

Тепловизионные признаки воспалительных заболеваний легких

И. М. Долгов¹, М. Г. Воловик^{1, 2}

¹ ООО «Дигнозис», г. Москва

² ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения России, г. Нижний Новгород

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: выявление тепловизионных признаков, характеризующих воспалительные заболевания органов дыхания и пригодных для тепловизионного выявления указанной патологии.

Материалы, методы: Накопление и обработка термограмм осуществлялись в облачном хранилище «TVision» компании «Дигнозис», Россия. Термограммы размечались в автоматическом режиме с формированием областей интереса (ОИ) на передней и задней поверхностях грудной клетки в условной проекции верхних (ВОЛ) и нижних (НОЛ) отделов легких и линий на передней поверхности грудной клетки. В зонах ВОЛ и НОЛ определяли среднюю температуру и вычисляли показатели: 1. Разница средних температур ВОЛ/НОЛ на передней и задней поверхности грудной клетки. 2. Разница средних температур ВОЛ/ВОЛ и НОЛ/НОЛ на задней поверхности грудной клетки. 3. Значение показателя достоверности аппроксимации для полиномиальной линии тренда (R^2) вдоль линий разметки на передней поверхности грудной клетки.

В анализ включены 489 термограмм, в том числе здоровых субъектов — 337 (группа 1) и больных (группа 2) — 152. С учетом гендерных различий у женщин на передней поверхности грудной клетки исследовались только укороченные линии трендов.

Результаты: среднее значение R^2 в группе здоровых было достоверно выше: $0,58 \pm 0,16$ против $0,30 \pm 0,20$, $p < 0,05$. Значения средних температур в проекции НОЛ были выше, чем в проекции ВОЛ (как на передней, так и на задней поверхности грудной клетки), только в группе пациентов с подтвержденной патологией органов дыхания, так же как и термоасимметрия (разница между аналогичными зонами слева и справа от средней линии) по проекциям ВОЛ и НОЛ на задней поверхности грудной клетки, превышающая $0,4^\circ\text{C}$.

Заключение: определены независимые тепловизионные критерии, пригодные для выявления признаков воспалительных заболеваний органов дыхания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тепловидение, воспалительные заболевания легких, методология.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов относительно материала, обсуждаемого в данной статье.

Thermography signs of lung inflammation

I. M. Dolgov¹, M. G. Volovik^{1, 2}

¹ LLO 'Dignosis', Moscow

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education 'Privolzhsky Research Medical University' of the Ministry of Health of the Russian Federation, Nizhny Novgorod

SUMMARY

The purpose of the study was to find out if infrared thermography of the thorax is the method to select the patients with lung inflammation. **Material, methods:** Thermograms were accumulated and processed in the «TVision» cloud storage («Dignosis», Russia). Special regions of interest (ROI) were automatically created: 1. on the front and back of the thorax roughly in the projection of the upper lobe (ULP) and the lower lobe (LLP) of the lung; 2. e lines on the front surface of the thorax. Two types of temperature gradients were calculated: between ULP and LLP (by subtraction mean temperature in LLP from mean temperature in ULP) ($\Delta T1$); between both ULP and both LLP on the back of the thorax ($\Delta T2$). Approximation confidence value for the polynomial trend line (R^2) along the marked lines on the front surface of the thorax also calculated. Totally 489 thermograms, were analyzed, included 337 from healthy patients (group 1) and 152 from patients with confirmed diagnosis of lung inflammation (group 2).

Results: R^2 value was higher in the group 1 compare to group 2 ($0,58 \pm 0,16$ vs $0,30 \pm 0,20$, $p < 0,05$). $\Delta T1$ value was negative only in patients from group 2, as well as $\Delta T2$ value greater than $0,4^\circ\text{C}$.

Conclusion: three independent thermographic criteria suitable for detecting lung inflammation were found, so infrared thermography is the valuable method for screening this pathology.

KEY WORDS: infrared thermography, lung inflammation, methodology.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict concerning the subject matter or materials discussed in the manuscript.

