис. 2).

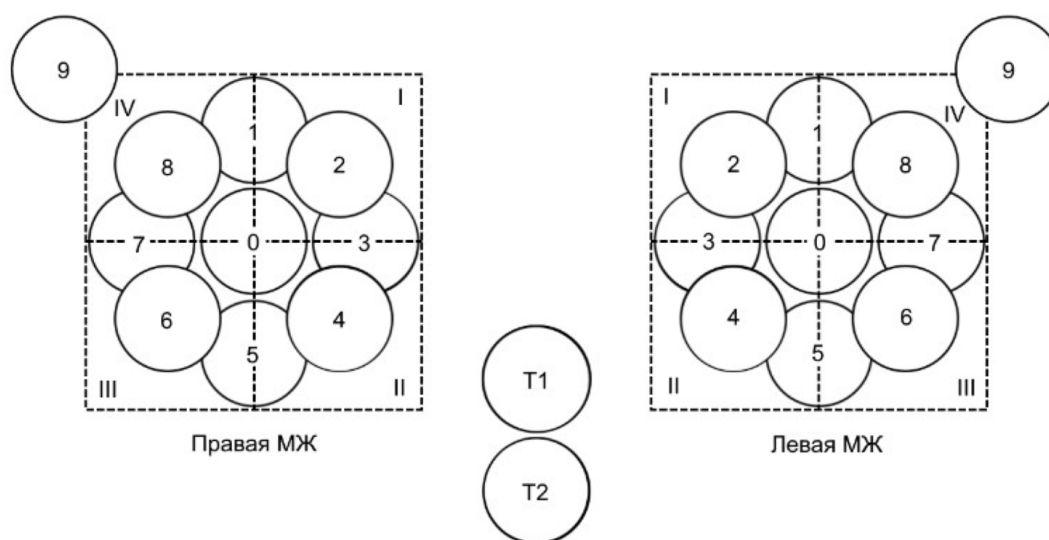


Рис. 1. Схема измерения



Рис. 2. Диаграммы

На данной диаграмме символом «41 >» обозначены пациенты возраста 41 и старше, а символом «26 >» обозначены пациенты с диаметром МЖ 26 см и более.

Замечание. Исследование проводилось в несколько этапов. Первый этап предполагал проверку соответствия выборочных данных нормальному распределению. На следующем этапе была осуществлена проверка однородности температурных данных в различных возрастных группах, группах различного телосложения и диаметра МЖ с помощью критерия Краскела — Уоллиса. Третьим этапом для уточнения и подтверждения результатов второго этапа о различии температурных данных в разных группах пациентов был применен двувывборочный тест Манна — Уитни. На четвертом этапе было проведено исследование распределения температурных меток по возрасту и типу фигуры. На заключительном пятом этапе с помощью графического метода было проанализировано поведение выборочных средних температур в каждой точке измерения в различных группах по возрасту и телосложению. Для проведения статистического анализа данных была выбрана программа SPSS. Все расчеты выполнялись отдельно для глубинных температур (mw) и температуры кожи (ig), а также для правой и левой МЖ. Результаты вычислений были схожими, поэтому в работе представлена только часть из них.

2. Начальный этап исследования и его результаты

На первом этапе исследования выборочные данные были проверены на соответствие нормальному распределению по каждому признаку. Оказалось, что выборочные данные для большого числа признаков не соответствуют нормальному распределению. Кроме того, такие данные, как тип фигуры являются качественными. Поэтому для дальнейшего исследования были выбраны непараметрические критерии, например, тест Краскела — Уоллиса. Он используется, в частности, для проверки статистической гипотезы об однородности температурных данных нескольких групп пациентов (по возрасту, типу фигур, диаметру МЖ). Статистика для теста Краскела — Уоллиса определяется следующим образом [4; 5]:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{T_i^2}{N_i} - 3(N+1),$$

где N_i — число элементов i -й группы; N — объем выборки (в нашем случае $N = 2729$), T_i — ранговая сумма для i -й группы, $i = 1, 2, \dots, k$.

