

DOI: 10.37988/1811-153X_2023_2_164

[Г.Г. Казарян,](#)

аспирант кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии

[В.В. Бекреев,](#)

д.м.н., профессор кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии

[В.Д. Труфанов,](#)

доцент кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии

[М.С. Саркисян,](#)

д.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии

[Т.В. Чхиквадзе,](#)

аспирант кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии

[Э.Д. Джуманиязова,](#)

аспирант кафедры гистологии, цитологии и эмбриологии

РУДН, 117198, Москва, Россия

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Казарян, Г.Г., Бекреев В.В., Труфанов В.Д., Саркисян М.С., Чхиквадзе Т.В., Джуманиязова Э.Д. Современные подходы для управляемого артроцентеза височно-нижнечелюстного сустава (обзор). — *Клиническая стоматология*. — 2023; 26 (2): 164—173.
DOI: 10.37988/1811-153X_2023_2_164

[G.G. Kazarian,](#)

postgraduate at the Oral and maxillofacial surgery Department

[V.V. Bekreev,](#)

PhD in Medical Sciences, full professor of the Oral and maxillofacial surgery Department

[V.D. Trufanov,](#)

assistant professor of the Oral and maxillofacial surgery Department

[M.S. Sarkisyan,](#)

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Prosthodontics Department

[T.V. Chkhikvadze,](#)

postgraduate at the Oral and maxillofacial surgery Department

Современные подходы для управляемого артроцентеза височно-нижнечелюстного сустава (обзор)

Реферат. Артроцентез — один из наиболее часто применяемых малоинвазивных методов лечения при внутренних нарушениях височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС). Однако особенности его анатомического строения, а также близость к нему поверхностной височной артерии и ветвей лицевого нерва могут привести к развитию местных и общих осложнений при манипуляциях в суставе. Для снижения рисков возникновения общих и местных осложнений во время проведения артроцентеза необходимо использовать современные методы навигации. **Цель исследования** — на основании современных научных публикаций оценить эффективность артроцентеза ВНЧС с использованием различных навигационных систем. **Материалы и методы.** Для поиска информации использовались платформы PubMed и eLibrary. При поиске на платформе eLibrary по запросу «артроцентез ВНЧС под контролем» было найдено 32 публикации, из них 2 соответствовали искомому смыслу, причем одна за 2022 г. При поиске на платформе PubMed по запросу «guided arthrocentesis TMJ» было найдено 124 публикации, из них 34 соответствовали искомому смыслу. Проведен поиск любой доступной информации об управляемых системах, используемых при артроцентезе ВНЧС, на русском и английском языках. Настоящее исследование также включает отчеты о конкретных случаях. **Результаты.** Выбранные статьи и отчеты о клинических случаях, удовлетворяющие включенным критериям поиска, тщательно изучены и проанализированы. В настоящее время описаны клинические случаи использования МРТ, КЛКТ, УЗИ, систем интраоперационного 3D-контроля, а также индивидуальных 3D-шаблонов с направляющими отверстиями при артроцентезе ВНЧС. **Заключение.** Современный уровень знаний и доступность диагностических методов исследования (МРТ, УЗИ, КЛКТ) позволяет в полной мере использовать их в качестве управляемых систем для артроцентеза ВНЧС. Управляемый артроцентез предназначен для предотвращения ряда возможных осложнений, а также для уменьшения травмы внутрисуставных тканей и сокращения времени вмешательства. Использование индивидуально напечатанных кожных 3D-шаблонов может стать одним из самых многообещающих, простых в планировании и применении методов, которые значительно упростят проведение артроцентеза ВНЧС, особенно для начинающих врачей.