Введение

Актуальность своевременной диагностики заболеваний органов дыхания, особенно в условиях существующей пандемии коронавирусной инфекции, обусловлена не только значительным распространением данной патологии, но и определенными трудностями, связанными с диагностикой. В отношении, например, внебольничной пневмонии (ВП) диагноз является определенным при наличии у пациента рентгенологически подтвержденной очаговой инфильтрации легочной ткани

и, по крайней мере, двух клинических симптомов и признаков из числа следующих: а) остро возникшая лихорадка в начале заболевания ($T^{\circ} > 38,0^\circ\text{C}$); б) кашель с мокротой; в) физические признаки (фокус крепитации/мелкопузырчатые хрипы, бронхиальное дыхание, укорочение перкуторного звука); г) лейкоцитоз $> 10 \times 10^9/\text{л}$ и/или палочкоядерный сдвиг ($> 10\%$). [1] Таким образом, для установления диагноза требуется наличие рентгеновского оборудования и определенная компетенция специалиста-медика, способного выявить аускультатив-

ные признаки заболевания. При отсутствии возможности выполнения рентгенологического исследования и недостаточной квалификации специалиста высок риск несвоевременной диагностики со всеми вытекающими последствиями. В такой ситуации решением мог бы стать недорогой, легкодоступный, не зависящий от степени подготовки специалиста скрининговый метод, на основании которого можно было бы строить тактику обследования, например, обоснованно направлять пациентов на рентгенологическое обследование в удаленные

медицинские учреждения, имеющие соответствующее оборудование для лучевой диагностики и профильных специалистов.

Материалы, методы

Исследование ретроспективное, основано на анализе обезличенных термограмм (согласно п. 9 ч. 1 ст. 6 ФЗ № 152-ФЗ «О персональных данных»), полученных в профильных медицинских учреждениях на зарегистрированной медицинской технике и внесенных в облачную базу данных, в связи с чем одобрение этического комитета не запрашивалось.

Тепловизионное (ТПВ) обследование проводили на тепловизоре «ТВС-300 мед» производства компании «СИЛАР» (г. Санкт-Петербург) с матрицей разрешением 384×288 пикселей, температурной чувствительностью лучше $0,04^\circ\text{C}$. Все исследования были выполнены в стандартных условиях в соответствии с Протоколом ТПВ обследований European Association of Thermology (EAT) [2].

Накопление и обработка термограмм осуществлялись с использованием базы данных и многофункциональных возможностей анализа термоизображений облачного программного комплекса «TVision» компании «Дигносис», Россия (www.dignosys.com). Термограммы размечались в автоматическом режиме с формированием областей интереса (ОИ): многоугольники на передней и задней поверхностях грудной клетки условно в проекции верхних (ВОЛ) и нижних (НОЛ) отделов легких и линии на передней поверхности грудной клетки (рис. 1, 2).

В каждой ОИ многоугольники определяли среднюю температуру и вычисляли показатели разности температур (ΔT) путем вычитания значения средней темпе-

ратуры области НОЛ из значения средней температуры области ВОЛ:

— разница температуры в условных проекциях ВОЛ и НОЛ по передней поверхности грудной клетки справа (ΔT спереди справа);

— то же — слева (ΔT спереди слева);

— разница температуры в условных проекциях ВОЛ и НОЛ на задней поверхности грудной клетки (ВОЛ-ВОЛ) (ΔT ВОЛ-ВОЛ);

— разница температуры (термоасимметрия) между условными проекциями нижних отделов легких (НОЛ-НОЛ) на задней поверхности грудной клетки (ΔT НОЛ-НОЛ).

В каждой ОИ «линии» (которые представляют собой совокупность пикселей с измеренной температурой, расположенных вдоль избранной линии разметки) определяли значение показателя достоверности аппроксимации для полиномиальной линии тренда (R^2) (рис. 3).

Для статистического анализа использован пакет IBM SPSS Statistics 26.

Нормальность распределений оценивали с использованием критерия Шапиро — Уилкса; большинство изученных распределений не соответствовали критерию нормальности. Оценки центральных тенденций и вариаций представлены средними значениями со стандартными отклонениями $M \pm SD$ и медианами с квартильным размахом Me (1 кв., 3 кв.). Для количественных сравнений независимых групп использовали критерий Манна — Уитни.

Определение связи количественных данных с бинарным исходом (значение R^2 / наличие заболевания органов дыхания) проводили методом логистической регрессии.

Для оптимальной точки отсечения и для некоторых других точек рассчитывали показатели чувствительности (Se — Sensitivity), специфичности (Sp — Spe-

cificity), индекс Юдена как объединенную оценку чувствительности и специфичности, прогностическую ценность положительного результата (PPV — Positive Predictive Value), прогностическую ценность отрицательного результата теста (NPV — Negative Predictive Value), балансовую точность прогноза $(Se + Sp)/2$ и балансовую точность диагноза $(PPV + NPV)/2$, число, необходимое для правильной диагностики.

Для проверки полученной модели использовали ROC-анализ. Качество модели оценивали по общепринятой экспертной шкале (табл. 1).

Точные значения вероятности p представлены в тексте и таблицах. Пороговым значением для клинического исследования считали $p \leq 0,05$.

