



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2025-23-1-40-46>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 616.724-07

АЛГОРИТМ АНАЛИЗА КОМПЬЮТЕРНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКЕ ИЗМЕНЕНИЙ В ШЕЙНО-ЧЕРЕПНОМ ОТДЕЛЕ ПРИ ДИСФУНКЦИИ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНЫХ СУСТАВОВ

И. В. САМУЙЛОВ¹, И. Н. БАРАДИНА², Ю. Ф. ВАСИЛЬЕВА², В. Ч. НЕДЕНЬ²

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)

²Университетская стоматологическая клиника (г. Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2025
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2025

Аннотация. Для улучшения результатов диагностики анатомических структур в стоматологии применяется такой метод, как конусно-лучевая компьютерная томография, которая обеспечивает расширенную визуализацию анатомических структур зубочелюстной системы и соседних областей, включая шейную область, верхние дыхательные пути и др. Для улучшения результатов диагностики пациентов с заболеваниями височно-нижнечелюстных суставов предлагается алгоритм анализа компьютерного изображения шейно-черепного отдела, обладающий диагностической воспроизводимостью, позволяющий определять асимметрию взаиморасположения анатомических структур, обнаруживать дегенеративно-дистрофические и другие изменения сочлененных поверхностей. Такой метод способствует выявлению этиологических факторов развития заболеваний височно-нижнечелюстных суставов, повышает эффективность лечения других болезней шейно-черепного отдела.

Ключевые слова: конусно-лучевая компьютерная томография, клиновидная кость, шейные позвонки, 3D-модель, зубочелюстная система, лучевая диагностика.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Алгоритм анализа компьютерного изображения в лучевой диагностике изменений в шейно-черепном отделе при дисфункции височно-нижнечелюстных суставов / И. В. Самуйлов [и др.] // Доклады БГУИР. 2025. Т. 23, № 1. С. 40–46. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2025-23-1-40-46>.

ALGORITHM FOR ANALYZING COMPUTER IMAGES IN RADIATION DIAGNOSTICS OF CHANGES IN THE CERVICAL-CRANIAL REGION IN DYSFUNCTION OF THE TEMPOROMANDIBULAR JOINTS

IVAN U. SAMUILAU¹, INESSA N. BARADINA², YULIA F. VASILYEVA²,
VALERY CH. NEDEN²

¹Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

²University Dental Clinic (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. To improve the results of diagnostics of anatomical structures in dentistry, a method such as cone-beam computed tomography is used, which provides extended visualization of the anatomical structures of the dental system and adjacent areas, including the cervical region, upper respiratory tract, etc. To improve the results of diagnostics of patients with diseases of the temporomandibular joints, an algorithm for analyzing a computer image of the cervicocranial region is proposed, which has diagnostic reproducibility, allows determining the asymmetry

of the mutual arrangement of anatomical structures, detecting degenerative-dystrophic and other changes in the articulating surfaces. This method helps to identify the etiological factors in the development of diseases of the temporomandibular joints, increases the effectiveness of treating other diseases of the cervicocranial region.

Keywords: cone beam computed tomography, sphenoid bone, cervical vertebrae, 3D model, dental system, radiation diagnostics.

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

For citation. Samuilau I. U., Baradina I. N., Vasilyeva Yu. F., Neden V. Ch. (2025) Algorithm for Analyzing Computer Images in Radiation Diagnostics of Changes in the Cervical-Cranial Region in Dysfunction of the Temporomandibular Joints. *Doklady BGUIR*. 23 (1), 40–46. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2025-23-1-40-46> (in Russian).

Введение

Одна из часто встречающихся форм патологии органов и тканей в стоматологии – заболевание височно-нижнечелюстных суставов (ВНЧС). По данным ВОЗ за 2008 г., при эпидемиологическом обследовании распространенности заболеваний ВНЧС в 35 странах мира выявлено, что в возрасте 35–45 лет она превышала 75 %. Согласно исследованиям, заболевания ВНЧС встречаются в среднем от 28 до 56 % у взрослого населения, из них дисфункции ВНЧС составляют 95 %. С возрастом распространенность и интенсивность заболевания увеличиваются [1–3].

