

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОГРАФИИ В ОБСЛЕДОВАНИИ БОЛЬНЫХ С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ

УДК 617.52-073.65

Поступила 11.02.2014 г.



Е.А. Дурново, д.м.н., профессор, зав. кафедрой хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии¹;

Ю.П. Потехина, д.м.н., профессор кафедры нормальной физиологии им. Н.Ю. Беленкова¹;

М.С. Марочкина, ассистент кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии¹;

Н.А. Янова, к.м.н., ассистент кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии¹;

М.Ю. Саакян, к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии¹;

Д.В. Рыжковский, врач челюстно-лицевой хирург²

¹Нижегородская государственная медицинская академия, Н. Новгород, 603005, пл. Минина и Пожарского, 10/1;

²Городская детская больница №3, Чебоксары, Чувашская Республика, 428000, пр. Тракторостроителей, 12

Цель исследования — оценить возможности использования метода инфракрасной термографии в диагностике патологических состояний челюстно-лицевой области.

Материалы и методы. Проведено обследование, термографическое исследование и комплексное лечение 250 больных с различными патологическими состояниями челюстно-лицевой области. Все пациенты были разделены на три группы: 1-я (n=114) — больные с воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области; 2-я (n=40) — больные с травматическими повреждениями челюстно-лицевой области; 3-я (n=96) — больные с доброкачественными (n=54) и злокачественными (n=42) новообразованиями челюстно-лицевой области.

Результаты. Установлено статистически значимое изменение локальных температурных показателей челюстно-лицевой области при воспалительных заболеваниях. Снижение их выявлено в центральной точке радикулярной кисты (на 0,1–0,3°C), в центральной (на 2,6–3,0°C) и периферических (на 1,3–2,3°C) точках над хроническим остеомиелитом, при остром гнойном периостите (на 1,2–1,9°C), при острой фазе остеомиелита (на 1,5–1,9°C), при остром гнойном лимфадените (на 2,0–2,3°C), при одонтогенной флегмоне челюстно-лицевой области (на 1,4–3,0°C) и одонтогенном абсцессе (на 1,8–2,4°C). Статистически значимое повышение температурных показателей установлено при травматических повреждениях: при переломах по нижнему типу по Лефор (на 1,3–1,5°C), при переломах по среднему типу по Лефор (на 1,2–1,6°C), при переломах нижней челюсти (на 0,2–0,6°C). Отмечено повышение температурных показателей над злокачественными новообразованиями — в пределах 2,8–3,6°C, в то время как температурные показатели над доброкачественными новообразованиями и при опухолеподобных заболеваниях не превышали 1,4°C.

Заключение. Инфракрасная термография является достоверным, высокоинформативным, неинвазивным и безопасным методом и не требует наличия специально обученного персонала для проведения диагностики, дифференциальной диагностики и прогностических исследований при различных заболеваниях челюстно-лицевой области.

Ключевые слова: инфракрасная термография; заболевания челюстно-лицевой области; слизистая оболочка полости рта; термограмма.

English

Diagnostic Capabilities of Infrared Thermography in the Examination of Patients with Diseases of Maxillofacial Area

E.A. Durnovo, D.Med.Sc., Professor, Head of the Department of Surgical Stomatology and Maxillofacial Surgery¹;

Y.P. Potekhina, D.Med.Sc., Professor, the Department of Normal Physiology named after N.Y. Belenkov¹;

M.S. Marochkina, Tutor, the Department of Surgical Stomatology and Maxillofacial Surgery¹;

N.A. Yanova, PhD, the Department of Surgical Stomatology and Maxillofacial Surgery¹;

M.Yu. Sahakyan, PhD, Associate Professor, the Department of Orthopedic Stomatology and Orthodontics¹;

D.V. Ryzhevsky, Physician, Maxillofacial Surgeon²

Для контактов: Марочкина Мария Сергеевна, тел. моб. +7 920-292-86-52; e-mail: m-marochkina@mail.ru

¹Nizhny Novgorod State Medical Academy, Minin and Pozharsky Square, 10/1, Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603005;

²City Children's Hospital No.3, Cheboksary, pr. Traktostroiteley, 12, Chuvash Republic, 428000

The aim of the investigation was to evaluate the possibility to apply infrared thermography for the diagnosis of pathological maxillofacial conditions.