В анализ включены 489 термограмм, полученных в период с 2016 по 2020 год (с учетом гендерных различий, у женщин на передней поверхности грудной клетки исследовались только укороченные линии трендов, не заходящие на проекции молочных желез).

Сформированы две группы:

— группа 1 — здоровые (отсутствие признаков заболеваний органов дыхания на момент обследования);

— группа 2 — больные с верифицированной по клиническим данным и результатам рентгенологического обследования патологией органов дыхания, в том числе J12 — «вирусная пневмония, не классифицированная в других рубриках», J15 — «бактериальная пневмония, не классифицированная в других рубриках», J18 — «пневмония без уточнения возбудителя».

В группу 1 включены термограммы 337 человек (мужчин — 292), возраст

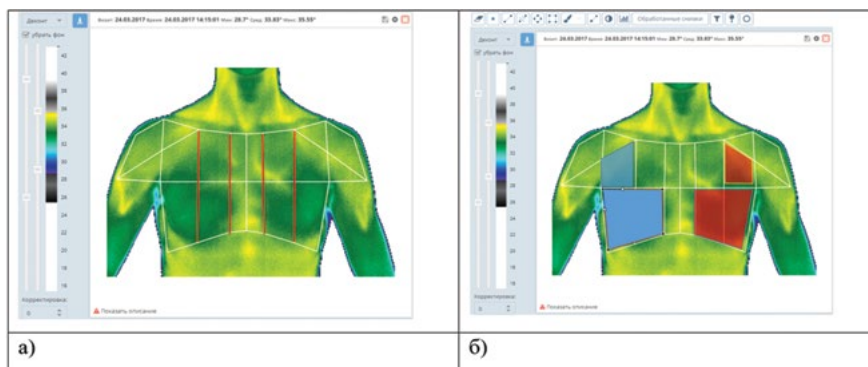


Рисунок 1. Области интереса на передней поверхности грудной клетки: а) расположение линий; б) расположение многоугольников: синий — условные проекции верхней (ВОЛ) и нижней (НОЛ) долей справа, красный — условные проекции верхней (ВОЛ) и нижней (НОЛ) долей слева

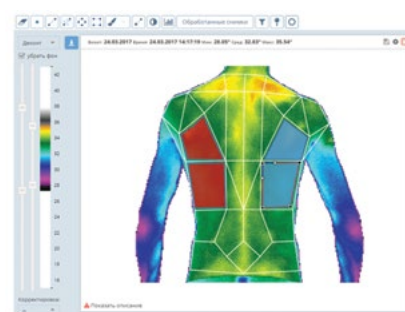


Рисунок 2. Области интереса на задней поверхности грудной клетки: расположение многоугольников: красный — условные проекции верхней (ВОЛ) и нижней (НОЛ) долей слева, синий — условные проекции верхней (ВОЛ) и нижней (НОЛ) долей справа

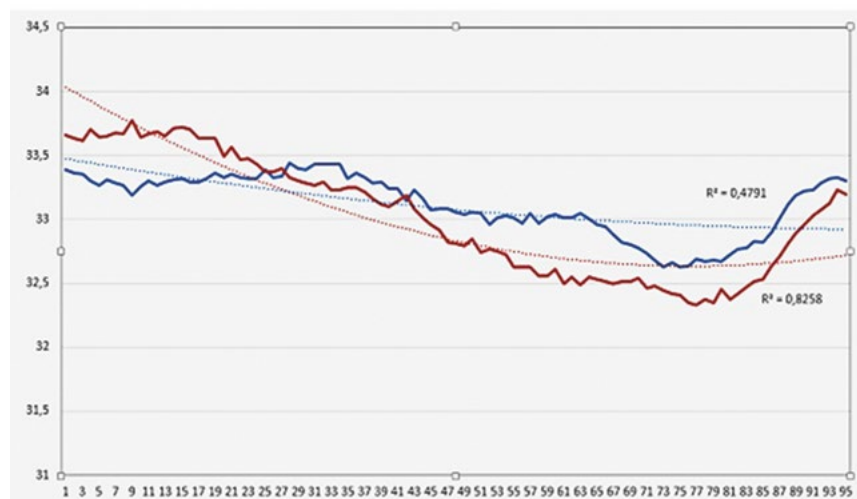


Рисунок 3. Определение значения показателя достоверности аппроксимации для полиномиальной линии тренда (R^2)

8–73 года ($32,5 \pm 17,5$); в группу 2 — термogramмы 152 пациентов (мужчин — 146), возраст 12–83 года ($24,1 \pm 9,4$), длительность заболевания — 3–30 дней ($8,8 \pm 6,7$).