Согласно клиническому протоколу «Диагностика и лечение пациентов (взрослое население) с болезнями височно-нижнечелюстного сустава» (утвержден постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 10.08.2022 № 84), в обязательные методы диагностики при оказании медицинской помощи пациентам с заболеваниями ВНЧС включена ортопантомография челюстей и ВНЧС, а в дополнительные (по медицинским показаниям) – инструментальные исследования (лучевые методы): конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) челюстно-лицевой области, КЛКТ и магнитно-резонансная томография ВНЧС.

Анатомия человека по прошествии многих лет остается неизменной, и перспективным современным методом диагностики заболеваний ВНЧС является КЛКТ. Она обеспечивает расширенную визуализацию анатомических структур зубочелюстной системы и соседних областей, включая шейную область, верхние дыхательные пути, ВНЧС и другие, позволяет проводить послойную визуализацию в нескольких плоскостях – сагиттальной, коронарной, аксиальной. КЛКТ необходима для установки окончательного диагноза, составления плана лечения, контроля лечения и полученного результата, динамического (диспансерного) наблюдения после проведенного лечения. Кратность КЛКТ-обследования определяется состоянием пациента и значимостью изменения показателей для коррекции терапии [4, 5].

Однако интерпретация данных КЛКТ в оценке анатомо-топографических изменений в шейно-черепном отделе при заболеваниях ВНЧС имеет определенные трудности. С целью повышения эффективности диагностики заболеваний ВНЧС в статье рассмотрена оптимизация оценки изменений в шейно-черепном отделе с помощью алгоритма анализа рентгеновских изображений на основании показаний КЛКТ и интерпретации данных взаиморасположения сочлененных поверхностей анатомических структур в этом отделе.

Алгоритм анализа шейного отдела по данным конусно-лучевой компьютерной томографии

Для решения задачи исследования проанализировали 28 КЛКТ пациентов в возрасте 19–50 лет обоих полов с ортогнатическим прикусом и дисфункцией ВНЧС. КЛКТ проводили на компьютерном томографе Sirona Galileos (Германия). С помощью КЛКТ исследовали ВНЧС, челюстные кости, пазухи черепа (лобную, решетчатую, клиновидную, верхнечелюстную), шейный отдел позвоночника С1–С3, оценивали анатомо-топографические особенности структур в шейно-черепном отделе (взаиморасположение, наличие деструктивных и других изменений в сочлененных поверхностях) [6–9]. Обработка полученных результатов заключалась в анализе реконструированного изображения в трех плоскостях взаиморасположения шейных позвонков С1–С3 и клиновидной кости (рис. 1).

Статистический анализ выполняли в программе MATLAB R2023a. Для оценки согласованности получаемых измерений использовали одновыборочный *t*-критерий статистического отличия от нуля разности значений двух методов измерений [10]. Разработанный алгоритм анализа ком-

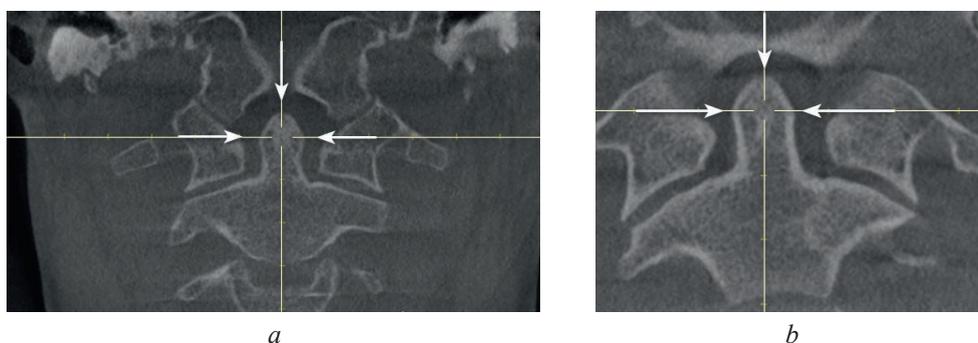


Рис. 1. Пример определения центра сечений во фронтальной (корональной) плоскости:
a – пациент Л; *b* – пациент К

Fig. 1. An example of determining the center of sections in the frontal (coronal) plane: *a* – patient L; *b* – patient K

пьютерного изображения (КЛКТ 3D-модели) анатомо-топографических структур шейно-черепного отдела включал следующий порядок действий.

1. Построение 3D-модели исследуемой КЛКТ для анализа данных – определение «центральной оси» реконструированного изображения.

