

# ОПТИМИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНЫХ СУСТАВОВ

## OPTIMIZATION OF DYNAMIC MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF TEMPOROMANDIBULAR JOINTS

**A. Shtorina**  
**P. Igoshin**  
**S. Fischev**  
**I. Orlova**  
**A. Orlov**  
**O. Filatova**  
**T. Berezkina**  
**S. Pavlova**

*Summary.* In dentistry, the method of diagnosis of magnetic resonance imaging (MRI) of temporomandibular joints (TMJ) with kinematics provides information about the volume of movement of the articular condyle and surrounding anatomical structures. However, MRI is performed without fixing equipment, which does not allow you to adjust the degree and speed of mouth opening, and minimize motor artifacts.

*Keywords:* temporomandibular joint dysfunction, Magnetic resonance imaging, diagnostics, positioner, MRI with kinematics, dynamic MRI, MR tomogramma.

**Шторина Анастасия Александровна**

К.м.н., доцент «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
nastiya78@mail.ru

**Игошин Павел Александрович**

Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
igoshinpavel92@gmail.com

**Фищев Сергей Борисович**

Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
super.kant@yandex.ru

**Орлова Ирина Викторовна**

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет  
Министерства здравоохранения РФ  
orisha@mail.ru

**Орлов Александр Евгеньевич**

Ассистент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет  
Министерства здравоохранения РФ  
ernack1@mail.ru

**Филатова Ольга Олеговна**

Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
md.filatovaolga@gmail.com

**Березкина Татьяна Николаевна**

Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
mail332@mail.ru

**Павлова Светлана Георгиевна**

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»  
Министерства здравоохранения РФ  
svetap\_75@mail.ru

*Аннотация.* В стоматологии метод диагностики магнитно-резонансной томографии (МРТ) височно-нижнечелюстных суставов (ВНЧС) с кинематикой предоставляет информацию об объеме движения суставного мыщелка и окружающих анатомических структур. Однако МРТ проводится без фиксирующего оборудования, что не позволяет регулировать степень и скорость открывания рта, и сведение к минимуму двигательных артефактов.

*Ключевые слова:* дисфункция височно-нижнечелюстного сустава, Магнитно-резонансная томография, диагностика, позиционер, МРТ с кинематикой, динамическое МРТ, МР томограмма.

**В** современной стоматологии ортодонтическая и ортопедическая помощь населению претерпела значительные изменения [1, 2, 3, 4]. Расширение арсенала методов и увеличение доступности различных форм протезирования увеличили количество пациентов, направляемых на проведение МРТ ВНЧС суставов [5, 6]. Помимо лиц с клиническими симптомами дисфункции височно-нижнечелюстных суставов заметное число составляют так же и клинически благополучные пациенты [7, 8]. Последнее связано с необходимостью оценки преморбидного состояния височно-нижнечелюстных суставов перед началом ортодонтического и ортопедического лечения [9].

В стоматологии динамическое МРТ ВНЧС предоставляет информацию об объеме движения суставного мыщелка и окружающих анатомических структур. Однако МРТ проводится без фиксирующего оборудования, что не позволяет регулировать степень и скорость открывания рта, и свести к минимуму двигательные артефакты [10].

Диагностическая ценность:

- Возможность определить адгезию суставного диска, в отличие от статичного исследования (диск не меняет свое положение в разных фазах движения нижней челюсти)
- Определить момент дислокации или вправления (репозиции) суставного диска (в одной из фаз открывания и закрывания рта).
- Оценить состояние связочного аппарата ВНЧС при движении мыщелка и суставного диска: ограниченное растяжение или пере растяжение связок.
- Выявить деформирование диска во время движений мыщелка и суставного диска.
- Кинематика подразумевает сканирование области интереса на разных этапах движения нижней челюсти. Подобное функциональное исследование даёт четкое представление о подвижности структур височно-нижнечелюстного сустава.

#### Цель исследования

Сравнение и последующий анализ изменения качества и информативности МР исследований ВНЧС в кинематике без применения дополнительного оборудования и с позиционером.