Materials and Methods. 250 patients with different maxillofacial pathological conditions underwent an examination, thermographic analysis and comprehensive treatment. All patients were divided into three groups: group 1 (n=114) — patients with inflammatory diseases of maxillofacial area; group 2 (n=40) — patients with traumatic maxillofacial injuries; group 3 (n=96) — patients with benign (n=54) and malignant (n=42) neoplasms of the maxillofacial area.

Results. Local temperature indices of the maxillofacial area were found to change significantly in inflammatory diseases. The decrease of temperature indices was revealed in the centre of radicular cysts (by 0.1–0.3°C), in central and peripheral (by 1.3–2.3°C) points over chronic osteomyelitis, in acute purulent periostitis (by 1.2–1.9°C), in acute osteomyelitis (by 1.5–1.9°C), in acute glandular abscess (by 2.0–2.3°C), in odontogenic phlegmon of maxillofacial area (by 1.4–3.0°C), and odontogenic abscess (by 1.8–2.4°C). We found significant increase of temperature indices in traumatic injuries: in lower type LeFort fractures (by 1.3–1.5°C), in medial type LeFort fractures (by 1.2–1.6°C), in mandibular fractures (by 0.2–0.6°C). Significant increase of temperature indices was observed over malignant neoplasms — in the range of 2.8–3.6°C, while temperature indices over benign tumors and tumor-like masses did not exceed 1.4°C.

Conclusion. Infrared thermography is a reliable, highly informative, non-invasive and safe method, requiring no trained staff. It can be used for diagnosis, differential diagnosis and prognostic studies in various diseases of maxillofacial area.

Key words: infrared thermography; diseases of maxillofacial region; oral mucosa; thermogram.

Доступная и качественная диагностика различных патологических состояний челюстно-лицевой области для практической медицины имеет большое значение [1, 2].

Согласно анализу эпидемиологических данных последних лет [3, 4], распространенность воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области в специализированных стоматологических учреждениях достигает 56,3%, из них 82,5% — острые воспалительные процессы, а 17,5% — хронические. Острые неодонтогенные воспалительные заболевания составляют всего 16% острых воспалительных заболеваний, а распространенность опухолей и опухолеподобных образований челюстно-лицевой области равняется 13% от общего числа заболеваний данной локализации.

Высокая распространенность патологических состояний челюстно-лицевой области в совокупности с их поздним выявлением часто приводит к развитию тяжелых осложнений. Для успешного и своевременного лечения этих патологических состояний необходимы более точные и адекватные методы диагностики. Одним из таких методов является инфракрасная термография — метод регистрации собственного инфракрасного излучения исследуемой поверхности тела человека [5–8]. В доступной зарубежной и отечественной литературе мы пока не нашли сведений об использовании контактной инфракрасной термографии при диагностике заболеваний челюстно-лицевой области и слизистой оболочки полости рта. Отсутствие подобных данных не дает возможности провести диагностические параллели между термографической и клинической картиной многих патологических состояний, что позволило бы повысить уровень диагностики и, как следствие, качество оказания медицинской помощи уже на ран-

них этапах развития заболеваний челюстно-лицевой области.

В основе термографии лежит увеличение интенсивности инфракрасного излучения над патологическими очагами или снижение его интенсивности в областях с уменьшенным регионарным кровотоком [9–11]. Наличие патологических изменений характеризуется одним из трех качественных термографических признаков: появлением аномальных зон гипер- или гипотермии, изменением нормальной термотопографии сосудистого рисунка, а также изменением градиента температур в исследуемой зоне [12–15].

Цель исследования — оценить возможности использования метода инфракрасной термографии в диагностике патологических состояний челюстно-лицевой области.

Материалы и методы. В исследование включено 250 пациентов с различными патологическими состояниями челюстно-лицевой области, которым было проведено термографическое и комплексное обследование в соответствии с Хельсинкской декларацией (принятой в июне 1964 г. (Хельсинки, Финляндия) и пересмотренной в октябре 2000 г. (Эдинбург, Шотландия)). Исследование одобрено Этическим комитетом НижГМА. От каждого пациента получено информированное согласие.