Результаты

Оценка показателя R^2

Среднее значение показателя R^2 в группе 1 («здоровые») — $0,58 \pm 0,16$ (0,30–0,92), медиана 0,58, в группе 2 («больные») — $0,30 \pm 0,20$ (0,01–0,74), медиана 0,28. Проверенные значения R^2 в обеих группах не имеют нормального распределения (тест Шапиро — Уилка, $p < 0,05$), поэтому для количественных сравнений независимых групп использовали критерий Манна — Уитни: разница показателя R^2 между группами достоверна ($p < 0,05$). Оценки центральных тенденций и вариаций представлены на рис. 4.

Методом логистической регрессии была исследована связь между значением R^2 и наличием/отсутствием патологии.

Получена следующая таблица классификации (табл. 2):

Значение свободного члена Const $\beta = -2,706$, углового коэффициента $\beta = 8,069$.

Определены следующие показатели:

- чувствительность — 0,75 (0,67–0,83)*;
- специфичность — 0,84 (0,79–0,87)*;
- предсказательная ценность положительного результата (PPV) — 0,59 (0,53–0,65)*;
- предсказательная ценность отрицательного результата (NPV) — 0,91 (0,88–0,93)*;
- диагностическое отношение шансов (DOR) — 15,4;

- балансовая точность прогноза $(Se+Sp)/2$ — 0,79;
- балансовая точность диагноза $(PPV+NPV)/2$ — 0,75;
- индекс Юдена — 0,59;
- число, необходимое для диагностики (NND) — 1,69.

* — 95% доверительный интервал.

Отношение несогласия — 15,4 (значительно больше 1) показывает, что построенная классификация лучше, чем если бы классификация проводилась наугад.

Рассчитать вероятность наличия заболевания органов дыхания по полученному при исследовании значению R^2 можно при помощи следующего уравнения:

Вероятность заболевания органов дыхания = $1/1 + e^{(-2,706 + 8,069R^2)}$ (табл. 3).

Для проверки полученной модели использовали ROC-анализ (рис. 5).

В соответствии со шкалой экспертной оценки качество модели (площадь под кривой = 0,84) оценивается как «очень хорошее».

Значение $R^2 = 0,36$ является оптимальным порогом отсека с максимальными

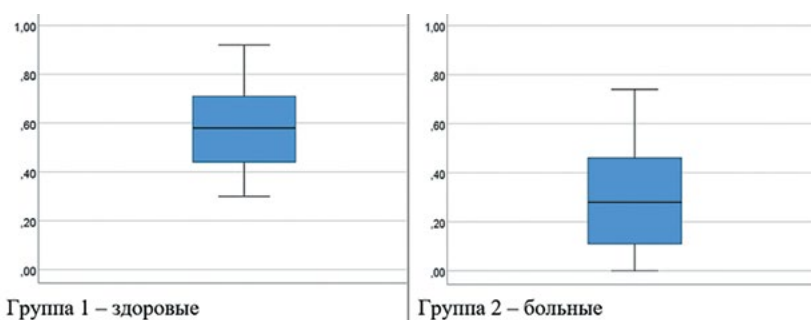


Рисунок 4. Оценка центральных тенденций

Таблица 1
Качество модели в зависимости от площади под ROC-кривой

Площадь под ROC-кривой	Качество модели
0,9–1,0	Отличное
0,8–0,9	Очень хорошее
0,7–0,8	Хорошее
0,6–0,7	Среднее
0,5–0,6	Неудовлетворительное

Таблица 2
Классификация логистической регрессии

	Группа 1	Группа 2	Процент правильных
Группа 1	91	61	59,9
Группа 2	29	308	91,4
Общая процентная доля			81,6

значениями чувствительности (Se) 88,3% и специфичности (Sp) 64,3%. Объединенная оценка чувствительности и специфичности (индекс Юдена) составила 0,59, что больше 0,5 и также подтверждает корректность модели.

Оценка значения разницы температуры (ΔT) в зонах ВОЛ и НОЛ

При анализе показателей ΔT в четырех регионах (право/лево спереди, право/лево сзади) выявлено, что значение ΔT в группе 1 («здоровые») всегда положительно (прямой градиент), в то время как в группе 2 («больные») этот показатель может принимать отрицательные значения (обратный градиент).

При анализе термоасимметрии (показатели: $\Delta T_{\text{вол-вол}}$; $\Delta T_{\text{нол-нол}}$) выявлено, что значение ΔT выше 0,4 °C встречается только в группе 2 («больные»).