Задачи:

- Изучить существующие методики динамической МРТ ВНЧС.
- Разработка дополнительного оборудования (позиционера).
- Внедрение методики применения позиционера в диагностический протокол МРТ ВНЧС.
- Формирование контрольной группы пациентов для последующей диагностики.

#### Материалы и методы

Томограф — «Philips Intera» 1.5 T, программа Fast Field Echo SAG. Позиционер для проведения МРТ ВНЧС с кинематикой (4 ступени, шаг 1 см., на 9 фаз движения нижней челюсти). Исследование включало 30 обследуемых в возрасте от 18 до 50 лет: 10 % мужчин, 90 % женщин. Пациенты разделены на 2 группы: без симптомов дисфункции ВНЧС 33 %, с симптомами дисфункции ВНЧС 67 %.

Получен патент на полезную модель № 213562 РФ «Позиционер для проведения динамической магнитно-резонансной томографии височно-нижнечелюстного сустава»: № 2021108846; заявл. 01.04.2021; опубл. 15.09.2022 // Воронина Е.А., Игошин П.А., Нуриева Н.С., Чепелева М.В. [5].

Для проведения динамической МРТ ВНЧС был разработан специальный позиционер (Рис. 1).

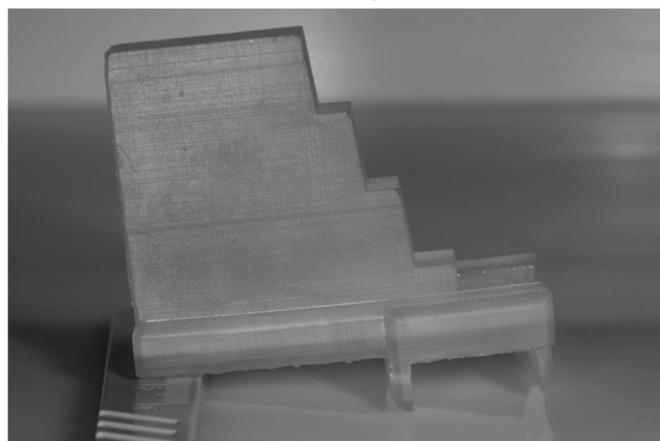


Рис.1. Позиционер

Томограф — «Philips Intera» (Рис. 2) на базе федерального диагностического центра МРТ-Эксперт, напряженность магнитного поля 1.5 Тесла. Для исследований использовалась 8 канальная головная катушка.

Исследование пациентов проводится в горизонтальном положении лежа на спине, что обусловлено техническими возможностями томографа.

#### Результаты исследования

Для проведения динамического МРТ (кинопетля) за основу взята программа FFE (Fast Field Echo) в SAG проекции (sagittal).

МРТ с кинематикой без позиционера: В 23,1 % случаев присутствовали двигательные артефакты в исследуемой области в разных фазах движения нижней челюсти. В 16,5 % случаев затруднена оценка поэтапного объема движения суставного мыщелка и окружающих анатомических структур.



Рис. 2. Томограф — «Philips Intera 1,5 Тесла»

ческих структур. В 13,2 % невозможно соотнести данные полученного исследования с присутствующим симптомом ограничения движения нижней челюсти. МР с кинематикой (с применением позиционера): Отсутствие двигательных артефактов в исследуемой области. Устранена несистематичность последовательности движений нижней челюсти за счёт стабилизации позиционером. С применением позиционера удалось отследить корреляцию между существующими симптомами ограничения движений нижней челюсти и структурными изменениями в области ВНЧС.

«Позиционер» (Рис. 3,4) (прикусной блок), изготовлен на 3D принтере.

Представляет из себя две части: площадку, фиксирующуюся на челюсти пациента с помощью слепочной массы, и движущуюся часть, рассчитанную на 9 фаз движения нижней челюсти с 4 ступенями, шаг каждой 1 см.