В данной работе с помощью критерия Краскела — Уоллиса была исследована однородность температурных данных в 20 точках измерения на МЖ слева и справа (кроме опорных точек) различных возрастных групп. Аналогичные исследования были проведены также в группах различных по телосложению и диаметру МЖ. В таблицах 1–3 представлены результаты теста Краскела — Уоллиса, где синим цветом отмечены значимые температурные различия в группах во всех точках измерения. Результаты этого теста были следующими.

1. Для возрастных групп различия подтвердились во всех точках измерения температуры микроволновым и инфракрасным датчиком.

Таблица 1

Результаты теста Краскела — Уоллиса для групп различных по возрасту

Температура	Точки измерения									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
mw_right										
ir_right										
mw_left										
ir_left										

2. Что касается диаметра молочной железы, то различия присутствуют во всех точках измерения температуры микроволновым и инфракрасным датчиком, кроме соска (точка 0). Как отмечают медики, сосок является особой точкой молочной железы, поведение температуры в этой точке отличается от других точек измерения на МЖ.

3. Относительно типа фигуры значимые различия температурных данных в группах были обнаружены во всех точках и диапазонах измерения температуры, за исключением четвертой точки, где они наблюдались только для инфракрасного датчика.

Таблица 2

Результаты теста Краскела — Уоллиса для групп различных по диаметру МЖ

Температура	Точки измерения									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
mw_right										
ir_right										
mw_left										
ir_left										

Таблица 3

Результаты теста Краскела — Уоллиса для групп различных по типу фигуры

Температура	Точки измерения									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
mw_right										
ir_right										
mw_left										
ir_left										

3. Результаты теста Манна — Уитни для температурных данных молочных желез в разных группах

Основываясь на результатах теста Краскела — Уоллиса, были сделаны выводы, что между группами пациентов разного возраста, типа телосложения и диаметра молочных желез существуют статистически значимые различия температурных данных молочных желез. Чтобы узнать, какие именно группы ответственны за полученные различия, мы применим двувыворочный непараметрический тест Манна — Уитни для большого объема данных. В исследовании участвуют все пары групп различные по возрасту (по типу фигуры, по диаметру МЖ). В качестве критериальной статистики используется величина T , равная сумме рангов элементов меньшей группы. Далее для выборок большого объема (если объем данных больше 20 наблюдений) находится вспомогательная статистика

$$Z = \frac{|T - m| - 0,5}{\sigma}, \quad \text{где} \quad m = \frac{n_1(n_1 + n_2 + 1)}{2}, \quad \sigma = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}.$$

Здесь n_1 и n_2 — численность меньшей и большей из двух сравниваемых групп [4; 5].

В таблице 4 синим цветом выделены пары, где имеются значительные температурные различия между возрастными группами по всем точкам измерения на молочной железе. Результаты теста показывают, что значимые температурные различия между первой и третьей, второй и третьей возрастными группами присутствуют во всех точках измерения температур на МЖ, кроме особых точек 0 и 9. Между первой и второй возрастными группами в ряде точек измерения температур микроволновым датчиком значимых различия также не подтвердились.

Следующим шагом проведем анализ результатов теста Манна — Уитни проверки температурной однородности групп различных по диаметру молочных желез (см. табл. 5). Результаты теста показывают, что значимые температурные различия (синий цвет) наблюдаются между всеми группами пациентов, имеющих различный диаметр МЖ, во всех точках измерения температур на МЖ, кроме особой точки 0, где стабильных температурных различий между группами не наблюдается.

На последнем шаге анализируем результаты теста Манна — Уитни для пар групп различных по телосложению, представленные в таблице 6.