1.1. Перемещение центра сечений плоскости в район расположения шейных позвонков (С1 и С2).

1.2. Прокликивание (перемещение) сечения в сагиттальной плоскости для выбора позиции сечения с наиболее полной визуализацией изображения зубовидного отростка по высоте во втором шейном позвонке С2.

1.3. Перемещение центра сечений во фронтальной (корональной) плоскости в центр зубовидного отростка С2 таким образом, чтобы оси сечений пересекали самые удаленные точки С2. В случае необходимости – прокликивание сечения в аксиальной (осевой) и сагиттальной плоскостях. При правильном позиционировании в корональной области центра сечений он по осевой плоскости совпадет с геометрическим центром зубовидного отростка (рис. 1–3).

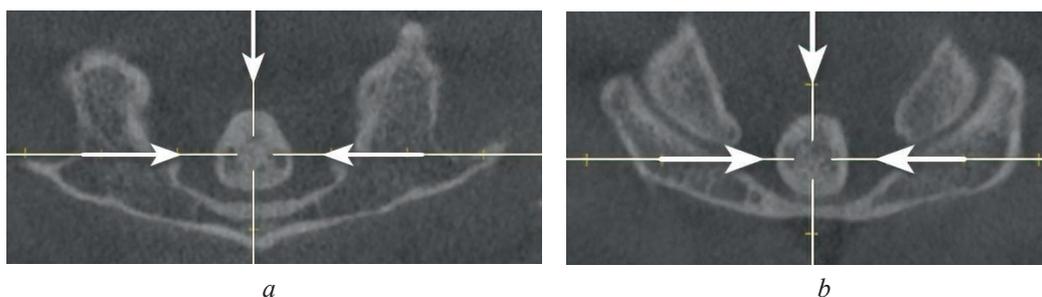


Рис. 2. Пример определения центра сечений в аксиальной (осевой) плоскости: *a* – пациент Л; *b* – пациент К
Fig. 2. An example of determining the center of sections in the axial plane: *a* – patient L; *b* – patient K

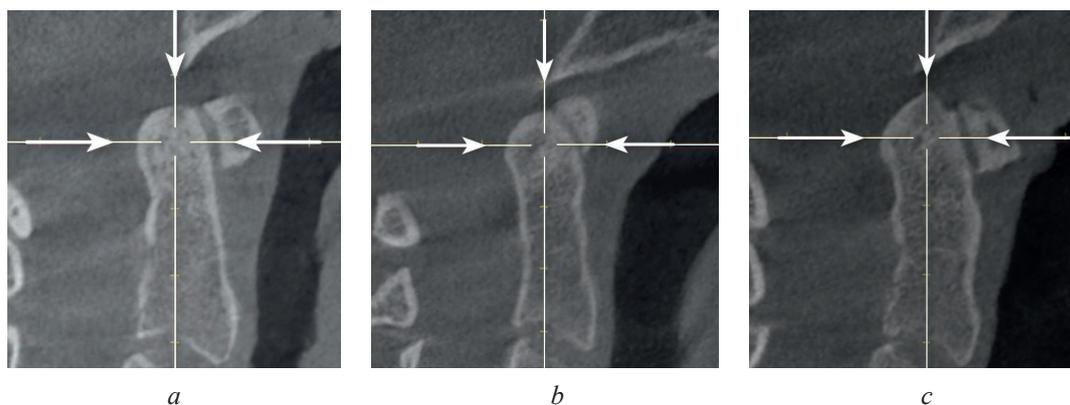


Рис. 3. Пример определения центра сечений в сагиттальной плоскости:
a – пациент Л; *b* – пациент К; *c* – пациент Д

Fig. 3. An example of determining the center of sections in the sagittal plane:
a – patient L; *b* – patient K; *c* – patient D

2. Измерение минимального расстояния между вторым позвонком С2 и клиновидным гребнем (клювом клиновидной кости) в сагиттальной плоскости (рис. 4).