Ключевые слова: артроцентез, височно-нижнечелюстной сустав, КЛКТ, МРТ, управляемый артроцентез, УЗИ, ультразвук

Current approaches to guided arthrocentesis of the temporomandibular joint: A review

Abstract. Arthrocentesis is one of the most frequently used minimally invasive treatments for internal disorders of the temporomandibular joint (TMJ). However, the peculiarities of the anatomical structure of this joint, as well as the proximity of the superficial temporal artery and facial nerve branches to it may lead to the development of local and general complications during manipulations in the joint. To reduce the risks of general and local complications during arthrocentesis, modern navigation techniques should be used. **The aim of the study:** Based on a literature search, evaluate the effectiveness of TMJ arthrocentesis using various navigation systems. **Materials and methods.** Google Academy, PubMed, Science, and eLibrary (Russia) were used to find the necessary information. Any available information on guided systems used in TMJ arthrocentesis was searched in Russian and English. The present study also includes case reports. **Results.** Selected articles and clinical case reports meeting the included search criteria were carefully reviewed and analyzed. Clinical cases using MRI, CBCT, ultrasound, intraoperative 3D control systems, and

E.D. Jumaniyazova,

postgraduate at the Histology, cytology and embryology Department

RUDN University, 117198, Moscow, Russia

individually printed 3D guided hole templates for TMJ arthrocentesis are now described. **Conclusion.** The current level of knowledge and availability of diagnostic modalities (MRI, ultrasound, and CBCT) allows their full use as guided systems for TMJ arthrocentesis. Managed arthrocentesis is designed to prevent a number of possible complications, as well as to reduce intraarticular tissue trauma and reduce intervention time. The use of individually printed 3D cutaneous templates may be one of the most promising, easy to plan and apply methods that greatly simplify TMJ arthrocentesis, especially for novice practitioners.

Key words: arthrocentesis, temporomandibular joint, CBCT, MRI, guided arthrocentesis, USI, ultrasound

FOR CITATION:

Kazarian G.G., Bekreev V.V., Trufanov V.D., Sarkisyan M.S., Chkhikvadze T.V., Jumaniyazova E.D. Current approaches to guided arthrocentesis of the temporomandibular joint: A review. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2023; 26 (2): 164—173 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2023_2_164

ВВЕДЕНИЕ

Артроцентез — малоинвазивный метод лечения височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС), довольно простой в техническом отношении, с небольшим риском осложнений [1–4]. Впервые артроцентез и лаваж ВНЧС были описаны в 1991 г. как методы лечения при ограниченном открывании рта [5]. Эффективность этого метода достаточно высока и не требует больших финансовых затрат [6, 7]. Артроцентез можно выполнять под местной анестезией в амбулаторных условиях, проведение этой процедуры не требует большого количества времени [8]. Показаниями к проведению артроцентеза служат внутрисуставные нарушения ВНЧС, в 70% случаев сопровождающиеся репозицией суставного диска [9].

Методика проведения артроцентеза заключается в введении одной или двух игл в одну суставную щель (верхнюю или нижнюю) с последующим впрыскиванием разных растворов (стерильный физиологический раствор, раствор Рингера и др.) с целью разрыва фиброзных спаек и промывания полости сустава для удаления компонентов воспаления [10, 11].

ВНЧС имеет свои анатомические особенности: небольшие размеры, наличие суставного диска и двух суставных щелей, частичное прикрытие скуловой дугой, а также близость к наружному слуховому проходу, поверхностной височной артерии и ветвям лицевого нерва [12, 13].

«Слепой» артроцентез верхней суставной щели не представляет труда для опытных челюстно-лицевых хирургов, занимающихся лечением заболеваний ВНЧС. В этом случае можно использовать только анатомические ориентиры и пальпацию. Однако фиброзно-спаечный процесс может поражать не только верхнее пространство ВНЧС, но и нижнее, пункция которого сложна даже для опытного клинициста, тем более что лечение с артроцентезом ВНЧС может привести к общим и местным осложнениям [14]. Эти состояния чаще встречаются после проведения «слепого» артроцентеза, на их долю приходится 1,8–10,3% случаев [15, 16].