Обсуждение

ВП относятся к числу наиболее распространенных острых инфекционных заболеваний. Согласно данным официальной

Таблица 3
Вероятность наличия патологии органов дыхания в зависимости от значения R^2

Значение R^2	Вероятность наличия патологии органов дыхания	Значение R^2	Вероятность наличия патологии органов дыхания
0,1	0,877581	0,55	0,162897
0,15	0,82764	0,6	0,115316
0,2	0,762831	0,65	0,0803
0,3	0,590687	0,7	0,055252
0,35	0,491521	0,75	0,037697
0,4	0,393017	0,8	0,025569
0,45	0,30251	0,85	0,017273
0,5	0,225115	0,9	0,011636

статистики, заболеваемость ВП в РФ в 2018 г. составила 492,3 на 100 тыс. населения с ростом этого показателя по сравнению с 2017 г. на 19,4% [3], при этом количество случаев внебольничной пневмонии в 2020 году в России составило 2 млн 724 тыс., это более чем в четыре раза больше, чем в предыдущие годы [4].

Среди возможных причин — ошибки в выявлении и трактовке симптомов при диагностике пневмонии на всех этапах оказания медицинской помощи, в том числе отсутствие или несвоевременное проведение рентгенологического исследования [5].

Как результат — несвоевременная диагностика: лишь у одной трети пациентов с пневмонией правильный диагноз устанавливается при обращении к врачу в амбулаторных условиях, из них в первые три дня болезни — только у 35% [6].

Исходя из вышесказанного, логично предположить, что будь в распоряжении специалиста, в том числе первичного звена (врача или фельдшера), удобное, простое в применении, не требующее специальных условий использования и дающее быстрый ответ средство, способное в автоматическом режиме выявлять признаки воспалительных заболеваний органов дыхания, действующее как система помощи при-

нятия решения, диагностический поиск стал бы более эффективным.

Такие средства, например, в отношении острых синуситов предоставляет современное медицинское тепловидение (код услуги А16.25.038 «Тепловизионная диагностика заболеваний носа и околоносовых пазух» в Номенклатуре медицинских услуг).

Медицинское тепловидение — высокотехнологичный бесконтактный метод пассивной локации теплового излучения тела человека — успешно применяется с 60-х годов XX века и в настоящее время используется для диагностики более 150 нозологий [7].

Современные тепловизоры за счет своих технических возможностей надежно фиксируют даже небольшие перепады температуры поверхности, позволяя получать функциональную информацию о пациенте в реальном режиме времени. Термограмма (изображение, полученное при ТПВ-исследовании) представляет собой детальное отображение терморельефа кожных покровов с регистрацией цифровых температурных показателей в ОИ, одномоментно измеренных в десятках или сотнях тысяч точек (их количество зависит от размеров матрицы: от 320×240 до 640×480, а в некоторых самых современных моделях тепловизоров 1280×960 пикселей). Результаты измерений с помощью специальной программы преобразуются в цветное или тональное изображение, привычное глазу.

Между тем вопросы практического применения медицинских тепловизоров для скрининг-диагностики воспалительных заболеваний органов грудной клетки практически не исследованы. Поиск по базе Pubmed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) с запросом 'thermography+pneumonia' и 'digital infrared thermal imaging+pneumonia' выдал 23 публикации, из которых 21 выполнена ранее 1991 года. Два более современных исследования определяют методические подходы к поиску патологии [8, 9].

Исходя из существующих реалий, при планировании исследования была поставлена задача: на основании анализа термограмм здоровых субъектов и пациентов с воспалительными заболеваниями органов дыхания выбрать температурные критерии, характеризующие состояние «нормы» и «патологии».

Поскольку как в норме, так и при заболевании на термограммах фиксировались области гипо- и гипертермии, для анализа использовали не абсолютные значения температур, а термоградиенты, то есть разницу температуры между двумя заданными областями. Эти термоградиенты положены в основу критериев скрининга патологии.

Медицинское тепловидение позволяет сформировать три независимых критерия: значение R^2 (критерий А), обратный температурный градиент на поверхности грудной клетки (критерий Б) и термоасимметрия больше 0,4 °С на задней поверхности грудной клетки (критерий В), каждый из которых имеет самостоятельную скрининговую значимость. Реализация этих критериев представлена ниже.

Клинические примеры

Случай 1. Мужчина, 19 лет. На момент обследования признаки воспалительных заболеваний органов дыхания отсутствуют, ТПВ-критерии (табл. 4) воспалительных заболеваний органов дыхания отсутствуют (рис. 6).

Случай 2. Мужчина, 20 лет. Диагноз: внебольничная очаговая пневмония с локализацией в S5 верхней доли левого легкого. Длительность заболевания 5 дней, ТПВ-критерии (табл. 5) «А» — значение $R^2 < 0,35$ (рис. 7).

