



ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Радиомика - инновационный метод визуализации в медицине. Перспективы применения при заболеваниях челюстно-лицевой области. Обзор литературы.

Лысенко А.В.¹, Яременко А.И.² Баранов С.С.³

1.к.м.н., старший научный сотрудник отдела челюстно-лицевой хирургии НИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова МЗ РФ.

2.д.м.н., профессор, заведующий кафедрой хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова МЗ РФ.

3.студент 4 курса стоматологического факультета, ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова МЗ РФ.

[Коресп.Автор Яременко А.И](#) Адрес: 197022, СПб., ул. Льва Толстого, д. 6/8

Тел.: + 7 (812) 429-03-37 E-mail: ayaremenko@me.com

АБСТРАКТ

Цель:Радиомика – инновационный метод диагностики патологических состояний различного генеза, построенный на работе машинного обучения, математического моделирования и радиологии. Целью данного исследования является обзор отечественной и зарубежной литературы и определение основных направлений в рамках изучения заболеваний головы и шеи, в которых применяется радиомический анализ.

Материалы и методы:В данном исследовании были проанализированы литературные источники из баз PubMed, Elsevier. Интервал поиска – 2018-2022.

Результаты:Анализ литературы показал, что радиомика в основном применяется для диагностики злокачественных новообразований головы и шеи, в том числе и для определения вероятности осложнений опухолевого процесса и прогнозирования динамики состояния в ответ на проведение различных методов лечения. Также проанализированны работы, описывающие применение радиомики для диагностики заболеваний стоматологического профиля.

Выводы:В настоящее время радиомика получила широкое распространение для диагностики целого спектра заболеваний головы и шеи, что подтверждается ежегодно растущим количеством научных публикаций, посвященных чаще всего клиническим случаям, в которых применялся радиомический анализ. Однако вопреки широкому распространению и наличию очевидных преимуществ, таких как неинвазивность, достаточно высокая точность, на сегодняшний день не существует единого протокола проведения радиомического анализа. Таким образом, важным для исследователей является вопрос разработки новых стандартов и общепринятых протоколов, что даст возможность воспроизвести и сопоставить уже имеющиеся исследования с другими подобными радиометрическими работами.

Ключевые слова: радиомика, машинное обучение, патологии головы и шеи, применение радиомики.

Введение

Диагностика злокачественных новообразований головы и шеи долгое время опиралась только на данные рентгенологических исследований с последующей интерпретацией полученной информации врачей-специалистов. Однако с развитием информационных систем начали появляться новые инструменты для анализа полученной при лучевых исследованиях данных. Одним из таких методов является радиомика.

Впервые концепция радиомики появилась в 2012 году, когда Kumar V. с соавт. описал возможности применения данной науки в диагностике злокачественных новообразовани.¹

Метод литературного поиска

В процессе исследования были проанализированы литературные источники из баз PubMed. Интервал поиска – 2018-2022 гг.

Определение понятия и принцип работы

Радиомика – отдельная наука, сочетающая в себе радиологию, математическое моделирование и глубокое машинное обучение.² Принцип работы радиомики заключается в возможности извлечения данных из радиологического снимка, их анализа, обработки и выдачи результата на основе работы автоматического или полуавтоматического программного обеспечения.³

Таким образом, радиомика основывается на теории о том, что основная информация о структуре, виде и опухоли может быть извлечена из снимков, полученных при радиологических исследованиях. Это позволяет уточнить фенотип опухоли и получить информацию о специфических онкопротеинах, что в дальнейшем позволяет назначить необходимое лечение для пациента.^{4,5}

Радиомика – это гибридный аналитический процесс, состоящий из следующих этапов: сбор данных и первичный анализ, сегментацию опухоли, обнаружение и извлечение данных, моделирование, статистическую обработку и проверку полученных данных.⁶

Так, основными параметрами оценки данных радиологического исследования являются следующие категории:

- Описание интенсивности распределения вокселей трехмерного изображения;
- Особенности формы, связанные с формой объема;
- Особенности структуры ткани, позволяющие уточнить внутриопухолевые гетерогенные различия;

Основной задачей радиомики является определение возможного фенотипа опухоли, по имеющимся изображениям. Таким образом, полученные данные позволяют сократить время от начала диагностики к выбору наилучшей тактики лечения и началу лечения.⁷

Сбор данных

Первым этапом фенотипирования опухоли по имеющемуся изображению является сбор данных. Качество изображения во многом зависит от принятого в медицинской организации протокола.⁸ Основными критериями, определяющие качество снимка, являются эффекты частичного объема (например, разрешение, отношение шум/сигнал) и артефакты движения.

Обнаружение опухоли и ее сегментация

Сегментация опухоли определяет регион интереса (region of interest, ROI), в котором локализуется опухоль и в котором необходимо провести анализ. Именно этот этап является ключевым при использовании метода радиомики. Сегментация может проводиться как в ручном варианте, так и в полуавтоматическом и автоматическом вариантах.⁹ Ручная сегментация позволяет более детально выделить необходимые параметры из интересующих областей, однако требует больших временных затрат.¹⁰ Автоматическое и полуавтоматическое сегментирование минимизирует время и повышает последовательность в разграничении областей интереса. На данный момент не существует единого протокола проведения сегментации, поэтому данный этап занимает достаточно много времени для проведения.¹¹

Компьютерный анализ медицинского изображения.