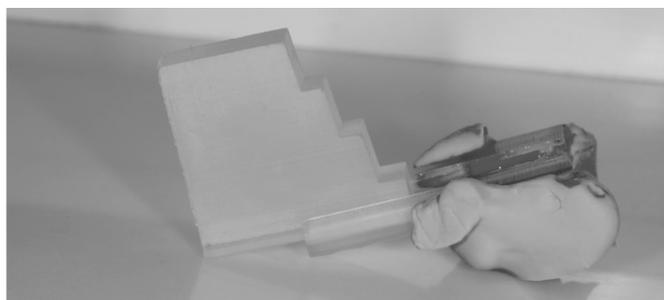


Рис. 3. Позиционер с прикусным блоком

Особенности конструкции обеспечивают:

- стабильность нижней челюсти в каждом положении.

- строгое соблюдение расстояния движения челюсти на каждой фазе исследования.

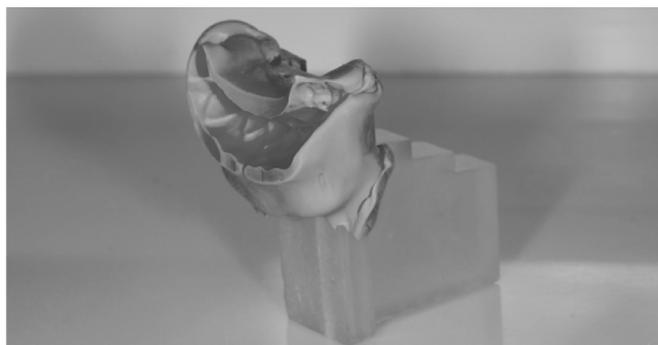


Рис. 4. Позиционер с прикусным блоком и слепочным материалом

Перемещение движущейся части позиционера происходит за счёт:

1. Беспрепятственного перемещения блока со ступенями в платформе благодаря конструктивным особенностям.
2. Собственной силы тяжести (при открывании рта).
3. За счёт помощи обследуемого (при закрывании рта).

Исследование включает несколько фаз:

1. Сканирование в состоянии сомкнутых зубных рядов в привычной окклюзии.
2. Фиксация позиционера на нижней челюсти (происходит непосредственно в томографе оператором МРТ) с исходным положением резцов верхней челюсти на первой ступени (Рис. 5).
3. Движение нижней челюсти (стадия открывания рта пациентом) с перемещением фронтальной группы зубов верхней челюсти на последующую ступень до максимально открытого состояния рта. После каждого перемещения на последующую ступень происходит фиксация положения, что обусловлено временем необходимым для сканирования мышелка сустава.
4. Движение нижней челюсти (закрывание рта пациентом) из состояния максимально открытого рта до исходного положения на первой ступени.
5. Повторное сканирование в состоянии сомкнутых зубных рядов в конце исследования не проводится, т.к. данные этого положения челюстей получены в первой фазе исследования.

Исследование включало 30 обследуемых, возраст от 18 до 50 лет:

- 10 % мужчин
- 90 % женщин.

Пациенты поделены на 2 группы:

- без симптомов дисфункции ВНЧС 33 %
- с симптомами дисфункции ВНЧС 67 %.



Рис. 5. Фиксация позиционера на нижней челюсти пациента

### Результаты

В ходе исследования получены МР данные 30 пациентов отображающие изменения взаимоотношений элементов каждого сустава во времени (до 10 фаз):

- 30 исследований без позиционера
- 30 исследований с применением позиционера

Полученные срезы положений нижней челюсти объединяются и создаётся кино-петля, режим «Movie».

Для иллюстрации приводим выписку из истории болезни № 216 пациента М., 1969 г.р. МРТ височно-нижнечелюстных суставов. В данном клиническом случае на примере правого височно-нижнечелюстного сустава для исключения адгезии диска. На серии МР-томограмм, взвешенных по PD протонной плотности с жироподавлением (Proton Density fat saturated), выполненных в 3D режиме с последующей мультипланарной реконструкцией (Multi-Planar Reconstruction), в том числе и в режиме кинопетли (рис. 6, 7) получены изображения височно-нижнечелюстных суставов.