Таблица 4

Результаты теста Манна — Уитни для пар групп различных по возрасту

Температура	Возрастные группы	Точки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
mw_right	(16-35)и(36-40)										
	(16-35)и(41>)										
	(36-40)и(41>)										
ir_right	(16-35)и(36-40)										
	(16-35)и(41>)										
	(36-40)и(41>)										
mw_left	(16-35)и(36-40)										
	(16-35)и(41>)										
	(36-40)и(41>)										
ir_left	(16-35)и(36-40)										
	(16-35)и(41>)										
	(36-40)и(41>)										

Таблица 5

Результаты теста Манна — Уитни для пар групп различных по диаметру молочной железы

Температура	Группы по диаметру мж	Точки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
mw_right	(14-19)и(20-25)										
	(14-19)и(26>)										
	(20-25)и(26>)										
ir_right	(14-19)и(20-25)										
	(14-19)и(26>)										
	(20-25)и(26>)										
mw_left	(14-19)и(20-25)										
	(14-19)и(26>)										
	(20-25)и(26>)										
ir_left	(14-19)и(20-25)										
	(14-19)и(26>)										
	(20-25)и(26>)										

Здесь следует отметить определенную закономерность в поведении внутренней и кожной температур при сравнении групп пациентов с худым и нормальным телосложением, а также с нормальным, полным и очень полным телосложением. Например, если указанные пары групп являются однородными по внутренней температуре в большинстве точек измерения (белый цвет), то кожная температура в противовес этому сигнализирует об их неоднородности (синий цвет), и наоборот. Таким образом, сильная худоба и сильная полнота оказывают определенное влияние на температурный фон молочных желез.

Объединяя все описанные выше результаты проверки исследуемой выборки на однородность температурных данных в зависимости от деления всего объема данных на

Таблица 6

Результаты теста Манна — Уитни для пар групп различных по телосложению

Температура	Фигурные группы	Точки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
mw_right	(о.х,х)и(н)										
	(о.х,х)и(п)										
	(о.х,х)и(о.п)										
	(н)и(п)										
	(н)и(о.п)										
	(п)и(о.п)										
ir_right	(о.х,х)и(н)										
	(о.х,х)и(п)										
	(о.х,х)и(о.п)										
	(н)и(п)										
	(н)и(о.п)										
	(п)и(о.п)										
mw_left	(о.х,х)и(н)										
	(о.х,х)и(п)										
	(о.х,х)и(о.п)										
	(н)и(п)										
	(н)и(о.п)										
	(п)и(о.п)										
ir_left	(о.х,х)и(н)										
	(о.х,х)и(п)										
	(о.х,х)и(о.п)										
	(н)и(п)										
	(н)и(о.п)										
	(п)и(о.п)										

группы по возрасту, диаметру МЖ и типу фигуры, а также учитывая умеренную корреляционную взаимосвязь (коэффициент корреляции Спирмена равен 0,4) между типом фигуры и диаметром МЖ (см. рис. 3), делаем вывод, что основными факторами, которые одновременно влияют на температурный фон МЖ, являются тип телосложения и возраст. В этой связи следует отметить, что температурный фон здоровой МЖ, среднестатистической женщины нормального телосложения в возрасте 36–40 лет отличается от температурного фона здоровой МЖ женщины нормального телосложения в возрасте 41+, а также от температурного фона здоровой МЖ женщины возраста 36–40, но имеющей избыточный вес.

4. Связь между метками (Th0, Th1, Th2) и фигурой в разных возрастных группах

Ранее мы упоминали, что изучаемая группа пациентов — это здоровые пациенты. В этом разделе мы рассмотрим связь между метками (Th0, Th1, Th2) и возрастными группами. Эти метки означают:

- Th0 — нет температурных аномалий. Все измеряемые точки показывают одинаковое соотношение температуры кожи и внутри;
- Th1 — нет признаков рака молочной железы. Температура меняется незначительно. Присутствует область с более низкой температурой. Соотношение внутренней и кожной температур во всех точках на одном уровне;
- Th2 — нет признаков рака молочной железы; незначительные изменения температуры; есть область повышенной температуры; и соотношение внутренней и кожной температур на одном уровне.