Компьютерный анализ медицинского изображения состоит из нескольких этапов:

1. Определение фенотипа опухоли для выбора оптимальной тактики лечения
2. Сбор базы медицинских изображений, на основе которых будет построено сравнение исходного изображения
3. Разметка данных

После прохождения данных этапов производится определение биомаркеров отобранных изображений (БМИ). К ним относятся признаки формы (объем, максимальный линейный размер, площадь, компактность); признаки первого порядка – анализ гистограмм в отношении максимальной, минимальной и медианы интенсивности распределения вокселей (оттенков серого), наличие асимметрии распределения, случайность распределения; признаки второго порядка – особенности структурной корреляции между соседними вокселями; признаки высшего порядка – высший математический анализ.¹²

Создание математической модели

Биомаркеры изображений подбираются в результате работы автоматических алгоритмов, наиболее популярными из которых являются регрессия, нейронные сети и различные виды

решающих деревьев. Таким образом, из большого множества признаков отбираются те биомаркеры, которые удовлетворяют тем критериям, по которым они отбирались.^{37,40,41,46,51}

Это позволяет отделить неинформативные БМИ, что значительно повышает стабильность результатов предсказания и снижает вероятность влияния «шумов» на принятие решения.³¹

Именно на основании информативных биомаркеров изображения строится математическая модель, предсказывающая необходимый признак – фенотип опухоли, а далее восприимчивость ее к выбранному способу лечения и вероятность побочных эффектов.^{13,38,64}

Применение радиомики

Часто медицинские изображения содержат в себе данные, которые невозможно определить с помощью невооруженного взгляда. Именно для извлечения таких скрытых данных используется радиомика, позволяющая применить к изображениям ряд математических преобразований и на основе этого установить корреляцию между патофизиологическими свойствами патологического процесса.⁵⁷

Это позволяет значительно сократить сроки диагностики и, соответственно, время начала лечения²⁷, а также предсказать динамику состояния после проведенного как хирургического, так и консервативного этапов лечения.^{55,59,60,63}

Благодаря неинвазивной диагностике радиомический анализ начал широко распространяться для прогнозирования общей выживаемости онкологических больных и, как следствие, проявления метастазов, реакции организма и опухолевого процесса в ответ на проводимое лечение.^{28,29,34,42-44,61,62}

Наиболее широкое распространение радиомика получила в диагностике онкологических заболеваний. Так, наибольшее количество зарубежных статей посвящено диагностике плоскоклеточного рака полости рта и его осложнений.^{14,15,16,39,53}

Диагностика плоскоклеточного рака полости рта

Tang FH с соавторами применил радиомику для анализа 188 компьютерных томограмм пациентов с диагнозом плоскоклеточный рак полости рта, в результате чего были сформированы модели DL-ANN (deep learning artificial neural networks – модель искусственной нейронной сети глубокого обучения) для предсказания прогноза смерти и рецидива опухоли, основывающиеся на признаках, извлеченных из GTV (gross tumor volume - общий объем опухоли) и PTV (planning target volume - планируемый целевой объем). В результате, характеристики радиомики PTV с моделью DL-ANN достигли точности в 77,7% с общей AUC, равной 0,934 и 0,932, при предсказании прогноза смерти, связанного с плоскоклеточным раком полости рта, и рецидива опухоли соответственно. При этом модель DL-ANN с использованием признаков GTV достигла точности в 74,3% с AUC, равной 0,947 и 0,956 для тех же параметров соответственно. Таким образом, авторы делают вывод о том, что данные модели действительно могут применяться в клинической практике для предсказания прогноза смерти и рецидива опухоли.¹⁴

Stephanie Tenadini-Lang с соавторами в своей публикации описала основные биомаркеры, которые используются для визуализации и анализа плоскоклеточного рака.¹⁵

Steven W Mes с соавт. в своей статье описывает возможность применения радиомики в рамках исследования МРТ-исследований для диагностики плоскоклеточного рака, несмотря на высокую вариабельность протоколов сбора данных.¹⁶

Диагностика новообразований щитовидной железы

В исследовании Magyam Gul и соавт. радиомика представлена как один из инструментов для проведения дифференциальной диагностики опухоли щитовидной железы. Так, основными дифференциальными диагнозами являются МАЛБТ-лимфома и лимфоэпителиома.¹⁷

Диагностика заболеваний полости рта

Существуют научные публикации, рассказывающие о возможности применения радиомики в рамках диагностики заболеваний органов полости рта.^{45,47-49}

Так, Reddy M. с соавторами пишет о возможности использования искусственного интеллекта для определения глубины пародонтальных карманов и возможного предсказания на основе полученных данных о риске развития периодонтита у исследуемого пациента.¹⁸ Аналогичную точку зрения высказывает Jae-Hong Lee et al. В данном исследовании были проанализированы снимки периапикальных тканей зубов (1044 – в качестве основы для обучения нейронной сети; 348 – утвержденных и тестовых), в результате которого точность диагностического предсказания составила 81,0% для премоляров и 76,7% для моляров.¹⁹