Случай 3. Мужчина, 18 лет. Диагноз: внебольничная пневмония в S4 правого легкого нетяжелого течения. Длительность заболевания 7 дней. ТПВ-критерии (табл. 6) «А» — значение $R^2 < 0,35$, «Б» — обратный термоградиент, «В» — термоасимметрия (рис. 8).

Анализ накопленного нами опыта, основанного на результатах обследования 489 человек, показал, что значения показателя R^2 существенно различаются между группами исследования: среднее значение показателя R^2 в группе 1 («здоровые») — $0,58 \pm 0,16$ (0,30–0,92), медиана 0,58, в группе 2 («больные») — $0,30 \pm 0,20$ (0,01–0,74), медиана 0,28.

Этот результат позволил выдвинуть гипотезу о наличии бинарной связи между величиной R^2 и наличием/отсутствием

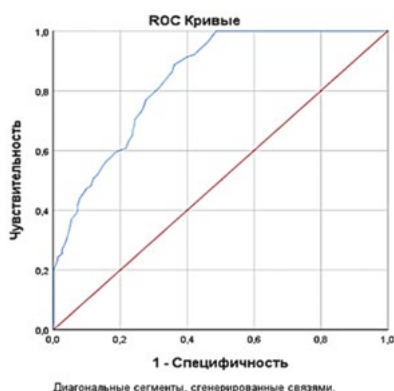


Рисунок 5. ROC-анализ: площадь под кривой — 0,840, стандартная ошибка — 0,020, асимптотическая значимость — 0,000. Асимптотический 95% доверительный интервал: нижняя граница — 0,800, верхняя граница — 0,879

патологии органов дыхания. Построенная методом однофакторной логистической регрессии модель подтвердила эту гипотезу. Проверочная ROC-кривая подтвердила качество модели как «очень хорошая» на высоком уровне значимости $p < 0,001$: площадь под кривой 0,84 (доверительный интервал 95% 0,8–0,87).

Уровень $R^2 = 0,36$ явился оптимальным порогом отсека с максимальными значениями чувствительности (Se) 89% и специфичности (Sp) 64%.

При высоких значениях и чувствительности, и специфичности тест на значение R^2 проявил более ценные свойства диагностика, чем классификатора: лучше предсказывал заболевание (балансовая точность прогноза 0,79) и несколько хуже исключал наличие патологии (балансовая точность диагноза 0,75).

Интересной находкой при анализе показателей ΔT в четырех регионах (право/лево спереди, право/лево сзади) стал выявленный факт, что обратный градиент и термоасимметрия встречаются только у пациентов с поражением органов дыхания.

При рассмотрении всех трех критериев следует отметить, что, хотя все они есть следствие воспалительного процесса в органах дыхания, проявляются они независимо

друг от друга, что, вероятно, отражает локализацию и распространенность поражения легких. При этом, если каждый критерий изолированно обнаружен у 65–75% обследованных, их сочетание позволило заподозрить наличие заболевания у 138 из 152 обследованных, что дает эффективность скрининга 90,7%.

В связи с разнородностью группы больных в части демографических показателей, локализации процесса, сроков заболевания, этиологического агента сделать какие-либо выводы о связи ТПВ-критериев с морфологической картиной поражения легких и тяжестью течения болезни в настоящее время не представляется возможным.

Ограничение результатов исследования

Известны обстоятельства, которые накладывают ограничения на возможность правильной трактовки результатов ТПВ-исследования, например, антропометрические характеристики (избыточный вес, брахиморфная конституция, крупные молочные железы) и выраженный волосяной покров в ОИ.

Очевидно, что изменения терморисунка условной нормы на поверхности грудной клетки встречаются не только

при воспалительных заболеваниях органов дыхания. К этому может привести хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), бронхиальная астма, патология опорно-двигательного аппарата, мышечно-тонические синдромы, системные заболевания и иная патология. Все эти причины следует учитывать при трактовке результатов.

В любом случае необходимы дальнейшие исследования и накопление информации.

Выводы

Полученные в результате настоящего исследования данные свидетельствуют о существовании ТПВ-критериев воспалительных заболеваний органов дыхания, которые можно использовать для ТПВ-скрининг-диагностики указанной патологии с учетом имеющейся клинической картины.