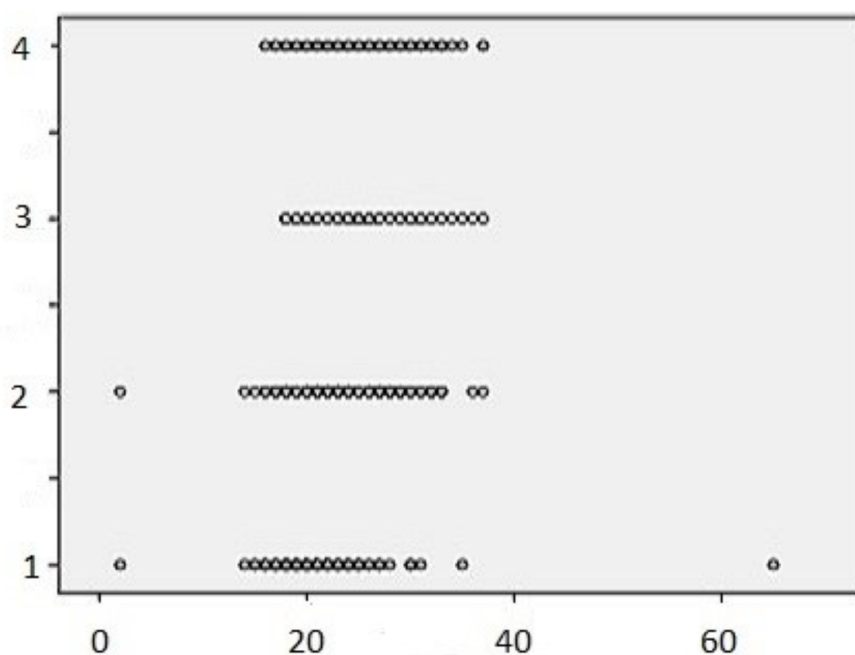


Рис. 3. Распределение диаметра МЖ (по горизонтальной оси, см) в зависимости от типа фигуры (по вертикальной оси): 1 — худые (очень худые); 2 — нормальное телосложение; 3 — полные; 4 — очень полные

В таблице 7 представлено распределение здоровых пациентов с каждой из меток Th0, Th1, Th2 в зависимости от возрастной группы и типа телосложения. В таблице 8 содержится соответствующее процентное распределение.

Таблица 7

Распределение пациентов с температурными метками

Возраст	типфигуры	О.Х,Х			Н.			П.			О.П.		
	метки	Th0	Th1	Th2	Th0	Th1	Th2	Th0	Th1	Th2	Th0	Th1	Th2
16-35		99	36	49	182	54	136	30	16	29	33	16	11
36-40		63	27	33	174	70	182	40	24	35	18	5	19
41>		79	37	59	268	109	304	79	48	85	40	24	25

Таблица 8

Процентное распределение пациентов с температурными метками

Возраст	типфигуры	О.Х,Х			Н.			П.			О.П.		
	метки	Th0	Th1	Th2	Th0	Th1	Th2	Th0	Th1	Th2	Th0	Th1	Th2
16-35		53,8	19,6	26,6	48,9	14,5	36,6	40,0	21,3	38,7	55,0	26,7	18,3
36-40		51,2	22,0	26,8	40,9	16,4	42,7	40,4	24,2	35,4	42,9	11,9	45,2
41>		45,1	21,1	33,8	39,4	16,0	44,6	37,3	22,6	40,1	44,9	27,0	28,1

Из приведенных выше данных видно, что с возрастом среди здоровых (худых, нормальных и полных) пациентов количество пациентов с меткой Th2 превышает количество пациентов с меткой Th1, и даже превышает число пациентов с меткой Th0 при нормальном и полном телосложении.

Наиболее типичная картина изменения температур в МЖ представлена в группе пациентов нормального телосложения, где наблюдается строгий рост числа пациентов с температурной меткой Th2 при увеличении их возраста. В то же время среди пациентов худого телосложения хотя и наблюдается процентный рост таких пациентов, однако их количество остается во всех возрастных категориях значительно меньше числа пациентов с меткой Th0. В группах пациентов полного и очень полного телосложения картина размыта, определенных закономерностей не выявлено.

Итак, можно сказать, что в среднем существует эффект увеличения возраста для метки Th2 и уменьшения возраста для метки Th0, а количество пациентов с меткой Th1 всегда меньше, чем пациентов с метками Th0 и Th2. Кроме того, последние результаты еще раз подчеркивают тот факт, что на температурный фон МЖ оказывают влияние не только возрастные факторы, но и телосложение.