Mangal U., Arum H., Huisoo K. с соавторами описали возможность применения радиомики в рамках диагностики асимметрии нижней челюсти. Основным критерием, по которому происходила оценка, являлось отклонение средней линии нижней челюсти от среднесагиттальной линии. Со слов авторов, данный способ позволяет в короткие сроки определить степень асимметрии и, следовательно, необходимость проведения ортогнатической операции по корректированию положения нижней челюсти.²²

Существуют работы, описывающие использование радиомики для диагностики синдрома

Шегрена.^{21,56,58} Так, в 2019 году Y. Kise, H. Ikeda и др. произвели исследование, в котором было исследованы данные 500 компьютерных томограмм (n=400 – обучение; n=100 - тест). Выводом стало заключение о том, что производительность системы была сравнима с работой опытных радиологов, в то время как неопытные рентгенологи показали более низкую точность обнаружения заболевания.²²

Диагностика воспалительных заболеваний челюстных пазух

При острых верхнечелюстных синуситах диагноз ставится на основании клинических проявлений и рентгенологических снимков. Так, на рентгеновских снимках определяется утолщение слизистой оболочки верхнечелюстной пазухи (более 4 мм), наличие жидкости, цистоподобная форма ступков слизи. В своем исследовании Makoto Murata с соавторами проанализировал данные 720 снимков пациентов, разделенных на следующие группы: здоровые пациенты (n = 400 – обучение; n = 60 - тест), пациенты, имеющие воспаление в верхнечелюстных пазухах (n = 400 – обучение; n = 60 - тест). Результаты данной научной работы показали, что точность диагностики верхнечелюстного синусита была высокой (87,5% точности; 86,7% - чувствительность, 88,3% - специфичности). Эти значения не показали существенных различий по сравнению с данными рентгенологов и были выше, чем у резидентов-стоматологов.²²

Диагностика осложнений опухолевых процессов головы и шеи

В 2022 году, китайские ученые опубликовали исследование, в котором было проанализировано 1673 снимка, на основе которых были построены 4 модели с различными параметрами. Регионом интереса данного исследования являлись шейные лимфатические узлы при плоскоклеточной карциноме языка, которые были поражены метастазами. В результате, точность каждой из 4-х моделей составила от 76,5% до 93,1%.

Таким образом, точность моделей по сравнению с рентгенологами достигла 40%.²³ Примерно таких же результатов добились ученые из Японии, при исследовании 161 пациента с аналогичным диагнозом. Точность их модели составила 85%.²⁴

Радиомика и химиотерапия/радиотерапия/радиохимиотерапия при опухолях головы и шеи.

Существует большое количество статей, на тему того, как именно применяется радиомика в рамках назначаемого лечения опухолей.³³⁻³⁶

Радиомика позволила прогнозировать фенотип опухоли на основании характеристики ВПЧ статуса. Иммуногистохимическая оценка p16, считающаяся суррогатным биомаркером, часто коррелировала с признаками, извлеченными радиомикой из КТ-изображений, и реже из ПЭТ-КТ и МРТ.^{25,52}

Lianzhen Z. с соавторами изучили 1872 снимка пациентов с диагнозом назофарингеальная карцинома с использованием методов радиомики. Созданная модель позволяла предсказать прогноз выживаемости пациентов с различными схемами лечения с использованием многозадачной радиомики глубокого обучения и МРТ-изображений до лечения, на основании которых были предложены оптимальные схемы лечения (CCRT – конкурентная химиорадиотерапия; ICT – индукционная химиотерапия). Модель показала отличную прогностическую способность для безрецидивной выживаемости как в группе CCRT, так и в группе ICT+CCRT. В соответствии с прогностической разницей между видами лечения с использованием номограммы пациенты были разделены на группы, предпочитающие ICT, и группы, предпочитающие CCRT.

В группе, предпочитающей ICT, пациенты, получавшие ICT + CCRT, продемонстрировали более длительную выживаемость по сравнению с пациентами, получавшими CCRT, в когортах внутреннего и внешнего, в то время как в группе, предпочитающей CCRT, тенденция была противоположной. Аналогичные результаты для принятия решения о лечении с использованием номограммы были получены в разных подгруппах, стратифицированных по клиническим факторам и параметрам получения МРТ.²⁶

Выводы

В последние годы наблюдается увеличение количества научных публикаций, посвященных радиомическому анализу и использованию возможностей искусственного интеллекта для диагностики различных заболеваний. Наиболее широкое применение радиомика получила в диагностике онкологических заболеваний, однако, как показал анализ литературы, радиомический анализ может также применяться для ряда заболеваний челюстно-лицевой области, связанных с воспалительными процессами, травмами, аномалиями развития черепных костей, инфекционными поражениями.