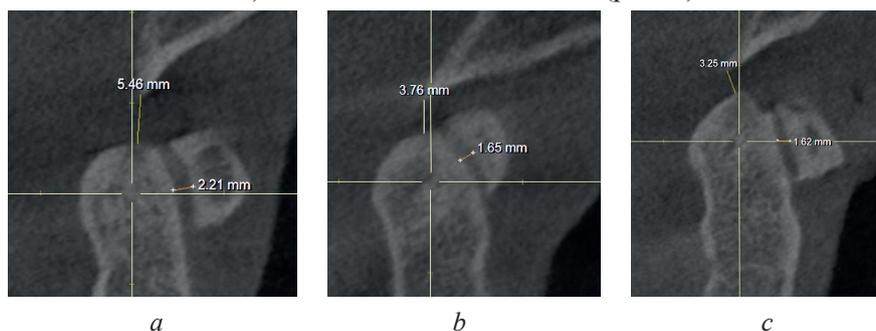


Рис. 4. Определение расстояний между вторым шейным позвонком и клиновидным гребнем, первым и вторым шейными позвонками: *a* – пациент Л; *b* – пациент К; *c* – пациент Д
Fig. 4. Determination of the distances between the second cervical vertebra and the sphenoid ridge, the first and second cervical vertebrae: *a* – patient L; *b* – patient K; *c* – patient D

3. Измерение расстояния между первым С1 и вторым С2 шейными позвонками. Для этого определяли центр «дуги» переднего бугорка первого шейного позвонка С1 в сагиттальной плоскости и считали от него минимальное расстояние до поверхности второго позвонка С2 (рис. 4).

4. Определение расстояния между сочлененными шейными позвонками С2 и С3. Для этого в сагиттальной плоскости проводили «центральную ось» по середине верхней суставной поверхности третьего шейного позвонка С3. Рассчитывали расстояние между вторым и третьим шейными позвонками, как показано на рис. 5.

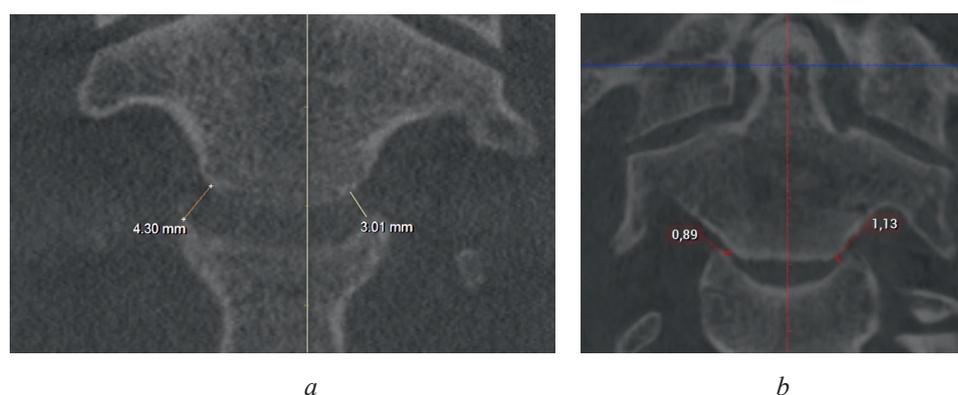


Рис. 5. Пример определения расстояния между вторым и третьим шейными позвонками: *a* – пациент Д; *b* – пациент К
Fig. 5. An example of determining the distance between the second and third cervical vertebrae: *a* – patient D; *b* – patient K

5. Определение угла разворота второго шейного позвонка С2 в аксиальной (осевой) проекции.

5.1. Выставление «центральной оси», как указано в п. 1.3.

5.2. Прокликивание (перемещение) срезов в аксиальной плоскости в направлении третьего шейного позвонка С3. Определение среза, на котором крайняя точка правого поперечного отростка будет максимально удалена от «центральной оси».

5.3. Для определения размеров угла выставляли три точки: центр осей симметрии, крайнюю точку на поперечном отростке и любую точку вдоль оси сечения (рис. 6).

5.4. Повторение п. 5.2 и 5.3 для нахождения левого поперечного отростка (рис. 7).

5.5. Определение разницы величин углов; для этого от значения правого (анатомически) угла вычитали значение левого угла.

6. Определение угла разворота второго шейного позвонка С2 в корональной проекции.

6.1. Выставление «центральной оси» согласно п. 1.3.

6.2. Определение в корональной плоскости среза, в котором крайняя точка правого поперечного отростка максимально удалена от «центральной оси» (рис. 8).

6.3. Определение угла по трем точкам, как в п. 5.3.