В режиме кинопетли отмечается выход головки на суставной диск (Рис. 7), с последующим достижением вершины суставного бугорка (Рис. 6). Движение суставного диска свободное, данных за адгезию не получено (рис. 6, 7).

Правый ВНЧС: сферичность головки нарушена за счет небольших костных приостей, форма впадины сигмовидная, головка в ретроположении — передне-суставной отдел до 5,8 мм, верхне-суставной до 2,5 мм, задне-суставной до 2 мм. Суставные поверхности, фор-

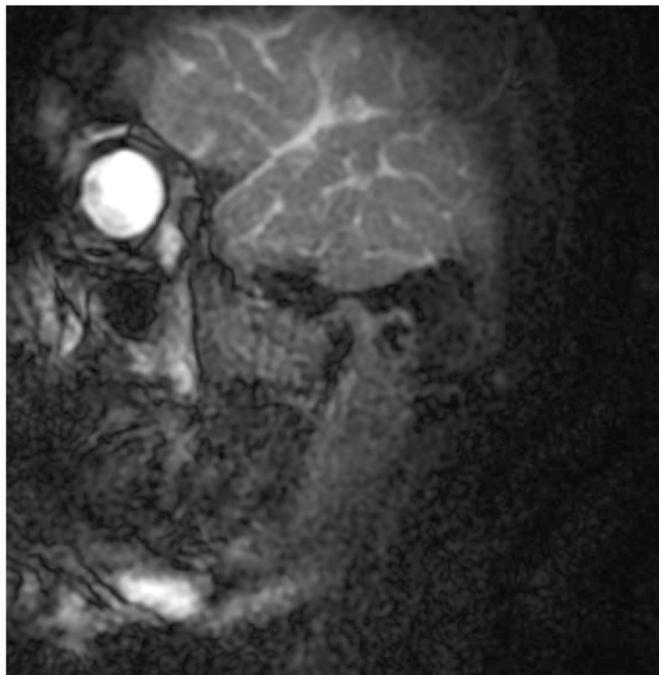


Рис. 6. Правый ВНЧС в режиме кинопетли (CINE), выход головки на суставной диск правого ВНЧС

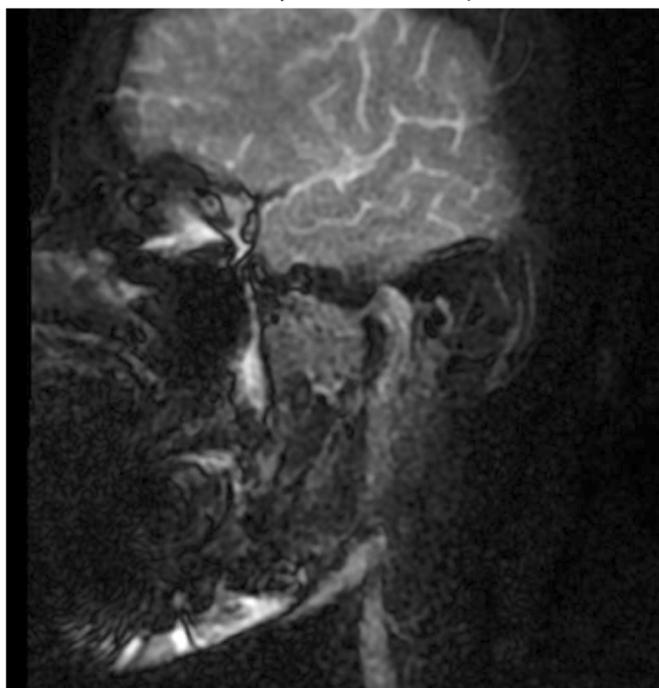


Рис. 7. Правый ВНЧС в режиме кинопетли (CINE), головка достигает вершины суставного бугорка

мирующие височно-нижнечелюстной сустав, конгруэнтны. (Рис. 8)

— Контур суставной ямки височной кости четкий и ровный. Интенсивность МР-сигнала костного мозга не изменена, скопления жидкости в полости сустава не выявлено.