Все пациенты были разделены на три группы:

1-я группа (n=114) больные с воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области, из них с радикальными кистами челюстей — 20 человек, с воспалениями в виде периостита и остеомиелита — 38. Заболевания лимфатических узлов в виде острого гнойного лимфаденита отмечены в 13 случаях, одонтогенный абсцесс челюстно-лицевой области — в 23, одонтогенная флегмона — в 20 случаях;

2-я группа (n=40) — больные с травматическими повреждениями (ТП) челюстно-лицевой области: перелом в области нижней челюсти — 25 человек, в верхней челюсти по нижнему и среднему типу по Лефор — 15 человек;

3-я группа (n=96) — больные с доброкачественными (n=54) и злокачественными (n=42) новообразованиями челюстно-лицевой области.

Наличие патологического процесса устанавливали на основании клинических признаков, по данным клинико-лабораторных методов исследования, дополнительных методов исследования, результатам гистологии, инфракрасной термографии. Все дополнительные и специальные методы диагностики использовали согласно стандартам обследования пациентов с той или иной нозологической формой.

Локальную температуру при помощи термографического комплекса CEM®-ThermoDiagnostics, состоящего из медицинского инфракрасного термографа CEM®-Thermography и компьютерной программы (ООО «Соединение Западной и Восточной Медицины», Россия), измеряли в нескольких точках над патологическим очагом и в симметричных точках на здоровой стороне. Точки для измерения температурного градиента и их количество выбирали произвольно, что давало возможность проводить обследование участков различных размеров (рис. 1).

Результаты отображались в количественных показателях — градусах Цельсия и качественных показателях — построение термограммы. При описании полученных в результате термографического обследования термограмм выявляли участки теплового свечения разных цветов и оттенков [16]. Низким температурам соответствовал синий цвет (гипотермия). Зоны с более высокими температурами проявлялись зеленым, желтым и желто-оранжевым свечением (изотермия). Наиболее высокие температуры на термограмме определялись оранжево-красным и красным свечением (гипертермия).

Статистическую обработку данных выполняли с помощью Microsoft Excel. Для каждого количественного параметра были определены медиана (Me) и средняя ошибка (m). Для сравнения числовых данных использовали t-критерий Стьюдента для малых выборок и таблицы Фишера для групп с числом наблюдений менее 30 и более 10. Непараметрический метод, U-критерий Манна-Уитни применяли для несвязанных совокупностей. Статистически значимыми считали отличия при $p \leq 0,05$ (95% уровень значимос-



Рис. 1. Диагностические точки над патологическим очагом и в симметричных точках на здоровой стороне

ти). Связь между показателями оценивали по результатам корреляции Пирсона (r).

Результаты.

1. Термографическое исследование воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области и слизистой оболочки полости рта.

При проведении термографии у лиц с **радикулярными кистами (K04.8)** выявлено снижение температурных показателей в центральной точке кисты в среднем на $0,2 \pm 0,1^\circ\text{C}$ и повышение температуры в периферических точках на $0,6 \pm 0,1^\circ\text{C}$ ($p \leq 0,05$). Оболочка кисты на термограмме представлена двумя линиями свечения, которые окружали синюю область в центре патологического очага (рис. 2, а). Синий цвет в центре термограммы соответствовал проекции содержимого кисты. Термограмма адекватно отображала строение радикулярной кисты и соответствовала рентгенологической картине (рис. 2, б).

