

УДК 618.19-006.6-073.65

DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ70596>

Диагностические возможности современной радиотермометрии в онкомаммологической практике

Е. П. Куликов¹, А. Н. Демко^{1✉}, А. А. Волков², А. Н. Буданов³, Н. С. Орлова³¹ Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова, Рязань, Российская Федерация;² Московский областной онкологический диспансер, Москва, Российская Федерация;³ Областной клинический онкологический диспансер, Рязань, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Радиотермометрия (РТМ) является актуальным методом обследования молочной железы, позволяющим помимо визуализации патологических очагов оценить качество метаболизма, что важно с позиций определения биологических подтипов рака молочной железы (РМЖ) и возможности оценки степени агрессивности опухоли до иммуногистохимического анализа.

Цель. Исследовать возможности современной РТМ в дифференциальной диагностике доброкачественной и злокачественной патологии молочной железы и при различных биологических подтипах РМЖ.

Материалы и методы. Обследовано 118 пациенток с различной патологией молочной железы с помощью компьютеризированного диагностического комплекса РТМ 01 РЭС. Замеры выполнялись в 9 точках: непосредственно на молочной железе — для визуализации опухоли, двух контрольных точках (в области эпигастрия и мечевидного отростка грудины) и одной точке в аксиллярной зоне с обеих сторон — для выявления возможных метастазов. Время проведения исследования 15–20 минут — для каждой женщины. Результаты РТМ сопоставлялись с данными гистологической верификации, ультразвуковой, маммографической и клинических картины.

Результаты. Чувствительность РТМ в дифференциальной диагностике патологии молочной железы составила 96,9%, точность — 74,5%. Специфичность РТМ для дифференциации агрессивных и неагрессивных подтипов РМЖ оказалась низкой — 6,6%. При оценке разницы температур между патологической и нормальной тканью наблюдается тенденция к увеличению значения над опухолью по сравнению с непораженной тканью, однако статистически значимых различий между средними температурами здоровой и пораженной молочной железы не получено. Корреляции между индексом пролиферативной активности РМЖ и частоты термоасимметрии, либо степенью ее выраженности не выявлено ($r < 0,3$).

Заключение. РТМ продемонстрировала эффективность в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных изменений ткани молочной железы, при этом она не является методом выбора в оценке распространенности и биологического подтипа рака молочной железы.

Ключевые слова: радиотермометрия; рак молочной железы; фенотипы рака

Для цитирования:

Куликов Е.П., Демко А.Н., Волков А.А., Буданов А.Н., Орлова Н.С. Диагностические возможности современной радиотермометрии в онкомаммологической практике // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2021. Т. 29, № 4. С. 531–538. DOI: <https://doi.org/10.23888/PAVLOVJ70596>

DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ70596>

Diagnostic potentials of modern radiothermometry in oncomammological practice

Evgeniy P. Kulikov¹, Anna N. Demko¹✉, Aleksandr A. Volkov², Andrey N. Budanov³,
Nina S. Orlova³

¹ Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation;

² Moscow Regional Oncology Center", Moscow, Russian Federation;

³ Ryazan Oncological Dispensary, Ryazan, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Radiothermometry (RTM) is a breast examination method that permits, besides visualization of the pathological foci, to evaluate the quality of metabolism, which is important for the determination of the biological subtypes of breast cancer (BC) and the possibility of the evaluation of the degree of tumor aggressiveness before immunohistochemical analysis.

AIM: To study the potentials of modern RTM in the differential diagnosis of benign and malignant breast pathologies and in different biological subtypes of BC.

MATERIALS AND METHODS: Overall, 118 patients with different breast pathologies were examined using PTM 01 P3C computerized diagnostic complex. Measurements were performed in nine points: directly on the breast — for the visualization of tumor, in two control points (in the region of the epigastrium and sternal xiphoid process), and in one point in the axillary zone on both sides — for the identification of probable metastases. The examination time was 15–20 min for each woman. RTM results were compared with histological, ultrasound, mammographic, and clinical data.