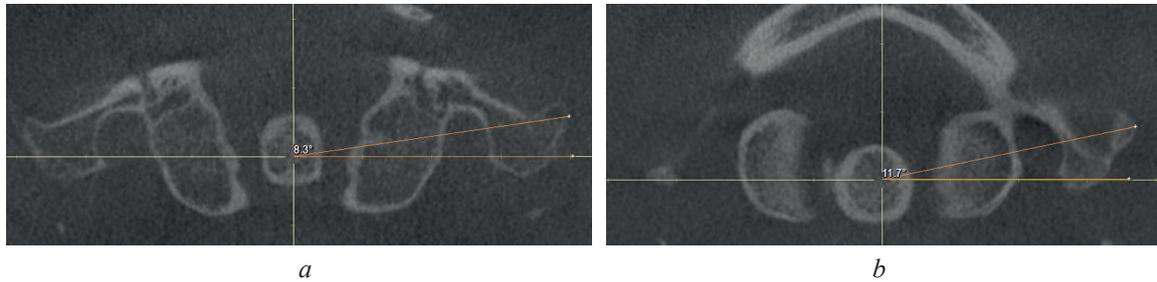


Рис. 6. Пример определения правого угла для нахождения угла разворота второго шейного позвонка в аксиальной проекции: *a* – пациент Л; *b* – пациент Д
Fig. 6. An example of determining the right angle to find the angle of rotation of the second cervical vertebra in the axial projection: *a* – patient L; *b* – patient D

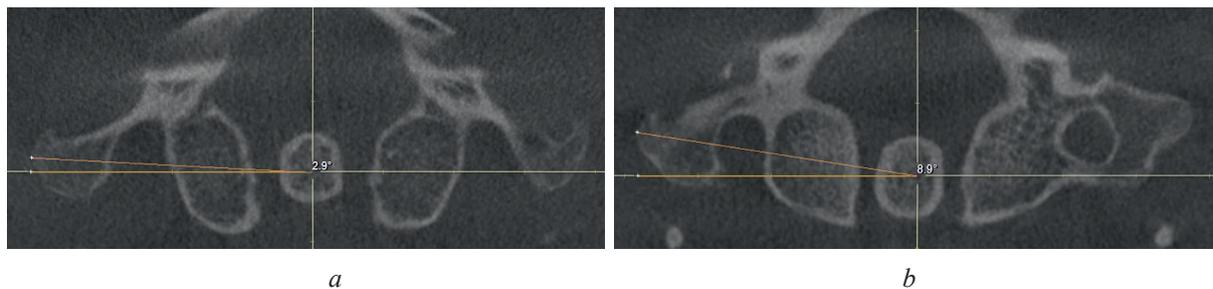


Рис. 7. Пример определения левого угла для нахождения угла разворота второго шейного позвонка в аксиальной проекции: *a* – пациент Л; *b* – пациент Д
Fig. 7. An example of determining the left angle to determine the rotation angle of the second vertebra in the axial projection: *a* – patient L; *b* – patient D

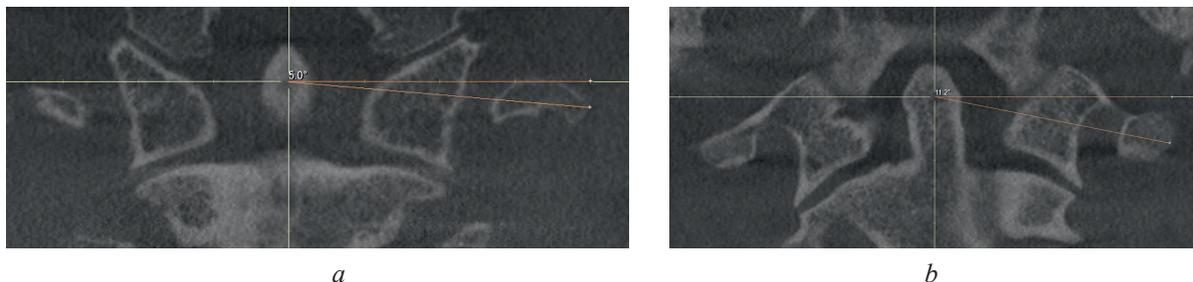


Рис. 8. Пример определения правого угла для нахождения угла разворота второго шейного позвонка в корональной проекции: *a* – пациент Л; *b* – пациент К
Fig. 8. An example of determining the right angle to determine the rotation angle of the second vertebra in the frontal projection: *a* – patient L; *b* – patient K

6.4. Повторение п. 6.2 и 6.3 для крайней точки левого поперечного отростка (рис. 9).