Количественные температурные показатели в области **периостита (острая гнойная фаза) (K10.2)** в центральной точке патологического очага повышались относительно симметричной здоровой стороны в среднем на $1,7 \pm 0,2^\circ\text{C}$, в периферических точках — на $1,4 \pm 0,3^\circ\text{C}$. Термографическая карта (рис. 3) выглядела слоистой, имела высокую интенсивность

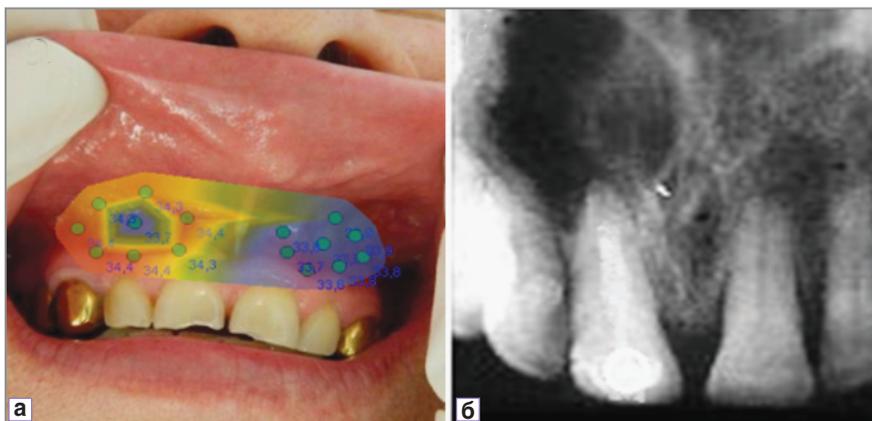


Рис. 2. Радикулярная киста в области зубов 1.1, 1.2: а — термограмма, б — внутривитовая рентгенограмма

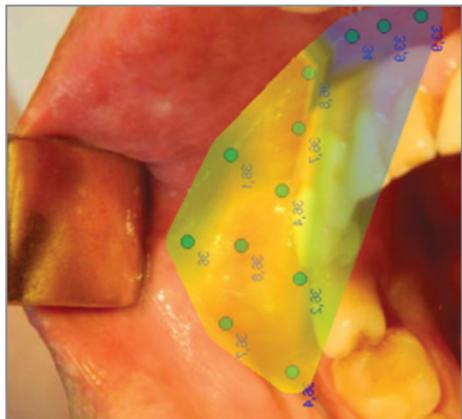


Рис. 3. Термограмма острой гнойной фазы периостита

желтого и красного свечения. Эти зоны соответствовали локализации гнойного процесса. Такой вид теплового поля определял формирование гнойного инфильтрата и разволокнение надкостницы.

Термографическая карта **острого остеомиелита (K10.2)** характеризовалась наличием желто-оранжевого свечения, распространяющегося на обе стороны альвеолярного гребня (рис. 4, а). Отдельные красные включения на термограмме соответствовали измененным сосудам и зоне флюктуации (рис. 4, а). Разница температур в области вестибулярной и оральной поверхностей челюстей над инфильтратом и на симметричной здоровой стороне в центральных точках составляла в среднем $1,8 \pm 0,1^\circ\text{C}$, в периферических — $1,7 \pm 0,1^\circ\text{C}$.

При **хронической фазе остеомиелита (K10.2)** независимо от локализации патологического процесса определялся участок выраженной гипотермии над патологическим очагом. Полости, ограниченные на термограмме желтыми линиями, соответствовали секвестральной капсуле (рис. 4, б). Термографическая картина совпадала с рентгенологической, так как зоны синего свечения соответствовали некротизированному участку

челюсти (рис. 4, в). Температурные показатели над очагом хронического остеомиелита были снижены по сравнению с симметричной здоровой стороной: в центральной точке — в среднем на $2,8 \pm 0,2^\circ\text{C}$, в периферических точках — на $1,8 \pm 0,6^\circ\text{C}$.

Количественные температурные показатели при лимфаденитах отличались от показателей на симметричной здоровой стороне. При **остром гнойном лимфадените (L04.0)** разница составляла в центральной точке — в среднем $2,2 \pm 0,1^\circ\text{C}$, в периферических точках — $2,1 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Термограмма выглядела как зона желтого свечения, которая появлялась вследствие увеличения лимфатического узла в размерах и наличия в нем полнокровных расширенных сосудов (рис. 5).