Несмотря на очевидные преимущества радиомического анализа, его широкое распространение ограничено, поскольку необходимые типовые параметры широко варьируют на разных платформах и в различных исследованиях, что значительно затрудняет их

сравнение.^{40,42,44,54,57}

На данный момент не существует единых стандартов измерения показателей радиомики и текстуры тканей. Таким образом, исследователям следует уделять больше внимания разработке новых стандартов и протоколов формирования изображений, а также предоставлять необходимые параметры для возможности воспроизвести и сопоставить с другими радиометрическими исследованиями.^{30,32}

ЛИТЕРАТУРА

1. Virendra Kumara et al. Radiomics: the process and the challenges Magnetic Resonance Imaging Volume 30, Issue 9, November 2012, Pages 1234-1248
2. Радиомика и анализ текстур цифровых изображений в онкологии (обзор) А. А. Литвин, Д. А. Буркин, А. А. Кропинов, Ф. Н. Парамзин. // Современные технологии в медицине. 2021. № Том 13, №2.
3. Paul Giraud, Philippe Giraud, Anne Gasnier, Radouane El Ayachy, Sarah Kreps, Jean-Philippe Foy, Catherine Durdux, Florence Huguette, Anita Burgun, and Jean-Emmanuel Bibault. Radiomics and Machine Learning for Radiotherapy in Head and Neck Cancers. *Front Oncol.* 2019; 9: 174.
4. Lambin P, Rios-Velazquez E, Leijenaar R, Carvalho S, van Stiphout RGPM, Granton P, et al.. Radiomics: extracting more information from medical images using advanced feature analysis. *Eur J Cancer.* (2012) 48:441–6. 10.1016/j.ejca.2011.11.036
5. Lambin P, Leijenaar RTH, Deist TM, Peerlings J, de Jong EEC, van Timmeren J, et al.. Radiomics: the bridge between medical imaging and personalized medicine. *Nat Rev Clin Oncol.* (2017) 14:749–62. 10.1038/nrclinonc.2017.
6. Orhac F, Nioche C, Klyuzhin I, Rahmim A, Buvat I., Radiomics in PET Imaging:: A Practical Guide for Newcomers. *PET Clin.* 2021 Oct;16(4):597-612. doi: 10.1016/j.cpet.2021.06.007.
7. Huang B, Tian J, Zhang H, Luo Z, Qin J, Huang C, He X, Luo Y, Zhou Y, Dan G, Chen H, Feng ST, Yuan C. Deep Semantic Segmentation Feature-Based Radiomics for the Classification Tasks in Medical Image Analysis. *IEEE J Biomed Health Inform.* 2021 Jul;25(7):2655-2664. doi: 10.1109/JBHI.2020.3043236. Epub 2021 Jul 27.
8. Hugo J. W. L. Aerts, PhD. The Potential of Radiomic-Based Phenotyping in Precision Medicine A Review *JAMA Oncol.* 2016 Dec 1;2(12):1636-1642. doi: 10.1001/jamaoncol.2016.2631.
9. Zhenyu Liu, Shuo Wang, Di Dong, Jingwei Wei, Cheng Fang, Xuezhi Zhou, Kai Sun, Longfei Li, Bo Li Meiyun, Wang Jie Tian. The Applications of Radiomics in Precision Diagnosis and Treatment of Oncology: Opportunities and Challenges. *Theranostics* 2019; 9(5):1303-1322. doi:10.7150/thno.30309
10. Janita E. van Timmeren, Davide Cester, Stephanie Tanadini-Lang, Hatem Alkadhi, and Bettina Baessler Radiomics in medical imaging — “how-to” guide and critical reflection *Insights Imaging.* 2020 Dec; 11: 91. Published online 2020 Aug 12. doi: 10.1186/s13244-020-00887-2
11. Shruti Atul Mali, Abdalla Ibrahim, Henry C. Woodruff, Vincent Andrearczyk, Henning Müller, Sergey Primakov, Zohaib Salahuddin, Avishek Chatterjee, and Philippe Lambin. Making Radiomics More Reproducible across Scanner and Imaging Protocol Variations: A Review of Harmonization Methods *J Pers Med.* 2021 Sep; 11(9): 842
12. Marius E. Mayerhoefer, Andrzej Materka, Georg Langs, Ida Häggström, Piotr Szczypiński, Peter Gibbs, and Gary Cook. Introduction to Radiomics. *J Nucl Med.* 2020 Apr; 61(4): 488–495.
13. Alex Zwanenburg, Martin Vallières, Mahmoud A Abdalah, et. al. The Image Biomarker Standardization

Initiative: Standardized Quantitative Radiomics for High-Throughput Image-based Phenotyping. Radiology 2020 May;295(2):328-338. doi: 10.1148/radiol.2020191145. Epub 2020 Mar 10.

14.Fh T, Cyw C, Eyw C. Radiomics AI prediction for head and neck squamous cell carcinoma (HNSCC) prognosis and recurrence with target volume approach. BJR Open. 2021 Jul 5;3(1):20200073. doi: 10.1259/bjro.20200073. eCollection 2021.