Упомянется о следующих осложнениях после проведения данной манипуляции: отек околосуставных

тканей лицевой области, гомотимпанум, заложенность уха, преаурикулярная и экстрадуральная гематома, аневризма поверхностной височной артерии, артериовенозная фистула, трансартикулярная и внутречерепная перфорация, парафарингеальный отек, внутрисуставные проблемы (гемартроз, артрит, бактериальная инфекция), паралич лицевого нерва, перфорация барабанной перепонки и внутрисуставная фрагментация иглы [14, 17, 18]. Большинство осложнений носит временный характер, ремиссия наступает без лечения, лишь изредка необходимо привлечение узкопрофильных специалистов [19].

В настоящее время при проведении артроцентеза широко используются различные методы навигации, что позволяет контролировать процесс на всех этапах. Использование технических средств визуального контроля во время проведения артроцентеза представляется перспективным, так как оно позволяет снизить количество возможных осложнений, сократить время манипуляции, повысить ее эффективность и точность.

Цель исследования — на основании современных научных публикаций оценить эффективность артроцентеза ВНЧС с использованием различных навигационных систем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен поиск информации об управляемых системах, используемых при артроцентезе ВНЧС, на платформах Google Academy, PubMed, Science и eLibrary. В обзор включены исследования и отчеты об отдельных случаях (технические заметки) навигации при проведении артроцентеза. Ключевые слова для поисковых запросов: «управляемый артроцентез», «МРТ», «КТ», «УЗИ», «височно-нижнечелюстной сустав», «ВНЧС». Найденные статьи и описания клинических случаев были тщательно изучены и проанализированы.

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТОДА

Ультразвуковое исследование (УЗИ) успешно применяется в качестве метода контроля при проведении

артроцентеза суставов различной анатомической локализации. О первом внедрении и применении ультразвука в стоматологии сообщил W. Lefkowitz в 1956 г. [20]. Y.B. Nabeith и B. Speculand впервые описали успешную визуализацию ВНЧС и диска с помощью УЗИ и использования линейного ультразвукового датчика 3,5 МГц [21]. Структуры ВНЧС различаются по способности поглощать и отражать ультразвуковые волны. Так, костные структуры сустава характеризуются гипоехогенностью (низкое отражение звуковых волн), при этом края кости гиперэхогенны (высокое отражение звуковых волн). Поверхность суставной капсулы, как и поверхность мышц гиперэхогенны, а диск характеризуется гипоизоэхогенностью. Пустое пространство и вода, как и верхняя и нижняя суставные щели, гипоехогенны [22–24].

На сегодняшний день УЗИ наиболее хорошо изучено и часто используется при артроцентезе ВНЧС [22, 25, 26]. Небольшой размер линейных ультразвуковых датчиков позволяет выполнять ультразвуковой контроль на всех этапах манипуляции (рис. 1).

Использование ультразвукового метода для навигации при артроцентезе ВНЧС впервые было описано в исследовании D.A. Parra и соавт. в 2010 г. [27]. Данное ретроспективное исследование проведено при лечении пациентов детского возраста с диагнозом «ювенильный идиопатический артрит» (средний возраст пациентов — 12 лет). Лечение этого заболевания заключается во внутрисуставном введении кортикостероидных препаратов. Всего с 2000 по 2007 г. было проанализировано 180 случаев артроцентеза с использованием доступа под ультразвуковым контролем (линейный ультразвуковой датчик 15 МГц). После введения иглы и раствора в суставную щель ВНЧС было получено 127 компьютерных томографий (КТ), в которых в 91% случаев подтверждалось

правильное расположение раствора. Таким образом, первые хорошо задокументированные попытки использовать управляемый подход для артроцентеза с помощью УЗИ ВНЧС относятся к 2000 г.

В 2013 г. E.H. Dayisoğlu и соавт. опубликовали описание клинического случая (техническую записку) об использовании ультразвука во время артроцентеза ВНЧС. Авторы подчеркнули, что методика проста в исполнении и может использоваться начинающими хирургами для контроля правильности пункции верхней суставной щели [28].

В 2015 г. J. Levorova и соавт. описали возможность управляемого артроцентеза с помощью УЗИ в нижнюю суставную щель ВНЧС [29].