5. Поведение выборочных средних температур в точках измерения для разных возрастных групп в связи с типом телосложения

В качестве дополнительного шага исследования были рассчитаны выборочные средние температуры точек от 0 до 9 для различных возрастных групп и типов фигуры.

При графическом представлении результатов оказалось, что поведение этих характеристик в зависимости от возраста и типа фигуры во всех точках измерения имеет одинаковую тенденцию, за исключением точки 0 (сосок). Для наглядности приведем соответствующие графики для точек 0, 3, 7 (см. рис. 4–6). По оси абсцисс расположены типы фигур от худых (отметка 1) до очень полных (отметка 4). В легендах на графиках указана исследуемая точка 0, 3 или 7, а также возрастная группа пациентов.

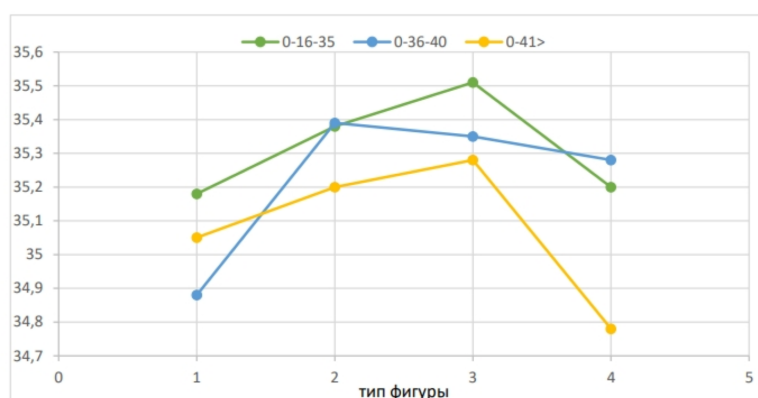


Рис. 4. Поведение выборочных средних в точке 0

На всех графиках у пациентов старше 41 года наблюдается общая тенденция к снижению температуры, особенно ярко выраженная у пациентов с избыточным весом. Пациенты же с недостатком веса составляют исключение, их температурные показатели в точках измерения на МЖ с возрастом могут даже повышаться.