15.Tanadini-Lang S, Balermipas P, Guckenberger M, Pavic M, Riesterer O, Vuong D, Bogowicz M, Strahlenther. Radiomic biomarkers for head and neck squamous cell carcinoma. Onkol. 2020 Oct;196(10):868-878. doi: 10.1007/s00066-020-01638-4. Epub 2020 Jun 3. PMID: 32495038

16.Mes SW, van Velden FHP, Peltenburg B, Peeters CFW, Te Beest DE, van de Wiel MA, Mekke J, Mulder DC, Martens RM, Castelijns JA, Pameijer FA, de Bree R, Boellaard R, Leemans CR, Brakenhoff RH, de Graaf P. Outcome prediction of head and neck squamous cell carcinoma by MRI radiomic signatures. Eur Radiol. 2020 Nov;30(11):6311-6321. doi: 10.1007/s00330-020-06962-y. Epub 2020 Jun 4. PMID: 32500196

17.Maryam Gul, Kimberley-Jane C. Bonjoc, David Gorlin, Chi Wah Wong, Amirah Salem, Vincent La, Aleksandr Filippov, Abbas Chaudhry, Muhammad H. Imam, and Ammar A. Chaudhry, Diagnostic Utility of Radiomics in Thyroid and Head and Neck Cancers. Front Oncol. 2021; 11: 639326. Published online 2021 Jul 7. doi: 10.3389/fonc.2021.639326

18.Manchala S Reddy, Shishir R Shetty, Raghavendra M Shetty, Venkataramana Vannala, Shakeel Sk. Future of periodontics lies in artificial intelligence: Myth or reality? J Investig Clin Dent 2019 Nov;10(4):e12423. doi: 10.1111/jicd.12423. Epub 2019 May 23.

19.Jae-Hong Lee, Do-hyung Kim, Seong-Nyum Jeong, Seong-Ho Choi. Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm J Periodontal Implant Sci. 2018 Apr; 48(2): 114–123. Published online 2018 Apr 30. doi: 10.5051/jpis.2018.48.2.114

20.Utkarsh Mangal, Han Arum, Kim Huisoo, Yun-Hoa Jung, Kee-Joon Lee, Hyung-Seog Yu, Jae Joon Hwang, Sung-Hwan Choi. Tomographic similarity scan with a computed modified absolute mandibular midsagittal plane for precise and objective localization of mandibular asymmetry. 2021 Jul;134:104465. doi: 10.1016/j.compbimed.2021.104465. Epub 2021 May 4

21.Yoshitaka Kise, Haruka Ikeda, Takeshi Fujii, Motoki Fukuda, Yoshiko Arijii, Hiroshi Fujita, Akitoshi Katsumata, Eiichiro Arijii. Preliminary study on the application of deep learning system to diagnosis of Sjögren's syndrome on CT images. Dentomaxillofac Radiol. Actions. 2019 Sep;48(6):20190019. doi: 10.1259/dmfr.20190019. Epub 2019 May

22.Makoto Murata1 · Yoshiko Arijii1 · Yasufumi Ohashi1 · Taisuke Kawai2 · Motoki Fukuda1 · Takuma Funakoshi1 · Yoshitaka Kise1 · Michihito Nozawa1 · Akitoshi Katsumata3 · Hiroshi Fujita4 · Eiichiro Arijii1. Deep-learning classification using convolutional neural network for evaluation of maxillary sinusitis on panoramic radiography. Oral Radiology (2019) 35:301–307 <https://doi.org/10.1007/s11282-018-0363-7>

23.Yi-Wei Zhong, Yin Jiang, Shuang Dong, Wen-Jie Wu, Ling-Xiao Wang, Jie Zhang, Ming-Wei Huang. Tumor radiomics signature for artificial neural network-assisted detection of neck metastasis in patient with tongue cancer. J Neuroradiol. actions. 2022 Mar;49(2):213-218. doi: 10.1016/j.neurad.2021.07.006. Epub 2021 Aug

24.Katsumaro Kubo, Daisuke Kawahara, Yuji Murakami, Yuki Takeuchi, Tsuyoshi Katsuta, Nobuki

Imano, Ikuno Nishibuchi, Akito Saito, Masaru Konishi, Naoya Kakimoto, Yukio Yoshioka, Shigeaki Toratani, Shigehiro Ono, Tsutomu Ueda, Sachio Takeno, Yasushi Nagata. Development of a radiomics and machine learning model for predicting occult cervical lymph node metastasis in patients with tongue cancer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2022 Jul;134(1):93-101. doi: 10.1016/j.oooo.2021.12.122. Epub 2021 Dec 25.

25.Roxana Irina IANCU, A.D. ZARA, C.C. MIRESTEAN, and D.P.T. IANCU. Radiomics in Head and Neck Cancers Radiotherapy. Promises and Challenges. *Journal List Maedica (Bucur) v.16(3); 2021 Sep.* PMC8643547 *Maedica (Bucur).* 2021 Sep; 16(3): 482-488.doi: 10.26574/maedica.2020.16.3.482

26.Lianzhen Zhong, Di Dong, Xueliang Fang, Fan Zhang, Ning Zhang, Liwen Zhang, Mengjie Fang, Wei Jiang, Shaobo Liang, Cong Li, Yujia Liu, Xun Zhao, Runnan Cao, Hong Shan, Zhenhua Hu, Jun Ma, Linglong Tang, Jie Tian. A deep learning-based radiomic nomogram for prognosis and treatment decision in advanced nasopharyngeal carcinoma: A multicentre study. *EbioMedicine actions.* 2021 Aug;70:103522. doi: 10.1016/j.ebiom.2021.103522. Epub 2021 Aug 11.

27. Zhenyu Liu, Shuo Wang, Di Dong, Jingwei Wei, Cheng Fang, Xuezhi Zhou, Kai Sun, Longfei Li, Bo Li, Meiyun Wang, Jie Tian. The Applications of Radiomics in Precision Diagnosis and Treatment of Oncology: Opportunities and Challenges. *Theranostics.* 2019 Feb 12;9(5):1303-1322. doi: 10.7150/thno.30309.