Эффективность использования ультразвукового контроля была подтверждена пилотным исследованием Y.H. Cha и соавт. (2018) на трупах [30]. Всего было выполнено 40 инъекций (10 трупов, 20 ВНЧС): 20 «слепых» инъекций и 20 инъекций под контролем УЗИ. Инъекции производились как в верхнее, так и в нижнее суставное пространство. Эффективность «слепого» введения при использовании ультразвукового контроля составила 80 и 100% для верхнего пространства ВНЧС, 30 и 90% для нижнего пространства ВНЧС соответственно. Артропункции выполняли под контролем УЗИ с использованием двух красителей (синего и красного). Во время проведения одной артропункции в нижнее суставное пространство краситель попадал в верхнее суставное пространство. В этом случае нижнее суставное пространство ВНЧС было нетипично маленького размера. За исключением этого случая, все остальные инъекции с использованием ультразвука четко показали места введения красителя в верхнее или нижнее пространство ВНЧС.

M.B. Sirvi и соавт. (2016) и A. Norval и соавт. (2020) также выполнили артроцентез «слепым» методом под ультразвуковым контролем, и он был одинаково эффективным [31, 32]. Полученные результаты подтверждены данными КТ. Кроме того, авторы обнаружили, что артроцентез ВНЧС с помощью ультразвука несколько увеличивает время, затрачиваемое на процедуру. В связи с этим было рекомендовано использовать ультразвуковой контроль при нестандартной анатомии сустава или его глубоком расположении.

Результаты исследования, полученные M.F. Şentürk и соавт. (2017) и P.G. Antony и соавт. (2018), также указывают на то, что лечение пациентов с проведением артроцентеза «слепым» методом и с использованием ультразвукового контроля не имеют статистически значимых различий [33, 34]. Ультразвуковое сопровождение в некоторых случаях позволяет быстро и правильно расположить кончик иглы и уменьшить травму, если требуется коррекция ее положения.

В исследовании P.I. Юркевич с соавт. (2018) проведение артроцентеза с навигацией с помощью УЗИ у 14 пациентов с внутренними нарушениями ВНЧС во всех случаях позволило контролировать положение иглы и степень расширения суставного пространства [35].



Рис. 1. Мониторинг артроцентеза ВНЧС в реальном времени с помощью ультразвуковой навигации [33]

Fig. 1. Real-time monitoring of TMJ arthrocentesis using ultrasound navigation [33]

В исследовании E.H. Dayisoğlu и соавт. (2013) выполняли артроцентез ВНЧС под контролем ультразвука [28]. Местный анестетик вводили через две иглы 20-го калибра, а суставное пространство промывали раствором Рингера (500 мл) и вводили гиалуроновую кислоту. Результаты, полученные при артроцентезе суставов, представляющих трудности для выполнения процедуры в связи с особенностями анатомического строения, использовали только для статической оценки. У 9 пациентов для артроцентеза была использована методика УЗИ, а 5 пациентам она проведена без УЗИ с удовлетворительными результатами.

В статье M.B. Sivri и соавт. «Сравнение ультразвукового и традиционного артроцентеза височно-нижнечелюстного сустава» 10 пациентам был проведен обычный артроцентез и еще 10 — артроцентез под контролем УЗИ [31]. Результаты артроцентеза с применением ультразвукового наведения не показали преимуществ по сравнению с традиционной техникой проведения, к тому же для его проведения потребовалось больше времени.

В статье D. Bhargava и соавт. (2019) описано проведение артроцентеза под ультразвуковым контролем с использованием одноточечной двухпросветной одностержневой иглы для пациентов с внутренним поражением ВНЧС, при этом осложнений не отмечалось, данная методика перспективна для проведения артроцентеза сустава с минимальной травмой и более точным введением игл [36].

В исследовании S. Bhatia и H. Attarde (2021) сравнивались результаты артроцентеза, проводимого с помощью ультразвука, и обычного артроцентеза при лечении заболеваний ВНЧС [37]. Систематический обзор не выявил доказательств того, что артроцентез, проводимый с помощью УЗИ, превосходит обычный артроцентез.