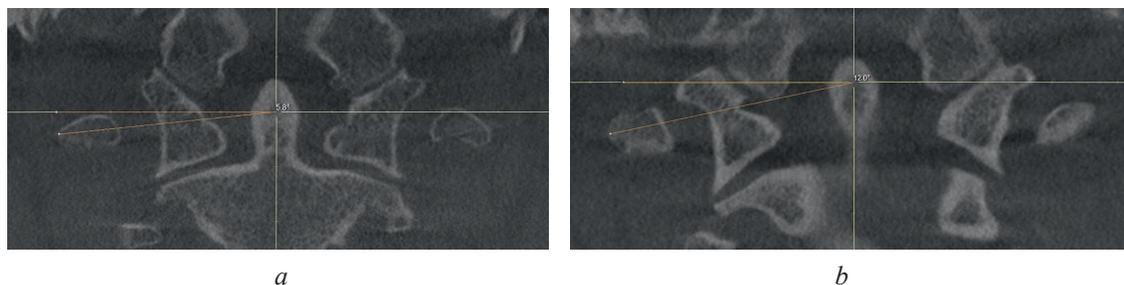


Рис. 9. Пример определения левого угла для нахождения угла разворота второго шейного позвонка в корональной проекции: *a* – пациент Л; *b* – пациент К
Fig. 9. An example of determining the left angle to determine the rotation angle of the second vertebra in the frontal projection: *a* – patient L; *b* – patient K

6.5. Определение разницы значений углов; для этого от значения правого (анатомически) угла вычитали значение левого угла.

На основании алгоритма анализа рентгеновских изображений по показаниям КЛКТ интерпретированы данные взаиморасположения сочлененных поверхностей анатомических структур в шейно-черепном отделе с хорошей воспроизводимостью. Статистические данные оценки анатомо-топографических изменений в шейно-черепном отделе при заболеваниях ВНЧС представлены в табл. 1.

Таблица 1. Статистические данные измеряемых параметров
Table 1. Statistical data of measured parameters

Параметр	Значение параметра		
	минимальное	среднее	максимальное
Расстояние между вторым позвонком и клиновидной костью, мм	1,60	5,51	9,95
Расстояние между первым и вторым шейными позвонками, мм	0,92	1,71	2,57
Расстояние между вторым и третьим позвонками (справа), мм	0,67	2,08	2,96
Расстояние между вторым и третьим позвонками (слева), мм	0,78	2,01	3,52
Асимметрия расстояний между вторым и третьим позвонками, мм	-1,09	-0,08	1,39
Угол разворота C2 в осевой проекции (по модулю), град	0,10	4,01	20,50
Угол разворота C2 во фронтальной проекции (по модулю), град	0	2,35	8,00

Заключение

Разработанный алгоритм анализа рентгеновских изображений для оптимизации оценки изменений в шейно-черепном отделе на основании показаний конусно-лучевой компьютерной томографии позволяет интерпретировать данные взаиморасположения сочлененных поверхностей анатомических структур с высокой воспроизводимостью. Это улучшает диагностику заболеваний височно-нижнечелюстных суставов, связанных с шейно-черепным отделом, и повышает эффективность лечения.