Технология может быть особенно полезна, если ограничены возможности выполнения рентгенологического исследования (например, фельдшерско-акушерские пункты в сельской местности, удаленные воинские гарнизоны) на приеме врача общей практики или когда требуется обследование больших контингентов пациентов (производство, учебные заведения, учреж-

Таблица 4
Определение ТПВ-критериев воспалительных заболеваний органов дыхания для случая 1

№ карты ПДБП12. Муж/19 лет	
Минимальное значение R^2	0,68 (вероятность наличия заболевания 0,06)
ΔT перед право	0,64
ΔT перед лево	0,71
ΔT сзади право	0,5
ΔT сзади лево	0,4
$\Delta T_{\text{вол-вол}}$	0,3
$\Delta T_{\text{хол-хол}}$	0,2

Таблица 5
Определение ТПВ-критериев воспалительных заболеваний органов дыхания для случая 2

№ карты Г2662. Муж/20 лет	
Минимальное значение R^2	0,18 (вероятность наличия заболевания 0,79)
ΔT перед право	0
ΔT перед лево	0
ΔT сзади право	0,1
ΔT сзади лево	0,2
$\Delta T_{\text{вол-вол}}$	0
$\Delta T_{\text{хол-хол}}$	0,1

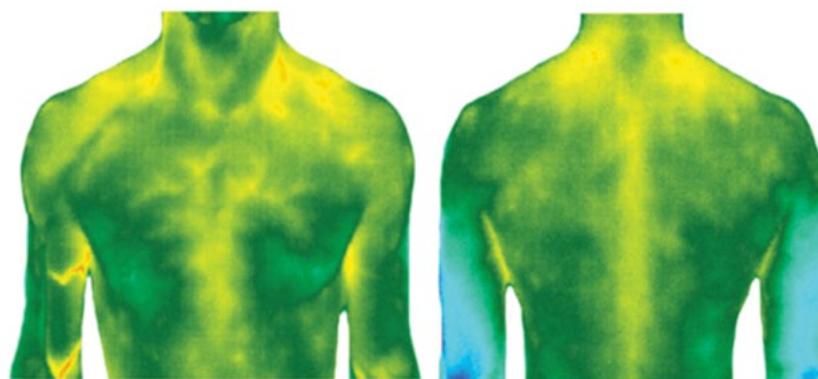


Рисунок 6. Мужчина, 19 лет. На момент обследования ТПВ-признаков воспалительных заболеваний органов дыхания не выявлено

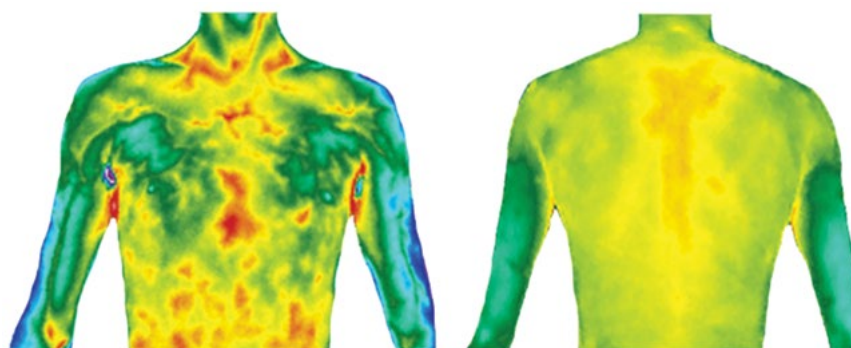


Рисунок 7. Мужчина, 20 лет. ТПВ-критерии воспалительных заболеваний органов дыхания (критерий «А»)

Таблица 6
Определение ТПВ-критериев
воспалительных заболеваний органов
дыхания для случая 3

№ карты Г1815.	
Муж/18 лет	
Минимальное значение R ²	0,28 (вероятность наличия заболевания 0,63)
ΔT перед право	0,38
ΔT перед лево	-0,53
ΔT сзади право	-0,74
ΔT сзади лево	-0,32
ΔT _{вол-вол}	0,93
ΔT _{нол-нол}	0,51

дения ФСИН, воинский контингент и члены их семей, коллективы призывников).

При этом следует иметь в виду, что ТПВ-исследование в принципе не является альтернативой традиционному рентгенологическому методу либо какому-либо иному инструментальному методу диагностики, оно является дополнением к ним, поскольку оперирует не морфологическими, а функциональными критериями, отражая активность метаболических процессов или интенсивность кровотока в области исследования.