RESULTS: The sensitivity and accuracy of RMT in the differential diagnosis of breast pathology were 96.9% and 74.5%, respectively. The specificity of RTM in the differentiation of aggressive and non-aggressive BC subtypes appeared to be low at 6.6%. In the evaluation of the temperature difference between the pathological and normal tissues, a tendency to a non-increase in the temperature above the tumor in comparison with the unaffected tissue was noted; however, no significant differences between the mean values for the healthy and affected breasts were obtained. No correlations were found between the proliferative index of BC and frequency of thermoasymmetry or extent of its evidence ($r < 0.3$).

CONCLUSION: RTM demonstrated effectiveness in the differential diagnosis of benign and malignant alterations of the breast; thus, it is not a method of choice in the evaluation of the spread and biological subtype of BC.

Keywords: radiothermometry; breast cancer; cancer phenotype

For citation:

Kulikov EP, Demko AN, Volkov AA, Budanov AN, Orlova NS. Diagnostic potentials of modern radiothermometry in oncomammological practice. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2021;29(4):531–538. DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ70596>

Received: 15.05.2021

Accepted: 05.07.2021

Published: 31.12.2021

DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ70596>

现代放射测量人体内部温度检查在肿瘤学实践中的诊断能力研究

Evgeniy P. Kulikov¹, Anna N. Demko¹✉, Aleksandr A. Volkov², Andrey N. Budanov³,
Nina S. Orlova³

¹ Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation;

² Moscow Regional Oncology Center², Moscow, Russian Federation;

³ Ryazan Oncological Dispensary, Ryazan, Russian Federation

论证: 放射测量人体内部温度检查 (RTM) 是乳腺检查的一种实际方法。除了可视化病理病灶外, 这种方法还可以评估代谢质量。从确定乳腺癌的生物学亚型和在免疫组织化学分析前评估肿瘤侵袭程度的可能性的角度来看, 这是很重要的。

目的: 探讨现代RTM在乳腺良、恶性病理鉴别诊断及各种生物学亚型乳腺癌中的应用价值。

材料与方法: 我们使用计算机诊断系统RTM 01 RES对118例不同乳腺病理的患者进行了检查。测量在9个点进行: 一个控制点在乳腺上观察肿瘤; 两个控制点在胸骨上腹部和剑突处; 一个控制点在两侧腋窝区以确定可能的转移。研究时间为每位女性15—20分钟。将RTM结果与组织学、超声、乳腺X线摄影及临床影像资料进行比较。

结果: RTM在乳腺病理鉴别诊断中的敏感性为96.9%, 准确性为74.5%。RTM鉴别乳腺癌侵袭性亚型和非侵袭性亚型的特异性低, 为6.6%。在评估病理组织和正常组织之间的温差时, 与未受影响的组织相比, 肿瘤组织的温差有增加的趋势。然而, 健康乳房和受影响乳房的平均温度在统计上没有显著差异。乳腺癌增殖活性指数与热不对称频率及严重程度无相关性 ($r < 0.3$)。

结论: RTM在乳腺组织良恶性改变的鉴别诊断中已被证明是有效的。同时, 它也不是评估乳腺癌患病率和生物亚型的首选方法。

关键词: 放射测量人体内部温度检查; 乳腺癌; 癌症表型

For citation:

Kulikov EP, Demko AN, Volkov AA, Budanov AN, Orlova NS. Diagnostic potentials of modern radiothermometry in oncomammological practice. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2021;29(4):531–538. DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ70596>

略语表

MG — 乳腺
BC — 乳腺癌
RTM — 辐射热测量

论证

尽管近年来在个性化和针对性的乳腺癌诊断和治疗方面取得了显著的成就，但早期发现仍然是患者良好预后的基础[1]。在某些情况下，乳腺癌病理的复兴阻碍了常规诊断方法的有效性，迫使专家使用昂贵的、有时是侵入性的方法来可视化和验证肿瘤过程[2—4]。除了直接发现和确认乳腺肿瘤外，还需要确定其生物学特性，这决定了管理特定患者的算法。