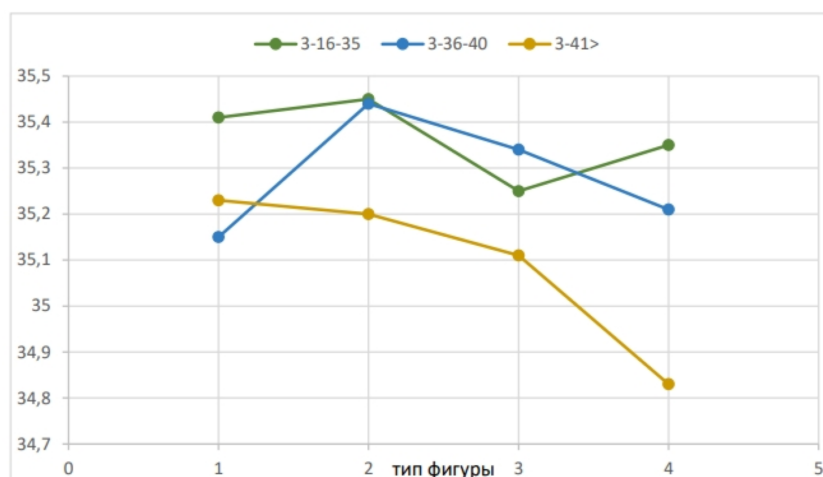


Рис. 5. Поведение выборочных средних в точке 3

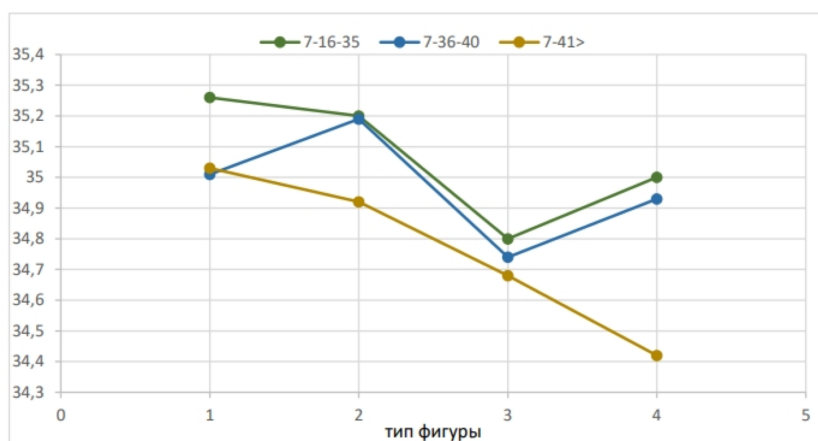


Рис. 6. Поведение выборочных средних в точке 7

Заключение

Исследования, проведенные в данной работе, с одной стороны, имели цель статистически подтвердить значимое снижение температурных данных в молочной железе без патологий при увеличении возраста пациента. Оказалось, что на температурный фон МЖ оказывает существенное влияние не только возрастной фактор, но и тип телосложения. Была доказана, во-первых, неоднородность температурных данных (как *mw*, так и *ir*) в точках МЖ в различных возрастных группах и группах различного телосложения. Во-вторых, установлена общая тенденция снижения температуры в точках МЖ в группе пациентов старше 41 для всех типов телосложения, кроме пациентов с недостатком веса. В-третьих, показано, что чрезмерно избыточный вес с возрастом увеличивает тенденцию к общему снижению температурного фона в МЖ в среднем более, чем на полградуса в сравнении с другими возрастными группами, тогда как при худом, нормальном и умеренно полном телосложении такое снижение составляет менее половины градуса.

С другой стороны, исследования являются подготовительным этапом перед проведением регрессионного анализа данных и построением моделей множественной регрессии изменения температурных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всемирная организация здравоохранения. Рак молочной железы. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>.
2. Лосев, А. Г. Интеллектуальный анализ данных микроволновой радиотермометрии в диагностике рака молочной железы / А. Г. Лосев, В. В. Левшинский // Математическая физика и компьютерное моделирование. – 2017. – Т. 20, № 5. – С. 49–62. – DOI: <https://doi.org/10.15688/mpcm.jvolsu.2017.5.6>
3. Мазепа, Е. А. Исследование однородности данных РТМ-диагностики по типу датчика / Е. А. Мазепа, В. И. Дубовская // Труды института математики и информационных технологий Волгоградского государственного университета. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2019. – С. 24–31.
4. Медик, В. А. Математическая статистика в медицине : учеб. пособие / В. А. Медик, М. С. Токмачев. – М. : Финансы и статистика, 2007. – 800 с.
5. Наркевич, И. А. Статистика в биомедицине, фармации и фармацевтике : учеб. пособие / И. А. Наркевич, Н. Н. Зубов, В. И. Кувакин. – М. : КноРус, 2019. – 300 с.
6. О возможности диагностики рака молочной железы путем измерения собственного электромагнитного излучения тканей (радиотермометрии) / Л. М. Бурдина, А. В. Вайсблат, С. Г. Веснин, Н. Н. Тихомирова // Маммология. – 1997. – № 2. – С. 17–22.
7. Тихомирова, Н. Н. Микроволновая радиотермометрия. Техника проведения РТМ-обследования молочных желез, 2008 / Н. Н. Тихомирова. – URL: http://www.radiometry.ru/radiometry/books/upload/536/tech_2008.pdf
8. Risk Factors. National Breast Cancer Foundation. – URL: <https://www.nationalbreastcancer.org/breast-cancer-risk-factors/>
9. WebMD. Risk Factors for Breast Cancer. – URL: <https://www.webmd.com/breast-cancer/overview-risks-breast-cancer>.