Термографическая картина **флегмон (L03.2)** челюстно-лицевой области (рис. 6, а) характеризовалась наличием разлитой зоны гипертермии с нечеткими границами, свечение увеличивалось в сторону распространения воспаления и образования затеков. На фоне красного свечения определялись участки желтого цвета — участки некроза. Температура над флегмоной была выше, чем над симметричной здоровой стороной, в среднем на $2,2 \pm 0,8^\circ\text{C}$.

Тепловое поле при **абсцессе (K12.2)** имело четкие контуры и менее интенсивную степень свечения (рис. 6, б). Температура в точках над патологическим очагом отличалась от симметричных точек на здоровой стороне в среднем на $2,1 \pm 0,3^\circ\text{C}$.

2. **Термографическое исследование травматических повреждений челюстно-лицевой области.**

При сравнении нормальных температурных показателей челюстно-лицевой области с температурными показателями над линией перелома по нижнему типу по Лефор установлено, что они ниже, чем над линией перелома, в среднем на $1,4 \pm 0,1^\circ\text{C}$; над линией перелома по среднему типу по Лефор — в среднем на $1,4 \pm 0,2^\circ\text{C}$. При неосложненном течении перелома нижней челюсти разница температур составляла $0,2-0,6^\circ\text{C}$.

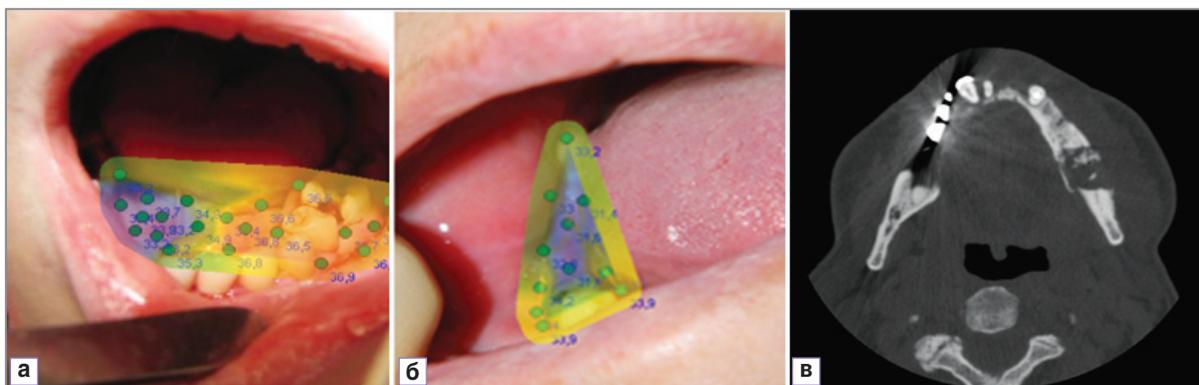


Рис. 4. Термограмма острой (а) и хронической (б) фазы остеомиелита и компьютерная томограмма хронического остеомиелита нижней челюсти справа (в)

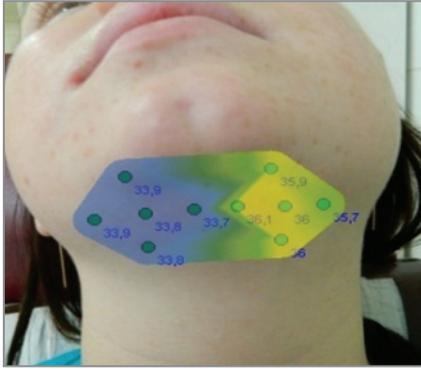


Рис. 5. Термограмма острого гнойного лимфаденита

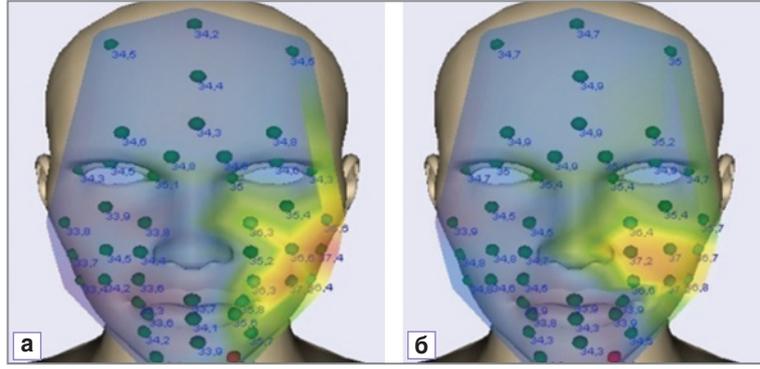


Рис. 6. Термограммы одонтогенных процессов: флегмоны (а) и абсцесса (б)