放射测量人体内部温度检查是乳腺病理可视化的方法之一，在许多诊所，它被坚定地纳入乳腺全面检查的常规算法[5—7]。大量研究证明，这种无创方法具有很高的敏感性，能够在不同年龄组区分临床前阶段乳腺组织的恶性和良性变化[8—12]。它是基于在高达5厘米的微波范围内测量肿瘤和健康组织细胞的电磁辐射差异[13]。M. Gutierrez自1965年以来对85 000例健康乳腺结构改变的患者进行了热对称性研究，结果表明，恶性肿瘤由于代谢增加，其温度高于正常组织[14, 15]。同时，受恶性过程影响的乳腺本身，通常会增加相对健康一侧的指标，这是由活跃的新血管生成解释的[16]。此外，在一组女性（n=1245），她们的体温图存在问题，但乳房没有临床或放射学改变，随访8年后，40.2%的患者被发现患有乳腺癌[17—19]。这一技术在评估高和低增殖活性良性病变的有效性也已被证实[20]。因此，放射测量人体内部温度检查是一种实际的乳腺检查方法，不仅可以直接看到病理病灶，还可以评估代谢质量[21—23]。从确定乳腺癌的生物亚型的角度来看，这是很重要的，因为早在60年代，不同组织学形式的癌症的热图就已经证实了可靠的差异。在免疫组化分析前评估肿瘤侵袭程度的可能性也是相关的[10]。

研究的目的是：探讨现代放射测量人体内部温度检查在乳腺良、恶性病理鉴别诊断及各种生物学亚型乳腺癌中的应用价值。

材料与方方法

这项研究是在Ryazan Regional Oncological Dispensary的基础上进行的。包括118名患有各种乳房病理的女性。所有检查都作为药房/常规检查的一部分进行。没有进行额外的干预。女性在Ryazan Regional Oncological Dispensary的标准程序框架内签署了一份知情同意书。

研究参数的评估使用计算机诊断复合体RTM 01 RES进行。该辐射温度计由内部测温仪、红外

皮肤测温仪、专家系统接收信息的可视化、处理和分析手段组成[24]。

根据放射测量人体内部温度检查的建议，对9个控制点进行了测量：一个控制点在乳腺上观察肿瘤；两个控制点在胸骨上腹部和剑突处；一个控制点在两侧腋窝区以确定可能的转移[5, 13]。每位女性的检查时间为15—20分钟。

后来，这些妇女被分成两组：

对照组（n=32）—乳腺良性病变（乳腺病变、纤维腺瘤、流内乳头状瘤、乳腺炎、脂肪瘤）（18—79岁女性）；

主要组（n=86）—乳腺恶性肿瘤[25]（女性年龄为24岁至73岁）。

在主要组中，不同分期（I、II期各28.7%，III期各42.8%）和表型的乳腺癌（n=84）表现型，1例发现乳腺黑色素瘤和肉瘤转移。同时，更有侵袭性的乳腺癌表型在年轻患者中更常见（图1）。

放射测量人体内部温度检查数据还与组织学、超声、乳房X线摄影和临床图像结果进行了比较。

统计分析采用描述性（%）和比较性（学生t检验、Mann-Whitney检验）统计方法；检测诊断方法（放射测量人体内部温度检查）的敏感性和特异性。p<0.05为差异有统计学意义。

结果

在分析调查结果时，揭示了以下模式。

放射测量人体内部温度检查对乳腺良恶性病变的鉴别诊断是有效的（学生t检验p=0.00053）。放射测量人体内部温度检查在乳腺病理诊断中的敏感性为96.9%，准确率为74.5%，鉴别乳腺癌侵袭性亚型和非侵袭性亚型的特异性较低（6.6%）。

在评估病理组织和正常组织之间的温差时，与未受影响的组织相比，肿瘤测量值有增加的趋势。然而，健康乳房和受影响乳房之间的平均温度并没有统计学上的显著差异，也没有不同的表型（表1）。Mann-Whitney标准没有显示Luminal A组和B组之间的温度差异（U=342），也没有证实Luminal Neg2-阳性表型相对于Luminal Neg2-阴性表型（U=114.5）更具侵略性。乳腺转移的肉瘤和黑色素瘤完全没有热不对称的事实是不明确的，因为这两种肿瘤的高度侵袭性是明显的。