REFERENCES

1. Vsemirnaya organizaciya zdorovoohraneniya. Rak molochnoj zhelezy. [World Health Organization. Breast Cancer]. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>.
2. Losev A.G., Levshinskiy V.V. Intellectualnyy analiz dannykh mikrovolnovoy radiotermometrii v diagnostike raka molochnoy zhelezy [Data Mining of Microwave Radiometry Data in the Diagnosis of Breast Cancer]. *Matematicheskaya fizika i kompyuternoe modelirovanie* [Mathematical Physics and Computer Simulation], 2017, vol. 20, no. 5, pp. 49-62. DOI: <https://doi.org/10.15688/mpcm.jvolsu.2017.5.6>
3. Mazepa E.A., Dubovskaya V.I. Issledovanie odnorodnosti dannykh RTM-diagnostiki po tipu datchika [Investigation of Homogeneity of the RTM Diagnostic Data by Sensor Type]. *Trudy instituta matematiki i informatsionnykh tekhnologiy Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta*. Volgograd, Izd-vo VolGU, 2019, pp. 24-31.
4. Medik V.A., Tokmachev M.S. *Matematicheskaya statistika v meditsine: ucheb. posobie* [Mathematical Statistics in Medicine]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2007. 800 p.
5. Narkevich I.A., Zubov N.N., Kuvakin V.I. *Statistika v biomeditsine, farmatsii i farmatsevtike: ucheb. posobie* [Statistics in Biomedicine, Pharmacy and Pharmaceuticals. A Textbook]. Moscow, KnoRus, 2019. 300 p.
6. Burdina L.M., Vaysblat A.V., Vesnin S.G., Tikhomirova N.N. O vozmozhnosti diagnostiki raka molochnoy zhelezy putem izmereniya sobstvennogo elektromagnitnogo izlucheniya tkaney (radiotermometrii) [On the Possibility of Diagnosing Breast Cancer by Measuring the Tissues' Own Electromagnetic Radiation (Radiothermometry)]. *Mammologiya* [Mammalogy], 1997, no. 2, pp. 17-22.
7. Tikhomirova N.N. *Mikrovolnovaya radiotermometriya. Tekhnika provedeniya RTM-obsledovaniya molochnyh zhelez* [Microwave Radiothermometry. Techniques of RTM Examination of Mammary Glands].

Technique for Conducting RTM Examination of Breast], 2008 URL: http://www.radiometry.ru/radiometry/books/upload/536/tech_2008.pdf

8. *Risk Factors. National Breast Cancer Foundation.* URL: <https://www.nationalbreastcancer.org/breast-cancer-risk-factors/>

9. *WebMD. Risk Factors for Breast Cancer.* URL: <https://www.webmd.com/breast-cancer/overview-risks-breast-cancer>

INVESTIGATION OF THE DEPENDENCE OF RTM DIAGNOSTIC TEMPERATURE DATA ON AGE FACTORS AND BODY TYPE

Alaa Alkhasan

Postgraduate Student, Department of Mathematical Analysis and Function Theory,
Volgograd State University
alhasanalaa94@gmail.com, matf@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Elena A. Mazepa

Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor,
Department of Mathematical Analysis and Function Theory,
Volgograd State University
elena.mazepa@volsu.ru, matf@volsu.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7603-4133>
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Abstract. The paper discusses the relationship of temperature data obtained by RTM diagnostics of the breast of patients with their age characteristics, body type, and breast diameter. Publications on the diagnosis of breast cancer of a medical nature note the fact of a decrease in temperature measured at various points of the breast in healthy patients with increasing age of the patient. The main objective of this paper was to statistically confirm or deny this fact. The data of more than 2700 patients from different age groups from 15 years and older. Patients had different physique from raw-boned to corpulent. In the course of the study, a hypothesis about a decrease in temperature at the points of the breast in the age group over 40 was confirmed, which is especially pronounced for corpulent patients. On the other hand, this hypothesis has not been performed for underweight patients. The temperature in such patients at some points increased on average in the age group over 40 years. Thus, it was established that the temperature background of the breast is influenced not only by age factors, but also by body type.

Key words: breast diseases, RTM diagnostics, distribution of temperature data, nonparametric criteria, homogeneous samples, Mann — Whitney criterion, Kraskell — Wallis criterion.