— В сагиттальной плоскости отмечается передняя дислокация диска — задний контур диска отмеча-

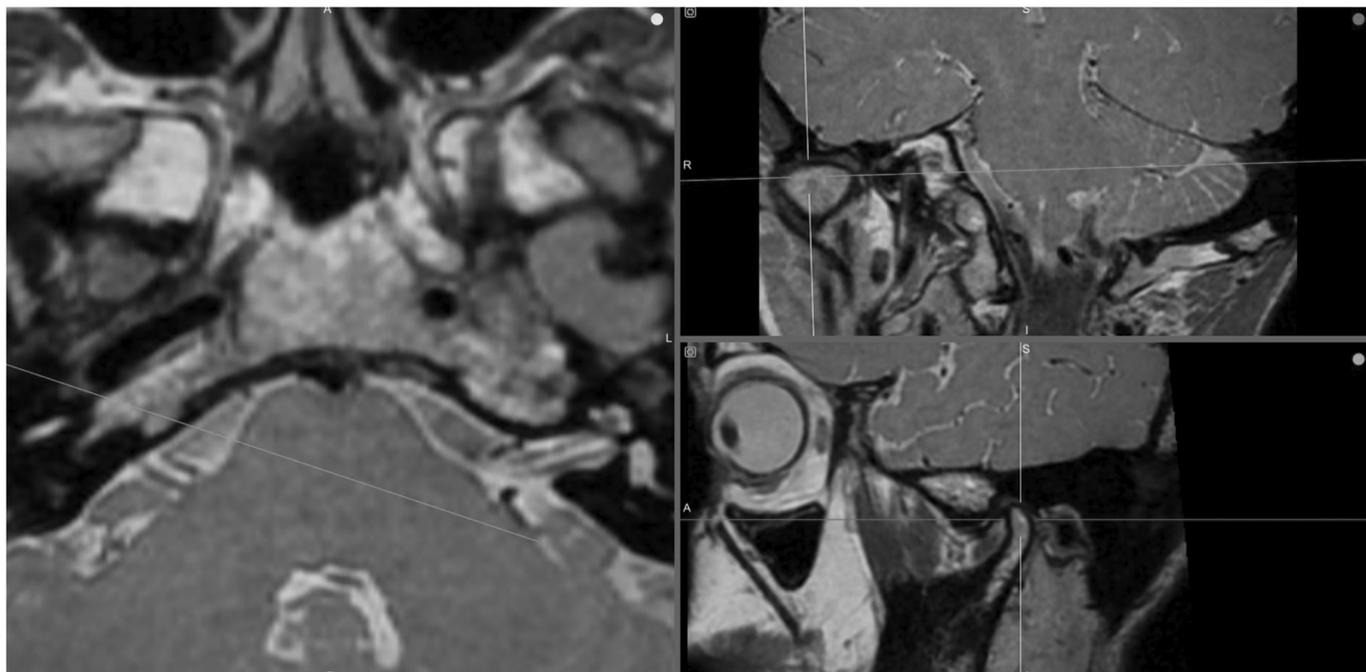


Рис. 8. Правый ВНЧС в положении закрытого рта, Multi-Planar Reconstruction

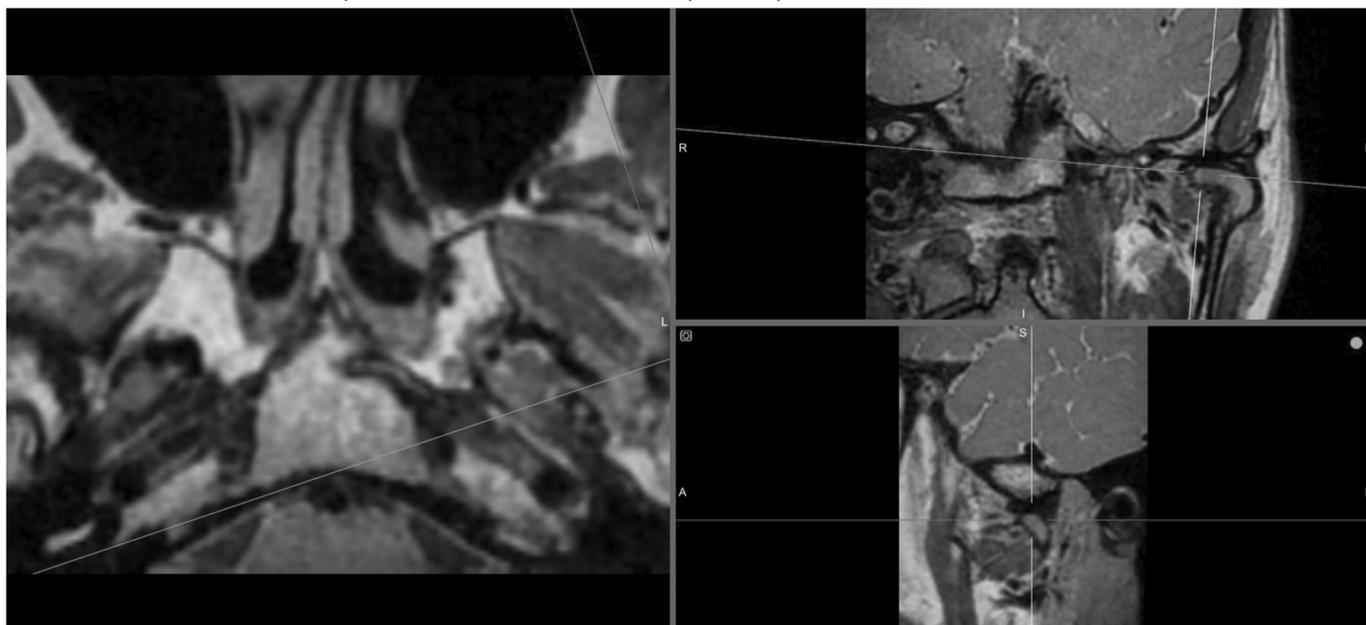


Рис. 9. Правый ВНЧС в положении открытого рта, Multi-Planar Reconstruction

ется на 9 часов у.ц. Суставной диск вытянут — длина задних отделов диска превышает длину передних. Биламнарная зона не изменена (рис. 8).

В корональной плоскости, в положении окклюзии оценка затруднена (диск расположен вентральнее головки) — отмечается медиальное смещение диска — внутренний край диска определяется медиальнее внутреннего края головки ~ на 20 % (до 4 мм) (рис. 8).

В положении дизокклюзии происходит редукция вентрального положения (центральная часть распо-

гается между головкой нижней челюсти и суставным бугорком), медиальная дислокация сохраняется (до 4 мм) (Рис. 9).

Диагноз: МР-признаки дисфункции ВНЧС — комбинированная дислокация правого диска (вентральная + медиальная) в положении окклюзии с редукцией вентрального смещения в положении дизокклюзии, без редукции медиального. В режиме кинопетли, данных за адгезию не получено. Начальные дегенеративные изменения ВНЧС, ретроположение головки справа.

### Заключение и выводы

МРТ с кинематикой без позиционера:

- В 23,1 % случаев присутствовали двигательные артефакты в исследуемой области в разных фазах движения нижней челюсти
- В 16,5 % случаев затруднена оценка поэтапного объема движений суставного мыщелка и окружающих анатомических структур.
- В 13,2 % невозможно соотнести данные полученного исследования с присутствующим симптомом ограничения движения нижней челюсти.

Динамическое МРТ с применением позиционера:

- Отсутствие двигательных артефактов в исследуемой области.
- С применением позиционера удалось отследить корреляцию между существующими симптомами ограничения движений н.ч. и структурными изменениями в области ВНЧС.

Динамическое МРТ с применением позиционера:

- Устранена несистематичность последовательности движений нижней челюсти за счёт стабилизации позиционером.