在评估腋窝温度测量过程的流程度时，未发现显著偏差（U=182）。此外，在腋窝淋巴结

证实转移的病例中，低温被确定相对于健康组织（表1）。

比较攻击表型组的热对称频率和差异，得到有统计学意义的结果（ $p < 0.05$ ）。此外，在非Luminal HER2阳性表型组中，受影响乳腺和健康乳腺之间的平均温度差异（ 1.8°C ）大于三阴性表型组（ 0.9°C ，表2）。这一事实并不支持这样的假设，即更具攻击性的表型，特别是具有最高Ki67的三阴性亚型，应该提供更共振的测温图像。

特别有趣的是Ki 67肿瘤生物学潜力指数（放射测量人体内部温度检查基于肿瘤组织的代谢）。在我们的研究中，Ki67的平均值在三阴性肿瘤中最高（63.3%），在Neg2阳性组中稍低（50.6%），在真正的管腔亚型中，该指标显著降低：Luminal B为42.2%，Luminal A为10.6%。然而，肿瘤的增殖活性指数与热不对称的频率或严重程度之间没有相关性（ $r < 0.3$ ）。

表 1 不同表型乳腺癌组的平均温度分布

| 平均温度, °C | 乳腺癌的表型 | | | | |
|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|-------|
| | Luminal A | Luminal B(-) | Luminal B HER2+ | Luminal HER2+ | 三阴性表型 |
| 高于肿瘤 | 34.4 | 34.1 | 34.1 | 34.5 | 35.4 |
| 病态的乳房 | 33.6 | 33.3 | 33.1 | 33.6 | 34.7 |
| 健康的乳房 | 33.2 | 32.5 | 32.4 | 32.8 | 34.8 |
| 病变淋巴结 | 33.9 | 33.4 | 33.9 | 33.1 | 34.3 |
| 无病变淋巴结 | 33.9 | 33.3 | 33.0 | 32.9 | 34.0 |

表 2 平均温度在侵袭性乳腺癌表型组中的分布

| 平均温度, °C | 侵袭性乳腺癌表型 | |
|----------|---------------|-------|
| | Luminal HER2+ | 三阴性表型 |
| 病态的乳房 | 34.7 | 35.4 |
| 健康的乳房 | 32.9 | 34.5 |

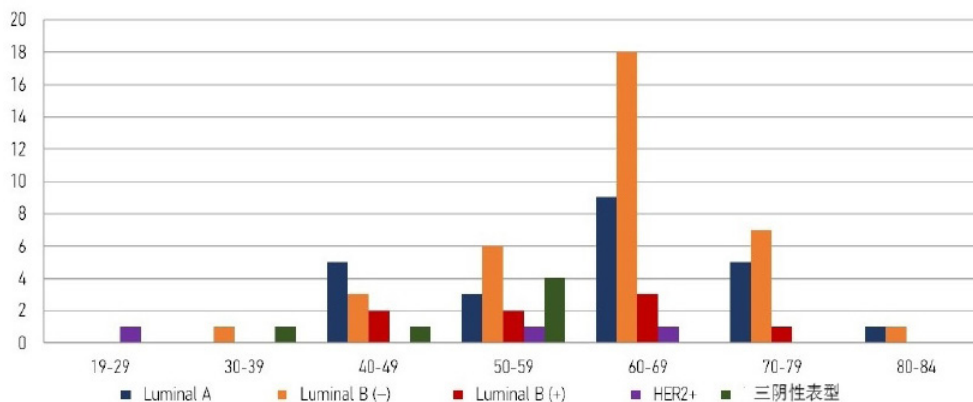


图 1 乳腺癌表型 (n) 与年龄 (岁) 的关系。

讨论

因此，弥漫性（局部广泛）形式的乳腺癌以热图的形式显示，最显著的扩散和大面积的最高和最低温度。

以下是良性、局限性和弥漫性乳腺癌放射测量人体内部温度检查的几个指示性结果（图2）。

结论

1. 放射测量人体内部温度检查在鉴别诊断乳腺组织的良恶性变化方面已被证明是有效的。

2. 放射测量人体内部温度检查并不是诊断乳腺癌流行率和评估乳腺癌生物亚型的首选方法，因为热不对称的频率与程度、表型无相关性，温差与ki67、区域淋巴结转移病变无相关性。