V. Champs и соавт. в 2019 г. проводили исследование на 13 небальзамированных трупах [38]. Инъекцию выполняли под контролем УЗИ в реальном времени с помощью иглы, введенной под углом наклона 30° под капсулу сустава до тех пор, пока инъекция не становилась возможной без сопротивления. Внутрисуставная инъекция была успешной во всех случаях и подтверждена обратным током жидкости в 96% случаев.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

В 2006 г. K. Honda и T. Vjørnland описали метод индивидуального расчета глубины вкола и угла наклона иглы для пункции верхнего суставного пространства с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) [39]. В исследование были включены 52 пациента, у которых в анамнезе не было положительных результатов лечения внутренних нарушений ВНЧС консервативными методами. Во время проведения КЛКТ небольшой металлический шарик фиксировали на коже пациента в проекции самой нижней точки нижнечелюстного бугорка височной кости. После получения DICOM-файлов рассчитывали индивидуальные

и средние показатели угла наклона иглы и степень ее погружения относительно точки инъекции.

Среднее расстояние от точки инъекции на коже пациента до самой тонкой части нижнечелюстной ямки составило $27 \pm 2,8$ мм; средний угол наклона иглы в горизонтальной плоскости — 8° , в коронарной плоскости — 16° .

Авторы показали, что индивидуальные расчеты показателей с помощью КЛКТ-сканирования перед операцией позволяют провести артроцентез (или артроскопию) с меньшим количеством осложнений и точным позиционированием иглы в верхней суставной щели [39].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ НАВИГАЦИИ ВО ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ АРТРОЦЕНТЕЗА

В 2009 г. J. Fritz и соавт. впервые описали использование магнитно-резонансной томографии (МРТ) в реальном времени для различных типов артроцентеза ВНЧС (Flash 2D МРТ) [40].

МРТ ВНЧС — признанный «золотой стандарт» для диагностики внутренних суставных нарушений; ранее МРТ использовали только для контроля эффективности лечения [41, 42]. Минимально необходимый протокол исследования ВНЧС при МРТ занимает относительно много времени (от 17 минут), поэтому ранее этот метод не использовали в качестве интраоперационного управляемого доступа для артроцентеза ВНЧС.

В исследовании J. Fritz и соавт. было включено 67 случаев патологии ВНЧС. Пациентам выполняли артроцентез с различной целью: лечебные или диагностические инъекции и лаваж ВНЧС [40]. Все этапы операции проводили под контролем МРТ (пункция кожи, продвижение иглы, введение препарата) непосредственно в кабинете на открытом томографе (1,5 Тл, Magnetom Espree). Для этой процедуры использовали гибкую 15-сантиметровую петлю катушки (с центром в ВНЧС) и специальные инъекционные иглы (которые можно использовать в магнитном поле). Все инъецированные препараты содержали 0,5%-ный раствор гадолиния для получения контрастного изображения (рис. 2).

Среднее время, затрачиваемое на артроцентез под контролем МРТ, составило 25 минут (диапазон — от 16

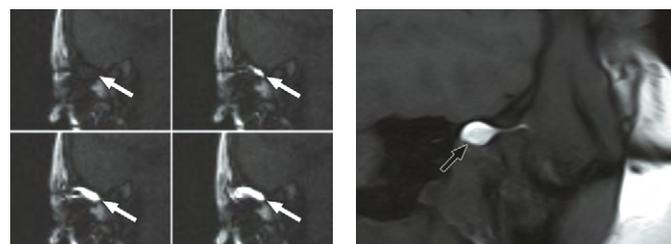


Рис. 2. Изображение ВНЧС во время введения в него препарата с контрастированием под контролем МРТ [40]

Fig. 2. Image of the TMJ during injection with MRI-controlled contrast [40]

до 53 минут). Во всех случаях описано правильное позиционирование кончика иглы и введение препарата в заранее определенное место, а также успешное введение лекарственных средств в нижнюю суставную щель, что выполнить технически сложно при проведении артроцентеза ВНЧС «слепым» методом.