28.Wang J., Shen L., Zhong H., Zhou Z., Hu P., Gan J., Luo R., Hu W., Zhang Z. Radiomics features on radiotherapy treatment planning CT can predict patient survival in locally advanced rectal cancer patients. *Sci Rep* 2019; 9(1): 15346, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51629-4>.

29.Luca Cozzi, Ciro Franzese, Antonella Fogliata, Davide Franceschini, Pierina Navarra, Stefano Tomatis, Marta Scorsetti. Predicting survival and local control after radiochemotherapy in locally advanced head and neck cancer by means of computed tomography based radiomics. *Strahlenther Onkolactions.* 2019 Sep;195(9):805-818. doi: 10.1007/s00066-019-01483-0. Epub 2019 Jun 20.

30.Zanfardino M., Franzese M., Pane K., Cavaliere C., Monti S., Esposito G., Salvatore M., Aiello M. Bringing radiomics into a multi-omics framework for a comprehensive genotype-phenotype characterization of oncological diseases. *J Transl Med* 2019; 17(1): 337, <https://doi.org/10.1186/s12967-019-2073-2>.

31.Grootjans W, Tixier F, Cs VDV, Vriens D, Le RC, Bussink J. et al. The Impact of Optimal Respiratory Gating and Image Noise on Evaluation of Intratumor Heterogeneity on 18F-FDG PET Imaging of Lung Cancer. *Journal of Nuclear Medicine Official Publication Society of Nuclear Medicine.* 2017;57:1692

32.Zhao B, Tan Y, Wei YT, Schwartz LH, Lin L. Exploring Variability in CT Characterization of Tumors: A Preliminary Phantom Study 1. *Translational Oncology.* 2014;7:88-93

33.Chan A., Grégoire V., Lefebvre J.-L., Licitra L., Hui E.P., Leung S. Nasopharyngeal cancer: EHNS-ESMO-ESTRO clinical practice guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. *Ann Oncol.* 2012;23:vii83–vii85.

34.Chen Y.-P., Chan A.T.C., Le Q.-T., Blanchard P., Sun Y., Ma J. Nasopharyngeal carcinoma. *Lancet North Am Ed.* 2019;394(10192):64–80.

35.Bi W.L., Hosny A., Schabath M.B., Giger M.L., Birkbak N.J., Mehrtash A. Artificial intelligence in cancer imaging: clinical challenges and applications. *CA Cancer J Clin.* 2019;69(2):127–157.

36.Peng H., Dong D., Fang M.-J., Li L., Tang L.-L., Chen L. Prognostic value of deep learning PET/CT-based radiomics: potential role for future individual induction chemotherapy in advanced nasopharyngeal

carcinoma. Clin Cancer Res. 2019;25(14):4271–4279.

37.Sullivan DC, Obuchowski NA, Kessler LG, et al. Metrology standards for quantitative imaging biomarkers. Radiology. 2015;277:813–825.

38.Zhao B, Tan Y, Tsai W-Y, et al. Reproducibility of radiomics for deciphering tumor phenotype with imaging. Sci Rep. 2016;6:23428.

39.Tang FH, PhD,Chu CYW, BSc, and Cheung EYW, PhD. Radiomics AI prediction for head and neck squamous cell carcinoma (HNSCC) prognosis and recurrence with target volume approach. BJR Open. 2021; 3(1): 20200073.

Published online 2021 Jul 5. doi: 10.1259/bjro.20200073

40.Ger R.B., Cardenas C.E., Anderson B.M., Yang J., Mackin D.S., Zhang L., Court L.E. Guidelines and experience using imaging biomarker explorer (IBEX) for radiomics. J Vis Exp 2018; 131: 57132, <https://doi.org/10.3791/57132>.

41.Bettinelli A., Branchini M., De Monte F., Scaggion A., Paiusco M. Technical note: an IBEX adaption toward image biomarker standardization. Med Phys 2020; 47(3): 1167–1173, <https://doi.org/10.1002/mp.13956>.

42.Shen C., Liu Z., Wang Z., Guo J., Zhang H., Wang Y., Qin J., Li H., Fang M., Tang Z., Li Y., Qu J., Tian J. Building CT radiomics based nomogram for preoperative esophageal cancer patients lymph node metastasis prediction. Transl Oncol 2018; 11(3): 815–824, <https://doi.org/10.1016/j.tranon.2018.04.005>.

43.Navran A, Heemsbergen W, Janssen T, Hamming-Vrieze O, Jonker M, Zuur C, et al.. The impact of margin reduction on outcome and toxicity in head and neck cancer patients treated with image-guided volumetric modulated Arc therapy (VMAT. Radiother Oncol 2019; 130: 25–31. doi: 10.1016/j.radonc.2018.06.032

44.Vallières M, Freeman CR, Skamene SR, El Naqa I. A radiomics model from joint FDG-PET and MRI texture features for the prediction of lung metastases in soft-tissue sarcomas of the extremities. Phys Med Biol 2015; 60., (no. 14): 5471–96. doi: 10.1088/0031-9155/60/14/5471

45.S. K. Jung, T. W. Kim, Am. New approach for the diagnosis of extractions with neural network machine learning J. Orthod. Dentofacial. Orthop. 2016, 149, 127

46.L. Kats, M. Vered, A. Zlotogorski-Hurvitz, I. Harpaz, Atherosclerotic carotid plaque on panoramic radiographs: neural network detection Int. J. Comput. Dent. 2019, 22, 163

47 J. Yang, Y. Xie, L. Liu, B. Xia, Z. Cao, C. Guo, Automated Dental Image Analysis by Deep Learning on Small Dataset. IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Tokyo, 2018.