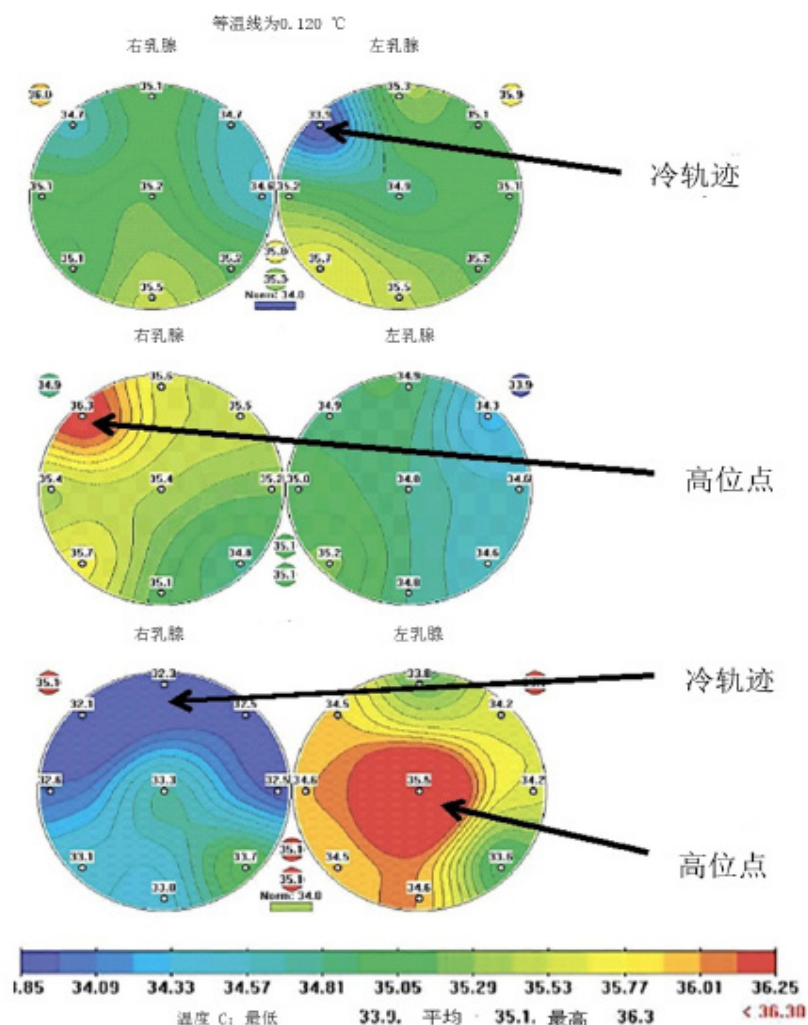


图 2 放射测量人体内部温度检查结果的例子：A—良性乳腺肿瘤；B—乳腺癌，三阴性，局部型；C—乳腺癌，Luminal B，弥漫性。

ADDITIONAL INFORMATION

Gratitude. The team of authors expresses gratitude for the provided equipment and advice on the correctness of the conduct and interpretation of the results to Irina Vladimirovna Zorova, Irina Petrovna Kriulkiina and Sergey Georgievich Vesnin.

Funding. This study was not supported by any external sources of funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflicts of interests.

Contribution of the authors: A. A. Volkov — concept and design of research, collection and processing of material, statistical processing, writing text, A. N. Demko — concept and design of research, writing and editing text, E. P. Kulikov — concept and design of research, text editing, A. N. Budanov — performing ultrasound research, N. S. Orlova — performing radio telemetry. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Благодарность. Коллектив авторов выражает благодарность за предоставленное оборудование и консультации по правильности проведения и трактовки результатов Зоровой Ирине Владимировне, Крюлькиной Ирине Петровне и Веснину Сергею Георгиевичу.