Список литературы

1. Артюшкевич, А. С. Заболевания височно-нижнечелюстного сустава / А. С. Артюшкевич // Современная стоматология. 2014. № 1. С. 11–14.
2. Барадина, И. Н. Лечебно-диагностические мероприятия у пациентов с дисфункцией височно-нижнечелюстных суставов / И. Н. Барадина // Стоматолог. 2014. № 2. С. 23–25.
3. Персин, Л. С. Ортодонтия. Диагностика и лечение зубочелюстно-лицевых аномалий и деформаций / Л. С. Персин. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015.
4. Рабухина, Н. А. Стоматология и челюстно-лицевая хирургия. Атлас рентгенограмм / Н. А. Рабухина, А. П. Аржанцев. М.: Медиц. информ. агентство, 2002.
5. Диагностика заболеваний височно-нижнечелюстного сустава / С. П. Рубникович [и др.]. Минск: Белар. навука, 2019.
6. Баданин, В. В. Магнитно-резонансная томография в стоматологии / В. В. Баданин, А. П. Дергилёв // Российский стоматологический журнал. 2001. № 5. С. 40–45.
7. Гелетин, П. Н. Сравнительная характеристика способов лучевой визуализации элементов височно-нижнечелюстного сустава / П. Н. Гелетин, Д. В. Рогацкин // Институт стоматологии. 2011. № 3. С. 56–57.
8. Клинические методы диагностики функциональных нарушений зубочелюстной системы / И. Ю. Лебедеко [и др.]. М.: МЕДпресс-информ, 2006.
9. Манакова, Я. Л. Возможности спиральной компьютерной и магнитно-резонансной томографии в диагностике ревматоидного артрита височно-нижнечелюстного сустава / Я. Л. Манакова, А. П. Дергилёв, Л. А. Богодерева // Медицинская визуализация. 2006. № 2. С. 94–97.
10. Гланц, С. С. Медико-биологическая статистика / С. С. Гланц. М.: Практика, 1998.

References

1. Artyushkevich A. S. (2014) Diseases of the Temporomandibular Joint. *Modern Dentistry*. (1), 11–14 (in Russian).
2. Baradina I. N. (2014) Therapeutic and Diagnostic Measures in Patients with Dysfunction of the Temporomandibular Joints. *Dentist*. (2), 23–25 (in Russian).
3. Persin L. S. (2015) *Orthodontics. Diagnostics and Treatment of Dentofacial Anomalies and Deformities*. Moscow, GEOTAR-Media Publ. (in Russian).

4. Rabukhina N. A., Arzhantsev A. P. (2002) *Dentistry and Maxillofacial Surgery: Atlas of Radiographs*. Moscow, Medical Information Agency Publ. (in Russian).
5. Rubnikov S. P., Baradina I. N., Serdyuchenko N. S., Denisova Yu. L., Borodin D. M., Grishchenkov A. S. (2019) *Diagnostics of Diseases of the Temporomandibular Joint*. Minsk, Belaruskaya Navuka Publ. (in Russian).
6. Badanin V. V., Dergilev A. P. (2001) Magnetic Resonance Imaging in Dentistry. *Russian Dental Journal*. (5), 40–45 (in Russian).
7. Geletin P. N., Rogatskin D. V. (2011) Comparative Characteristics of Methods of Radiation Visualization of Elements of the Temporomandibular Joint. *Institute of Dentistry*. (3), 56–57 (in Russian).
8. Lebedenko I. Yu., Artyunov S. D., Antonik M. M., Stupnikov A. A. (2006) *Clinical Methods for Diagnosing Functional Disorders of the Dentoalveolar System*. Moscow, MEDpress-inform Publ. (in Russian).
9. Manakova Ya. L., Dergilev A. P., Bogoderova L. A. (2006) Possibilities of Spiral Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging in Diagnostics of Rheumatoid Arthritis of the Temporomandibular Joint. *Medical Imaging*. (2), 94–97 (in Russian).
10. Glanz S. S. (1998) *Medical and Biological Statistics*. Moscow, Praktika Publ. (in Russian).

Вклад авторов / Authors' contribution

Авторы внесли равный вклад в написание статьи / The authors contributed equally to the writing of the article.

Сведения об авторах

Самуйлов И. В., ассист. каф. электронной техники и технологии, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Барадина И. Н., канд. мед. наук, доц., зам. гл. врача по клинической работе, Университетская стоматологическая клиника (УСК)

Васильева Ю. Ф., врач-рентгенолог, УСК

Недень В. Ч., гл. врач по клинической работе, УСК

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. П. Бровки, 6
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Тел.: +375 33 613-88-28
E-mail: i.samuilov@bsuir.by
Самуйлов Иван Владимирович

Information about the authors

Samuilau I. U., Assistant at the Department of Electronic Engineering and Technology, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

Baradina I. N., Cand. of Sci., Associate Professor, Deputy Chief Physician for Clinical Work, University Dental Clinic (UDC)

Vasilyeva Yu. F., Radiologist, UDC

Neden V. Ch., Chief Physician for Clinical Work, UDC

Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,
Minsk, P. Brovki St., 6
Belarusian State University
of Informatics and Radioelectronics
Tel.: +375 33 613-88-28
E-mail: i.samuilov@bsuir.by
Samuilau Ivan Uladimiravich