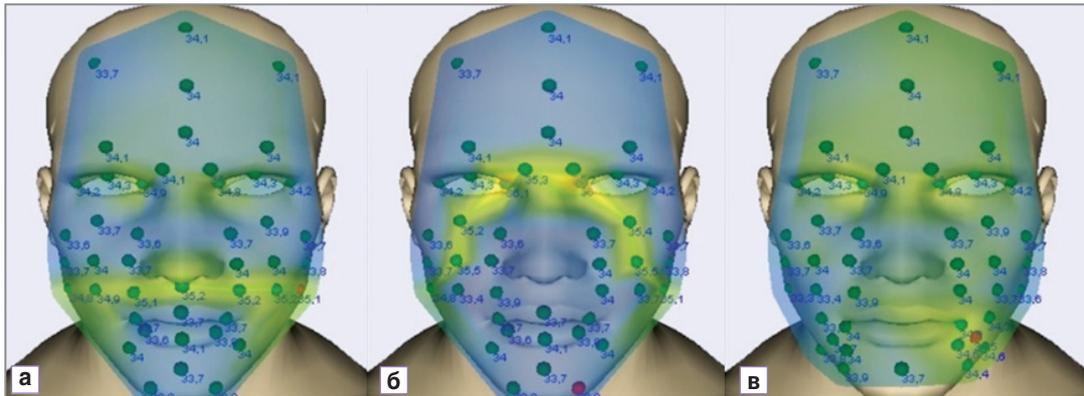


Рис. 7. Термограммы перелома верхней челюсти по нижнему типу по Лефор (а), по среднему типу по Лефор (б) и перелома нижней челюсти (в)

Термограммы при переломах верхней челюсти по нижнему типу по Лефор характеризовались наличием линии изотермии, проходящей в проекции линии перелома на кожу (рис. 7, а). При переломе по среднему типу по Лефор на фоне зеленой изотермии появлялась зона желтого свечения (рис. 7, б), что было связано с повышением температуры в области внутренних углов глазницы. На термограмме в проекции перелома нижней челюсти определялась равномерная зона зеленого свечения над местом повреждения (рис. 7, в).

3. Термографическое исследование новообразований челюстно-лицевой области и слизистой оболочки полости рта.

При обследовании пациентов с новообразованиями челюстно-лицевой области выявлено, что температурные показатели при злокачественном процессе повышались в среднем на $3,2 \pm 0,4^\circ\text{C}$. Формирование термографической картины зависело от нескольких факторов: во-первых, на характер теплового поля оказывало влияние сдавление сосудов опухолью; во-вторых, в тканях новообразования преобладали процессы анаэробного гликолиза; в-третьих, инфильтративный рост новообразования приводил к развитию перифокального воспаления в окружающих

опухоль тканях, что в дальнейшем способствовало образованию новых сосудов. Очаг гипертермии над злокачественным процессом соответствовал локализации опухоли, проявлялся участком гипертермии непосредственно над опухолевыми тканями (рис. 8, а). Цвет очага зависел от степени дифференцировки клеток, образующих опухоль: чем она была ниже, тем ярче был цвет теплового поля, так как увеличивалось количество митозов.

Повышение температуры над опухолью в пределах $0,4-1,4^\circ\text{C}$ соответствовало доброкачественному течению процесса. Зоны ярко выраженной гипертермии отсутствовали (рис. 8, б).

Таким образом, температурные показатели челюстно-лицевой области и слизистой оболочки полости рта статистически значимо изменяются при воспалительных заболеваниях и травматических повреждениях. Метод инфракрасной термографии позволяет на ранних стадиях проводить дифференциальную диагностику доброкачественных и злокачественных новообразований.