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Волков А. А. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста, Демко А. Н. — концепция и дизайн исследования, написание и редактирование текста, Куликов Е. П. — концепция и дизайн исследования, редактирование текста, Буданов А. Н. — выполнение ультразвукового исследования, Орлова Н. С. — выполнение радиотелеметрии. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ванинов А.С. Злокачественные новообразования, как наиболее приоритетная медико-социальная проблема системы здравоохранения // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5, № 11. С. 120–130. doi: 10.33619/2414-2948/48/16
2. Каприн А.Д., Рожкова Н.И., ред. Рак молочной железы. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2018.
3. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В., ред. Состояние онкологической помощи населению России в 2016 году. М.; 2017.
4. Коваленко М.С., Кошулько П.А., Короткова Н.В. Катепсины как маркеры злокачественных новообразований молочных желез // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2019. Т. 7, № 2. С. 301–306. doi: 10.23888/HMJ201972301-306
5. Бурдина Л.М., Вайсблат А.В., Веснин С.Г., и др. Применение радиотермометрии для диагностики рака молочной железы // Маммология. 1998. № 2. С. 3–12.
6. Веснин С.Г., Каплан М.А., Авакян Р.С. Современная микроволновая радиотермометрия молочных желез // Опухоли женской репродуктивной системы. 2008. № 3. С. 28–33. doi: 10.17650/1994-4098-2008-0-3-28-33
7. Сдвижков А.М., Веснин С.Г., Карташева А.Ф., и др. О месте радиотермометрии в маммологической практике. В кн.: Актуальные проблемы маммологии. М.; 2000. С. 28–40.
8. Вепхвадзе Р.Я., Лалашвили К.Я., Капанадзе Б.Б. Машинная термодиагностика опухолевых процессов молочных желез. В кн.: Тепловидение в медицине. Л.; 1990.
9. Видюков В.И., Мустафин Ч.К., Керимов Р.А., и др. Дифференциальная диагностика опухолей молочных желез на основе данных радиотермометрии // Опухоли женской репродуктивной системы. 2016. Т. 12, № 1. С. 26–31. doi: 10.17650/1994-4098-2016-12-1-26-31
10. Напалков Н.П. Основные направления и перспективы применения термографии в клинической онкологии. В кн.: Тепловидение в медицине. Л.; 1990.
11. Семиглазов В.Ф. Скрининг рака молочной железы. В кн.: VIII Российский онкологический конгресс. М.; 2004.
12. Синельникова О.А., Керимов Р.А., Синоюкова Г.Т. Сверхвысокочастотная радиотермометрия в оценке эффективности неoadъювантного лечения рака молочной железы // Онкогинекология. 2014. № 2. С. 55–66.
13. Бурдина Л.М., Хайленко В.А., Кижжаев Е.В., и др. Применение радиотермометра диагностического компьютеризированного интегральной глубинной температуры ткани для диагностики рака молочной железы.

- М.; 1999.
14. Barrett A., Myers P.C., Sadowsky N.L. Detection of breast cancer by microwave radiometre // Radio Science. 1977. Vol. 12, № 6S. P. 167–171. doi: 10.1029/RS012I06SP00167
15. Cockburn W. Breast Thermal Imaging, the Paradigm Shift // Dynamic Chiropractic. 1995. Vol. 13, № 01.
16. Керимов Р.А., Кочоян Т.М. Сверхвысокочастотная радиотермометрия в онкомаммологии (краткий обзор литературы) // Онкогинекология. 2017. № 1. С. 19–26.
17. Gautherie M., Gros C.M. Breast Thermography and Cancer Risk Prediction // Cancer. 1980. Vol. 45. P. 51–56.
18. Gautherie M, Gros C. Contribution of infrared thermography to early diagnosis, pretherapeutic prognosis, and post-irradiation follow-up of breast carcinomas // Medicamundi. 2006. Vol. 21. P. 135.
19. Omranipour R., Kazemian A., Alipour S., et al. Comparison of the accuracy of thermography and mammography in the detection of breast cancer // Breast Care. 2016. Vol. 11, № 4. P. 260–264. doi: 10.1159/000448347
20. Gautherie M., Haehnel P., Walter J.P. Thermobiologic evaluation of benign and malignant breast diseases // Geburtshilfe und Frauenheilkunde. 1985. Vol. 45, № 1. P. 22–28. doi: 10.1055/s-2008-1036200
21. Моисеенко В.М., Семиглазов В.Ф. Кинетические особенности роста рака молочной железы и их значение для раннего выявления опухоли // Маммология. 1997. № 3. С. 3–12.
22. Lawson R.N., Gaston J.P. Temperature measurements of localized pathological processes // Annals of the New York Academy of Sciences. 1964. Vol. 121. P. 90–98. doi: 10.1111/j.1749-6632.1964.tb13688.x
23. Vesnin S., Turnbull A.K., Dixon J.M., et al. Modern Microwave Thermometry for Breast Cancer // MCB Molecular and Cellular Biomechanics. 2017. Vol. 7, № 2. P. 1–6. doi: 10.4172/2155-9937.1000136
24. Демко А.Н., Куликов Е.П., Буданов А.Н., и др. Термоасимметрические особенности патологии молочной железы. В кн.: Тезисы X Съезда онкологов России, г. Нижний Новгород, 17–19 апреля 2019 года. М.: Медицинское Маркетинговое Агентство; 2019. С. 37–38.
25. Волков А.А., Демко А.Н., Коробова И.М., и др. Эффективность радиотермометрии при различных биологических подтипах рака молочной железы // Евразийский онкологический журнал. Тезисы XI Съезда онкологов и радиологов стран СНГ и Евразии. 2020. Т. 8, № 2 Приложение. С. 391.