Применение позиционера при МРТ ВНЧС с кинематикой:

- Улучшает качество диагностики за счёт сведения к минимуму двигательных артефактов.
- Систематизирует последовательность движений нижней челюсти.
- МРТ с кинематикой приобретает стандарты на этапах открывания рта пациентом, фиксируя положение нижней челюсти при каждом этапе на строго отведённом расстоянии (шаг ступени 1 см), что способствует предсказуемости движений элементов ВНЧС в реальном времени.
- За счёт единой высоты ступеней (1 см) у диагноста появляется возможность точно определить степень открывания рта пациента в случае ограничения движения нижней челюсти.

Применение позиционера при МРТ ВНЧС с кинематикой улучшает качество диагностики за счёт сведения к минимуму двигательных артефактов, систематизирует последовательность движений нижней челюсти, МРТ с кинематикой приобретает стандарты на этапах открывания рта пациентом, фиксируя положение нижней челюсти при каждом этапе на строго отведённом расстоянии (шаг ступени 1 см), что способствует предсказуемости движений элементов ВНЧС в реальном времени.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Буренчев Д.В. Методология выполнения магнитно-резонансного исследования височно-нижнечелюстных суставов // Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». — Вып. 18. — М., 2018. — 18 с.
2. Галстян С.Г., Фищев С.Б., Пузырева М.Н. Обоснование выбора метода ортодонтического лечения пациентов при скученном положении зубов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». — 2022. №7. — С. 125–129.
3. Дергилев, А.П. Динамическая функциональная магнитно-резонансная томография височно-нижнечелюстного сустава // Сибирский научный медицинский журнал. — 2020. — Т. 40 — № 1. — С. 53–59.
4. Мырзабеков, Э.М. Структурно-функциональные изменения на магнитно-резонансной томографии у пациентов с патологией височно-нижнечелюстного сустава // Известия вузов Кыргызстана. — 2020. — № 6. — С. 43–47.
5. Патент № 213562 Российская Федерация. Позиционер для проведения динамической магнитно-резонансной томографии височно-нижнечелюстного сустава: № 2021108846: заявл. 01.04.2021: опубл. 15.09.2022 // Воронина Е.А., Игошин П.А., Нуриева Н.С., Чепелева М.В. — EDN HSEAE0
6. Польшина, В. П. Комплексная лучевая диагностика у пациентов с дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава // Российский электронный журнал лучевой диагностики. — 2021. — Т. 11 — № 1. — С. 88–102.
7. Солдатова, Л.Н. Особенности функциональных нарушений височно-нижнечелюстного сустава и жевательных мышц у молодых людей // Известия Российской военно-медицинской академии. — 2020. — Т. 39 — № 83–5. — С. 193–197.
8. Хватова В.А. Клиническая Гнатология 2005 г. // ОАО «Издательство «Медицина», Москва, — 294 с.
9. Шторина А.А., Пузырева М.Н., Рожкова М.Г., Фищев С.Б. Влияние общих и местных факторов на сроки адаптации к полным съёмным зубным протезам // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». — 2023. — №3. С.254–260. DOI 10.37882/2223–2966.2023.03.42
10. Alarabawy R.A., El Ahwal H.M., El Sergany M.A., Mehrez W.W. Magnetic resonance imaging evaluation of temporomandibular joint disorders, criteria analysis and significance in comparison with arthroscopy // The Egypt. J. of Radiol. and Nucl. Med. — 2016. —V. 47. — № 2. — P. 467–475.

© Шторина Анастасия Александровна (nastiya78@mail.ru); Игошин Павел Александрович (igoshinpavel92@gmail.com);  
 Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru); Орлова Ирина Викторовна (orisha@mail.ru);  
 Орлов Александр Евгеньевич (ernack1@mail.ru); Филатова Ольга Олеговна (md.filatovaolga@gmail.com);  
 Березкина Татьяна Николаевна (mail332@mail.ru); Павлова Светлана Георгиевна (svetap\_75@mail.ru)  
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»