ПРИМЕНЕНИЕ ШАБЛОНОВ, НАПЕЧАТАННЫХ НА 3D-ПРИНТЕРЕ

Первое упоминание об использовании индивидуальных печатных 3D-шаблонов для позиционирования



Рис. 3. Навигационный шаблон для проведения артроцентеза ВНЧС [43]

Fig. 3. Navigational template for arthrocentesis of the TMJ [43]



Рис. 4. Проведение артроцентеза ВНЧС с использованием навигационного шаблона [43]

Fig. 4. Arthrocentesis of the TMJ using a navigational template [43]



Рис. 5. Навигационный шаблон для проведения артроцентеза ВНЧС [44]

Fig. 5. Navigational template for arthrocentesis of the TMJ [44]



Рис. 6. Использование одностороннего навигационного шаблона во время артроцентеза и артроскопии ВНЧС [44]

Fig. 6. Use of a unilateral navigation template during arthrocentesis and arthroscopy of the TMJ [44]

игл во время артроцентеза ВНЧС было опубликовано М.Г. Khallaf и соавт. [43]. В это исследование было включено 8 пациентов с патологией ВНЧС. Перед лечением им выполняли МСКТ головы для визуализации анатомических структур костей и мягких тканей. С помощью программного обеспечения для планирования артроцентеза были установлены две точки, где предполагалось введение игл для подачи раствора (верхнее пространство ВНЧС).

Линии, соединяющие точки на кости и на коже, определяли углы и способы введения игл, а также глубину их погружения. Перед печатью шаблона с направляющими отверстиями авторы проверили точность положения иглы на напечатанных моделях, а затем изготовили индивидуальную направляющую с двумя отверстиями диаметром 1,4 мм. Отверстия позиционировались благодаря фиксации шаблона в наружном слуховом проходе, такое позиционирование может быть использовано и при проведении одностороннего артроцентеза (рис. 3, 4).

В исследовании М.Г. Khallaf и соавт. не указано время, затраченное на выполнение манипуляции, по сравнению с традиционным «слепым» артроцентезом ВНЧС, однако авторы отмечают статистически значимое улучшение степени открывания рта и уменьшение боли по визуально-аналоговой шкале в результате артропункций, выполненных с помощью шаблонов.

В 2019 г. было опубликовано исследование К. Mahmoud и соавт., в котором также описывается использование напечатанных на 3D-принтере шаблонов с направляющими отверстиями для артроцентеза [44]. В исследование были включены 10 пациентов от 17 до 35 лет с диагнозом «смещение суставного диска кпереди с репозицией». Перед артроцентезом пациенты получали консервативное лечение и носили суставные шины не менее 3 месяцев. После проведения МСКТ челюстно-лицевой области с прикусными блоками в положении максимально открытого рта были созданы направляющие отверстия в шаблоне с двумя гильзами для стандартных игл диаметром 1,4 мм. Для проверки правильности позиционирования игл дополнительно был создан отдельный канал втулки диаметром 2,7 мм для установки в него эндоскопа. Однако первый образец направляющей втулки не позволял полностью использовать эндоскоп из-за близости расположения гильз, поэтому позже было предложено сформировать прямоугольное окно (рис. 5, 6).

В отличие от предыдущей работы, предложенный шаблон фиксировался не только на коже, но и на зубах верхней челюсти и ушной раковине, и мог использоваться для одно- и двустороннего артроцентеза. Канто-трагальные линии и 4 контрольные точки также были отмечены на шаблонах, чтобы можно было проверить их положение во время операции.