Список литература / References

1. Чучалин А.Г., Синопальников А.И., Козлов Р.С. и соавт. Внебольничная пневмония у взрослых. Практические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике (пособие для врачей) // Клини. микробиол. антимикроб. химиотер. 2010;12:186–225.
Chuchalin A. G., Sinopalnikov A. I., Kozlov R. S., Tyurin I. E., Rachina S. A. Community-Acquired Pneumonia in Adults: Guidelines on the Diagnosis, Treatment and Prevention. Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy. 2010;12:186–125.
2. Ammer K., Ring E. F. J. Standard procedures in Medical Infrared Imaging. In book: Medical Infrared Imaging. Principles and Practice, Chapter: 32, Publisher: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2012. Editors: Mary Diakides, Joseph D Bronzino, Donald R. Peterson, pp. 32.1–32.14.
3. Инфекционная заболеваемость в Российской Федерации за январь–декабрь 2018 г. Статистические материалы Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. М., 2019. URL: https://www.rosпотреbnadzor.ru/activities/statistical-materials/statistic_details.php?ELEMENT_ID=11277



Рисунок 8. ТПВ-критерии воспалительных заболеваний органов дыхания (критерий «А», «Б», «В»).
Внизу: рентгенограмма пациента

4. Количество случаев внебольничной пневмонии в России в 2020 году выросло в четыре раза. Москва, 5 марта 2020 г. /TACC/. URL: <https://tass.ru/obschestvo/10845895>
5. Дворецкий Л. И. Качество и своевременность диагностики внебольничной пневмонии врачами первичного звена // Справочник поликлинического врача. 2019. № 4. С. 7–9. URL: https://omnidoc.ru/library/izdaniya-dlya-vrachey/spravochnik-poliklinicheskogo-vracha/spv2019/spv2019_4/kachestvo-i-svoevremennost-dagnostiki-vnebolnichnoy-pnevmonii-vrachami-pervichnogo-zvena/ (дата обращения: 02.10.2021).
6. Морозов Н.Т., Кириллова Е.Ю. Проблемы диагностики внегоспитальной пневмонии // Перспективы развития современной медицины: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции, Воронеж, 8 декабря 2014 г. Воронеж: Инновационный центр развития образования и науки, 2014. С. 40–42.
Morozov N.T., Kirillova E.Y. Pitfalls in community acquired pneumonia diagnostics // Development of modern medicine: Digest of scientific works of international scientific and practical conference, Voronezh, December 8th, 2014, p. 40–42. Voronezh: innovation center for science and education development, 2014, p. 40–42.
7. Воловик М.Г., Долгов И.М. Современные возможности и перспективы развития медицинского тепловидения // Медицинский алфавит. Современная функциональная диагностика. 2018;25(3):45–51.
Volovik M. G., Dolgov I. M. Current status and perspectives for the development of medical thermal imaging. Medical alphabet. 2018;3(25):45–51. (In Russ.)
8. Menzel A., Beyerbach M., Siewert C. et al. Actinobacillus pleuropneumoniae challenge in swine: diagnostic of lung alterations by infrared thermography // BMC Vet Res. 2014 Sep 16;10:199. doi: 10.1186/s12917-014-0199-2
9. Wang L. T., Cleveland R. H., Binder W. et al. Similarity of chest X-ray and thermal imaging of focal pneumonia: a randomised proof of concept study at a large urban teaching hospital // BMJ Open. 2018 Jan 5;8(1): e017964. doi: 10.1136/bmjopen-2017-017964

Статья поступила / Received 10.11.21

Поступила после рецензирования / Revised 17.11.21

Принята в печать / Accepted 20.11.21

Информация об авторах

Долгов Игорь Маратович, д.м.н, заместитель генерального директора¹.
ORCID: 0000-0002-5511-5679

Воловик Михаил Григорьевич, д.б.н. руководитель экспертной группы¹, ведущий научный сотрудник². ORCID: 0000-0002-5459-2545.

¹ ООО «Дигносис», г. Москва

² ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения России, г. Нижний Новгород

Автор для переписки: Долгов И.М. E-mail: tsadmg@dignosys.com

About authors

Dolgov Igor M., MD, PhD, deputy director¹. ORCID: 0000-0002-5511-5679.

Volovik Mikhail G. PhD head, expert department¹, senior scientific fellow².
ORCID: 0000-0002-5459-2545.

¹ LLC 'Dignosis'

² Privolzhsky Research Medical University, 10/1, Minin and Pozharsky Sq., Nizhny Novgorod, Russia, 603950.

Contact information: Dolgov I. M. E-mail: tsadmg@gmail.com

Для цитирования: Долгов И.М., Воловик М.Г. Тепловизионные признаки воспалительных заболеваний легких. Медицинский алфавит. 2021;(39):39–44. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-39-39-44>.

For citation: Dolgov I. M., Volovik M. G. Thermography signs of lung inflammation. Medical alphabet. 2021;(39):39–44. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-39-39-44>