Заключение. Инфракрасная термография является достоверным, высокоинформативным, неинвазивным, безопасным методом и не требует наличия специально обученного персонала для проведения

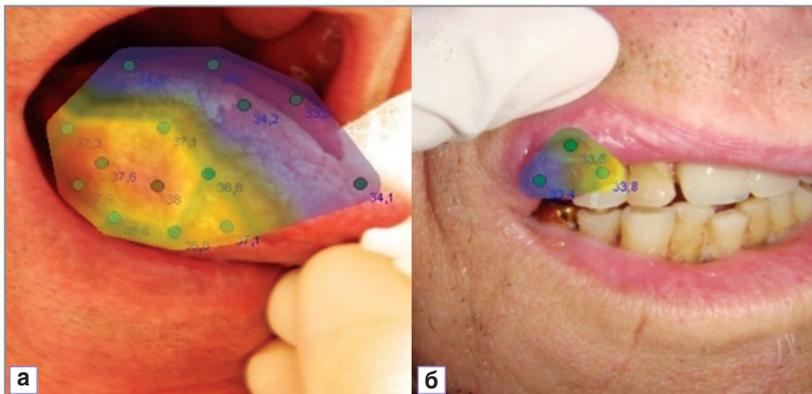


Рис. 8. Термограмма при злокачественном (а) и доброкачественном (б) процессах

диагностики, дифференциальной диагностики и прогностических исследований при различных заболеваниях челюстно-лицевой области.

Финансирование исследования и конфликт интересов. Исследование не финансировалось какими-либо источниками, и конфликты интересов, связанные с данным исследованием, отсутствуют.

Литература

1. Трутень В.П. Новые цифровые технологии в исследовании зубов и челюстей. В кн.: Материалы межрегиональной научно-практической конференции «Лучевая диагностика в стоматологии и в челюстно-лицевой хирургии». М., 2008. С. 74–76.
2. Мубаракова Л.Н. Алгоритм диагностики поражения костной ткани челюстей при гнойно-воспалительных заболеваниях челюстно-лицевой области. *Стоматология* 2008; 3: 52–54.
3. Ключин Л.М. Скрининг и мониторинг опухолевых новообразований с помощью метода диагностической контактной термографии. *Медицинская техника* 2010; 3: 7–12.
4. Вуйцик Н.Б., Буткевич А.Ц., Кунцевич Г.И. и др. Роль ультразвукового метода в дифференцировке между кистозными и воспалительными изменениями мягких тканей головы и шеи. *Врач-аспирант* 2007; 2(17): 96–104.
5. Заяц Г.А., Коваль В.Т. Медицинское тепловидение — современный метод функциональной диагностики. *Здоровье. Медицинская экология. Наука* 2010; 3(43): 27–33.
6. Гаврилин А.В. Ультразвуковая диагностика изменений мягких тканей в области послеоперационной раны. *Диагностическая и интервенционная радиология* 2007; 1: 36–45.
7. Киричук В.Ф., Широков В.Ю. Антитромбогенная активность сосудистой стенки у больных хроническим генерализованным пародонтитом и ее восстановление методом КВЧ-терапии. *Миллиметр, волны в биологии и медицине* 2003; 4: 33–37.
8. Kobayashi K., Tsuchida E., Horinouchi H. Local micro variance in temperature distribution evaluated by digital thermography. *Biomed Thermology* 2005; 12: 221–228.
9. Kastberger G. Infrared imaging technology and biological applications. *Behav Res Methods Instrum Comput* 2003; 35(3): 429–439.

10. Bichinho G.L., Gariba M.A., Sanches I.J., et al. A computer tool for the fusion and visualization of thermal and magnetic resonance images. *Digit Imaging* 2009; 22(5): 527–534.

11. Cunha B.A. Osteomyelitis in elderly patients. *Clin Infect Dis* 2002; 53(3): 287–293.

12. Голованова М.В., Потехина Ю.П. Возможности термодиагностики в медицине. Н. Новгород; 2011; 164 с.

13. Merla A., Romani G.L. Functional infrared imaging in medicine: a quantitative diagnostic approach. In *Proc Conf IEEE Eng Med Biol Soc* 2006; 1: 224–227.