REFERENCES

1. Vaninov A. S. Malignant neoplasms as the most priority medical and social issue of the healthcare system. Bulletin of Science and Practice. 2019;5(11):120–30. (In Russ). doi: 10.33619/2414-2948/48/16
2. Kaprin AD, Rozhkova NI, editors. Rak molochnoy zhelezy. Moscow: GEOTAR-Media; 2018. (In Russ).
3. Kaprin AD, Starinskiy VV, Petrova GV, editors. Sostoyaniye onkologicheskoy pomoshchi naseleniyu Rossii v 2016 godu. Moscow; 2017. (In Russ).
4. Kovalenko MS, Koshulko PA, Korotkova NV. Catepsins as markers of malignant tumors of the mammary glands. Science of the young (Eruditio Juvenium). 2019;7(2):301–6. (In Russ). doi: 10.23888/HMJ201972301-306
5. Burdina LM, Vaysblat AV, Vesnin SG, et al. Primeneniye radiotermometrii dlya diagnostiki raka molochnoy zhelezy. Mammologiya. 1998;(2):3–12. (In Russ).
6. Vesnin SG, Klapan MA, Avasyan RS. Contemporary microwave radiothermometry of mammary glands. Tumors of Female Reproductive System. 2008;(3):28–33. (In Russ). doi: 10.17650/1994-4098-2008-0-3-28-33
7. Sdvizhkov AM, Vesnin SG, Kartasheva AF, et al. O meste radiotermometrii v mammologicheskoy praktike. In: Aktual'nyye problemy mammologii. Moscow; 2000. P. 28–40. (In Russ).
8. Vepkhvadze RYa, Lalashvili KYa, Kapanadze BB. Mashinnaya termodiagnostika opukholevykh protsessov molochnykh zhelez. In: Teplovideniye v meditsine. Leningrad; 1990. (In Russ).
9. Vidyukov VI, Mustafin CK, Kerimov RA, et al. Differential diagnosis of breast tumors on the basis of radiothermometric findings. Tumors of the Female Reproductive System. 2016;12(1):26–31. (In Russ). doi: 10.17650/1994-4098-2016-12-1-26-31
10. Napalkov NP. Osnovnyye napravleniya i perspektivy primeneniya termografii v klinicheskoy onkologii. In: Teplovideniye v meditsine. Leningrad; 1990. (In Russ).
11. Semiglazov VF. Skrininyng raka molochnoy zhelezy. In: VIII Rossiyskiy onkologicheskiiy kongress. Moscow; 2004. (In Russ).
12. Sinelnikova OA, Kerimov RA, Sinyukova GT. Microwave

radiothermometry in the evaluation of the efficiency of meoadjuvant treatment for breast cancer. *Onkoginekologiya*. 2014;(2):55–66. (In Russ).

13. Burdina LM, Khaylenko VA, Kizhayev EV, et al. Primeneniye radiotermometri diagnosticheskogo komp'yuterizirovannogo integral'noy glubinnoy temperatury tkani dlya diagnostiki raka molochnoy zhelezy. Moscow; 1999. (In Russ).