48.Joel C.Davies, Harley H.L.Chan, YeldaJozaghiDavid, P.Goldstein, Jonathan C.Irish. Analysis of simulated mandibular reconstruction using a segmental mirroring technique. Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery Volume 47, Issue 3, March 2019, Pages 468-472

49.U Mangal, JJ Hwang, H Jo, SM Lee, et al. Effects of Changes in the Frankfort Horizontal Plane Definition on the Three-Dimensional Cephalometric Evaluation of Symmetry. Applied Sciences, Volume 10, Issue 22, 10.3390/app10227956

50.Ger R, Craft D, Mackin D, Zhou S, Layman R, Jones AK et al (2018) Practical guidelines for handling head and neck computed tomography artifacts for quantitative image analysis. Comput Med Imaging Graph 69:134–139

51.Pavic M, Bogowicz M, Würms X, Glatz S, Finazzi T, Riesterer O et al (2018) Influence of inter-

- observer delineation variability on radiomics stability in different tumor sites. *Acta Oncol* 57:1070–1074
- 52.Leijenaar R, Bogowicz M, Jochems A, Hoebbers FJ, Wesseling F, Huang S et al (2018) Development and validation of a radiomic signature to predict HPV (p16) status from standard CT imaging: a multicenter study. *Br J Radiol* 91:20170498
- 53.Ren J, Tian J, Yuan Y, Dong D, Li X, Shi Y, Tao X (2018) Magnetic resonance imaging based radiomics signature for the preoperative discrimination of stage I–II and III–IV head and neck squamous cell carcinoma. *Eur J Radiol* 106:1–6
- 54.Biondi M, Vanzi E, De Otto G, Carbone SF, Nardone V, Banci Buonamici F (2018) Effects of CT FOV displacement and acquisition parameters variation on texture analysis features. *Phys Med Biol* 63:235021
- 55.Creff G, Devillers A, Depeursinge A, Palard-Novello X, Acosta O, Jegoux F, Castelli J. Evaluation of the Prognostic Value of FDG PET/CT Parameters for Patients With Surgically Treated Head and Neck Cancer: A Systematic Review. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg.* 2020 May 1;146(5):471-479
- 56.Ogura I, Sasaki Y, Oda T, Sue M, Hayama K. Magnetic resonance sialography and salivary gland scintigraphy of parotid glands in Sjögren's syndrome. *Chin J Dent Res* 2018; 21: 63–8. doi: 10.3290/j.cjdr.a39919
- 57.Yamashita R, Nishio M, Do RKG, Togashi K. Convolutional neural networks: an overview and application in radiology. *Insights Imaging* 2018; 9: 611–29. doi: 10.1007/s13244-018-0639-9
- 58.Kojima I, Sakamoto M, Iikubo M, Kumamoto H, Muroi A, Sugawara Y, et al.. Diagnostic performance of MR imaging of three major salivary glands for Sjögren's syndrome. *Oral Dis* 2017; 23: 84–90. doi: 10.1111/odi.12577
- 59.Dean JA, Wong KH, Welsh LC, Jones A-B, Schick U, et al.. Normal tissue complication probability (NTCP) modelling using spatial dose metrics and machine learning methods for severe acute oral mucositis resulting from head and neck radiotherapy. *Radiother Oncol.* (2016) 120:21–7. 10.1016/j.radonc.2016.05.015
- 60.Dean JA, Welsh LC, McQuaid D, Wong KH, Aleksic A, Dunne E, et al.. Assessment of fully-automated atlas-based segmentation of novel oral mucosal surface organ-at-risk. *Radiother Oncol.* (2016) 119:166–71. 10.1016/j.radonc.2016.02.022
- 61.Kann BH, Aneja S, Loganadane GV, Kelly JR, Smith SM, Decker RH, et al.. Pretreatment identification of head and neck cancer nodal metastasis and extranodal extension using deep learning neural networks. *Sci Rep.* (2018) 8:14036. 10.1038/s41598-018-32441-y
- 62.Kann BH, Aneja S, Loganadane GV, Kelly JR, Smith SM, Decker RH, et al.. Pretreatment identification of head and neck cancer nodal metastasis and extranodal extension using deep learning neural networks. *Sci Rep.* (2018) 8:14036. 10.1038/s41598-018-32441-y
- 63.Ou D, Blanchard P, Rosellini S, Levy A, Nguyen F, Leijenaar RTH, et al.. Predictive and prognostic value of CT based radiomics signature in locally advanced head and neck cancers patients treated with concurrent chemoradiotherapy or bioradiotherapy and its added value to Human Papillomavirus status. *Oral Oncol.* (2017) 71:150–5. 10.1016/j.oraloncology.2017.06.015
- 64.Harrell F. Regression Modeling Strategies: With Applications to Linear Models, Logistic Regression, and Survival Analysis. New York, NY: Springer-Verlag; (2001).