14. Паршикова С.А., Паршиков В.В., Потехина Ю.П. Прогнозирование послеоперационных осложнений при лечении обширных укушенных ран лица у детей с помощью инфракрасной термографии. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии* 2012; 5(2): 340–346.

15. Kastberger G. Infrared imaging technology and biological applications. *Behav Res Methods Instrum Comput* 2003; 35(3): 429–439.

16. Дурново Е.А., Потехина Ю.П., Мочалова Д.А. Разработка и анализ особенностей термографических карт челюстно-лицевой области в зависимости от пола и возраста. *Российский стоматологический журнал* 2013; 3: 4–10.

References

1. Truten' V.P. Novye tsifrovye tekhnologii v issledovanii zubov i chelyustey. V kn.: *Materialy mezhtseynonal'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Luchevaya diagnostika v stomatologii i v chelyustno-litseyvoy khirurgii"* [New digital technologies in dental and gnathic studies. In: Proceedings of interregional research and practice conference "Radiodiagnosis in dentistry and maxillofacial surgery"]. Moscow, 2008. P. 74–76.
2. Mubarakova L.N. Diagnostic procedure of gnathic osseous tissue lesions in pyoinflammatory maxillofacial diseases. *Stomatologiya* 2008; 3: 52–54.
3. Klyukin L.M. Screening and monitoring of tumor masses using diagnostic contact thermography. *Meditsinskaya tekhnika* 2010; 3: 7–12.
4. Vuytsik N.B., Butkevich A.Ts., Kuntsevich G.I., et al. The role of ultrasound in differentiation of cystic and inflammatory changes of soft tissues of head and neck. *Vrac-aspirant* 2007; 2(17): 96–104.
5. Zayats G.A., Koval' V.T. Medical infrared imaging — an advanced technique of functional diagnostics. *Zdorov'e. Meditsinskaya ekologiya. Nauka* 2010; 3(43): 27–33.
6. Gavrilin A.V. Diagnostic ultrasound of soft tissue

changes in a postoperative wound area. *Diagnosticheskaya i intervensionnaya radiologiya* 2007; 1: 36–45.

7. Kirichuk V.F., Shirokov V.Yu. Antithrombogenic activity of vascular wall in patients with chronic generalized periodontitis and its recovery by EHF-therapy. *Millimetr, volny v biologii i meditsine* 2003; 4: 33–37.

8. Kobayashi K., Tsuchida E., Horinouchi H. Local micro variance in temperature distribution evaluated by digital thermography. *Biomed Thermology* 2005; 12: 221–228.

9. Kastberger G. Infrared imaging technology and biological applications. *Behav Res Methods Instrum Comput* 2003; 35(3): 429–439.

10. Bichinho G.L., Gariba M.A., Sanches I.J., et al. A computer tool for the fusion and visualization of thermal and magnetic resonance images. *Digit Imaging* 2009; 22(5): 527–534.

11. Cunha B.A. Osteomyelitis in elderly patients. *Clin Infect Dis* 2002; 53(3): 287–293.

12. Golovanova M.V., Potekhina Yu.P. *Vozmozhnosti termodiagnostiki v meditsine* [Thermodiagnosics capabilities in medicine]. Nizhny Novgorod; 2011; 164 p.

13. Merla A., Romani G.L. Functional infrared imaging in medicine: a quantitative diagnostic approach. *Proc Conf IEEE Eng Med Biol Soc* 2006; 1: 224–227.

14. Parshikova S.A., Parshikov V.V., Potekhina Yu.P. Prognosis of postoperative complications in the management of vast bite facial wounds in children by infrared thermography. *Vestnik eksperimental'noy i klinicheskoy khirurgii* 2012; 5(2): 340–346.

15. Kastberger G. Infrared imaging technology and biological applications. *Behav Res Methods Instrum Comput* 2003; 35(3): 429–439.

16. Durnovo E.A., Potekhina Yu.P., Mochalova D.A. Development and analysis of maxillofacial thermographs in accordance with sex and age. *Rossiyskiy stomatologicheskij zhurnal* 2013; 3: 4–10.