14. Barrett A, Myers PC, Sadowsky NL. Detection of breast cancer by microwave radiometre. *Radio Science*. 1977;12(6S):167–71. doi: 10.1029/RS012106SP00167

15. Cockburn W. Breast Thermal Imaging, the Paradigm Shift. *Dynamic Chiropractic*. 1995;13(01).

16. Kerimov RA, Kochoyan TM. Ultrahighfrequency radiothermometry (UHF-RTM) in oncomammology (concise literature review). *Onkoginekologiya*. 2017;(1):19–26. (In Russ).

17. Gautherie M, Gros CM. Breast Thermography and Cancer Risk Prediction. *Cancer*. 1980;45:51–6.

18. Gautherie M, Gros C. Contribution of infrared thermography to early diagnosis, pretherapeutic prognosis, and post-irradiation follow-up of breast carcinomas. *Medicamundi*. 2006;21:135.

19. Omranipour R, Kazemian A, Alipour S, et al. Comparison of the accuracy of thermography and mammography in the detection of breast cancer.

Breast Care. 2016;11(4):260–4. doi: 10.1159/000448347

20. Gautherie M, Haehnel P, Walter JP. Thermobiologic evaluation of benign and malignant breast diseases. *Geburtshilfe und Frauenheilkunde*. 1985;45(1):22–8. doi: 10.1055/s-2008-1036200

21. Moiseyenko VM, Semiglazov VF. Kineticheskiye osobennosti rosta raka molochnoy zhelezy i ikh znachenije dlya rannego vyyavleniya opukholi. *Mammologiya*. 1997;(3):3–12. (In Russ).

22. Lawson RN, Gaston JP. Temperature measurements of localized pathological processes. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1964;121:90–8. doi: 10.1111/j.1749-6632.1964.tb13688.x

23. Vesnin S, Turnbull AK, Dixon JM, et al. Modern Microwave Thermometry for Breast Cancer. *MCB Molecular and Cellular Biomechanics*. 2017;7(2):1–6. (In Russ). doi: 10.4172/2155-9937.1000136

24. Demko AN, Kulikov EP, Budanov AN, et al. Termoassimetricheskiye osobennosti patologii molochnoy zhelezy. In: *Tezisy X S'yezda onkologov Rossii, Nizhniy Novgorod, 17–19 April 2019*. Moscow: Meditsinskoye Marketingovoye Agentstvo; 2019. P. 37–38. (In Russ).

25. Volkov AA, Demko AN, Korobova IM, et al. Effektivnost' radiotermometrii pri razlichnykh biologicheskikh podtipakh raka molochnoy zhelezy. *Evrziyskiy onkologicheskij zhurnal. Tezisy XI S'yezda onkologov i radiologov stran SNG i Evrazii*. 2020;8(2S):391. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

Куликов Евгений Петрович, д.м.н., профессор;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4926-6646>;
eLibrary SPIN: S-1851-2016; e-mail: e.kulikov@rzhgm.ru

Демко Анна Николаевна, к.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7941-5158>;
eLibrary SPIN: 2512-4630; e-mail: naetochka@yandex.ru

Волков Александр Александрович,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0244-4951>;
eLibrary SPIN: 3668-6377; e-mail: aavolkov58rus@yandex.ru

Буданов Андрей Николаевич,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8706-2655>;
eLibrary SPIN: 1917-0546; e-mail: andrewbudanof@yandex.ru

Орлова Нина Сергеевна,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9934-9242>;
e-mail: nina.orlova.6161@mail.ru

AUTHOR'S INFO

Evgeniy P. Kulikov, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4926-6646>;
eLibrary SPIN: S-1851-2016; e-mail: e.kulikov@rzhgm.ru

***Anna N. Demko**, MD, Cand. Sci. (Med.),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7941-5158>;
eLibrary SPIN: 2512-4630; e-mail: naetochka@yandex.ru

Aleksandr A. Volkov,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0244-4951>;
eLibrary SPIN: 3668-6377; e-mail: aavolkov58rus@yandex.ru

Andrey N. Budanov,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8706-2655>;
eLibrary SPIN: 1917-0546; e-mail: andrewbudanof@yandex.ru

Nina S. Orlova,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9934-9242>;
e-mail: nina.orlova.6161@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author