Ռադիոմիքսը բժշկության մեջ նորարարական պատկերային տեխնիկա: Դիմաձևտային շրջանի հիվանդությունների դեպքում օգտագործման հեռանկարները. Գրականության ակնարկ.

Լիսենկո Ա.Վ¹., Յարեմեկո Ա.Ի²., Բարանով Ս.Ս.³

1. Բ.գ.թ., Վիրաբուժական ստոմատոլոգիայի դիմաձևտային վիրաբուժության ամբիոնի ավագ գիտաշխատող, ակադ. Ի.Պ.Պավլովի անվան գիտահետազոտական ինստիտուտ, Ռուսաստանի Դաշնության Առողջապահության նախարարություն

2. Բ.գ.թ., պրոֆեսոր, Վիրաբուժական ստոմատոլոգիայի դիմաձևտային վիրաբուժության ամբիոնի ավագ գիտաշխատող, ակադ. Ի.Պ.Պավլովի անվան գիտահետազոտական ինստիտուտ, Ռուսաստանի Դաշնության Առողջապահության նախարարություն

3. 4-րդ կուրսի ուսանող, ակադ. Ի.Պ.Պավլովի անվան գիտահետազոտական ինստիտուտ, Ռուսաստանի Դաշնության Առողջապահության նախարարություն

Նպատակը. Ռադիոմիկան տարբեր ծագման պաթոլոգիական պայմանների ախտորոշման նորարարական մեթոդ է, որը հիմնված է մեքենայական ուսուցման, մաթեմատիկական մոդելավորման և ռադիոլոգիայի աշխատանքի վրա: Այս հետազոտության նպատակն է վերանայել հայրենական և արտասահմանյան գրականությունը և բացահայտել գլխի և պարանոցի հիվանդությունների ուսումնասիրության հիմնական ուղղությունները, որոնցում օգտագործվում է ռադիոմիկ անալիզ:

Նյութեր և մեթոդներ. Այս հետազոտության ընթացքում վերլուծվել են PubMed, Elsevier տվյալների շտեմարանների գրականության աղբյուրները: Որոնման միջակայքը 2018-2022 թթ.

Արդյունքներ. Վերլուծվում են նաև ատամնաբուժական պրոֆիլի հիվանդությունների ախտորոշման համար ռադիոմիկայի կիրառումը նկարագրող աշխատանքները:

Եզրակացություններ. Ներկայումս ռադիոմիկան լայնորեն օգտագործվում է գլխի և պարանոցի հիվանդությունների մի ամբողջ շարք ախտորոշելու համար, ինչը հաստատվում է գիտական հրապարակումների տարեցտարի աճող թվով, որոնք առավել հաճախ նվիրված են կլինիկական դեպքերին, որոնցում օգտագործվել է ռադիոմիտային անալիզ: Այնուամենայնիվ, չնայած լայն տարածմանը և ակնհայտ առավելությունների առկայությանը, ինչպիսիք են ոչ ինվազիվությունը, բավականաչափ բարձր ճշգրտությունը, այսօր չկա ռադիոմիկական վերլուծության միասնական արձանագրություն: Այսպիսով, հետազոտողների համար կարևոր է մշակել նոր ստանդարտներ և ընդհանուր ընդունված արձանագրություններ, որոնք հնարավորություն կտան վերարտադրել և համեմատել առկա ուսումնասիրությունները այլ նմանատիպ ռադիոմետրիկ աշխատանքների հետ:

Radiomix is an innovative imaging technique in medicine. Prospects for use in diseases of the maxillofacial region. Literature review.

Lysenko A.V¹., Yaremeko A.I²., Baranov S.S.³

1. Ph.D., Senior Researcher of the Department of Surgical Stomatology and Maxillofacial Surgery, Acad. Scientific Research Institute named after I.P. Pavlov, Ministry of Health of the Russian Federation

2. B.Sc., Professor, Senior Researcher of the Department of Surgical Stomatology and Maxillofacial Surgery, Acad. Scientific Research Institute named after I.P. Pavlov, Ministry of Health of the Russian Federation

3. 4th year student, Acad. Scientific Research Institute named after I.P. Pavlov, Ministry of Health of the Russian Federation

Purpose: Radiomics is an innovative method of diagnosing pathological conditions of various origins, based on the work of machine learning, mathematical modeling and radiology. The purpose of this research is to review the domestic and foreign literature and identify the main directions of head and neck disease research in which radiomic analysis is used.

Materials and methods: During this study, literature sources from PubMed, Elsevier databases were analyzed. The search range is 2018-2022.

Results: Works describing the use of radiomics for the diagnosis of dental profile diseases are also analyzed.

Conclusions. Currently, radiomics is widely used to diagnose a whole range of diseases of the head and neck, which is confirmed by an increasing number of scientific publications every year, most often devoted to clinical cases in which radiomic analysis was used. non-invasiveness, sufficiently high accuracy, today there is no unified protocol for radiological analysis. Thus, it is important for researchers to develop new standards and commonly accepted protocols that will enable replication and comparison of existing studies with other similar radiometric work.