М. Krause и соавт. (2019) предложили использовать разделенный 3D-шаблон для правильной интраоперационной установки и позиционирования эндоскопа [45]. Артроскопия была проведена трем пациентам с патологией ВНЧС. Перед операцией всем пациентам выполняли КЛКТ и сканирование мягких тканей лица, после чего DICOM-файлы сравнивали с помощью специального программного обеспечения. Авторы использовали двухканальный артроскоп, поэтому на этапе планирования были созданы две направляющие гильзы для введения эндоскопов под заданным углом для достижения верхней суставной щели (рис. 7, 8). Во время операции после проверки и фиксации направляющей была выполнена пункция кожи и введен эндоскоп (рис. 9).

Шаблон был необходим на этапе введения троакаров эндоскопа, после чего разбирался и далее выполнялась артроскопия ВНЧС. По данным авторов этап моделирования шаблона занимал 2–3 часа, а этап

печати составлял 7 часов. Время, затраченное на артроскопическую операцию с использованием 3D-шаблона, варьировало от 70 до 105 минут.

В 2021 г. была предложена новая модификация вышеописанного метода (Krause М. и соавт., 2019), которая отличается улучшенной фиксацией и исключением возможности ротационных движений [46].

В своей статье G. Gocmen и соавт. (2020) предложили использовать шаблон с тремя направляющими отверстиями с фиксацией на козелок уха [47]. На этапе планирования проводили КЛКТ ВНЧС и сканирование кожи лица, а затем на их основании выполняли 3D-моделирование шаблона. Первая игла располагалась в соответствии с задним наклоном суставного бугорка, как описано Matsumoto и соавт. [48], вторая — на 5 мм впереди первой, а третья — на 2 мм ниже второй (рис. 10).

Глубина проникновения (28, 38 и 40 мм для первой, второй и третьей игл соответственно) измерялась от места введения до конечных точек в соответствии

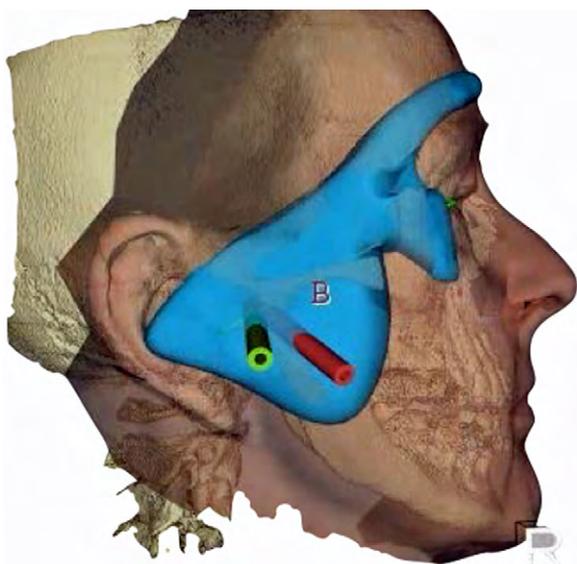


Рис. 7. Применение разделенного шаблона с направляющими для введения троакаров и двумя рукавами [45]

Fig. 7. Application of a divided template with guides for trocars insertion and two sleeves [45]

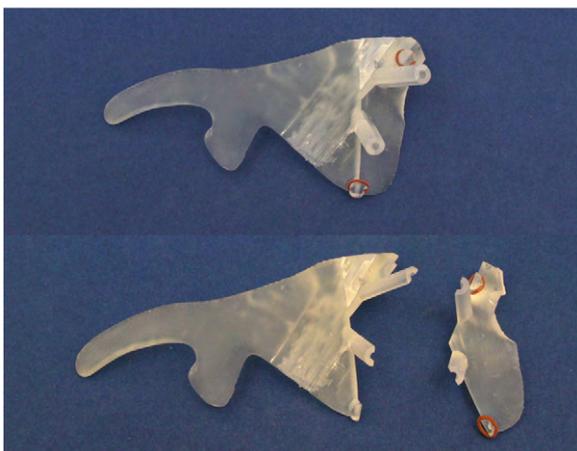


Рис. 8. Составные части шаблона [45]

Fig. 8. The components of the template [45]



Рис. 9. Артроскопия ВНЧС с использованием навигационного шаблона [45]

Fig. 9. TMJ arthroscopy using a navigational template [45]

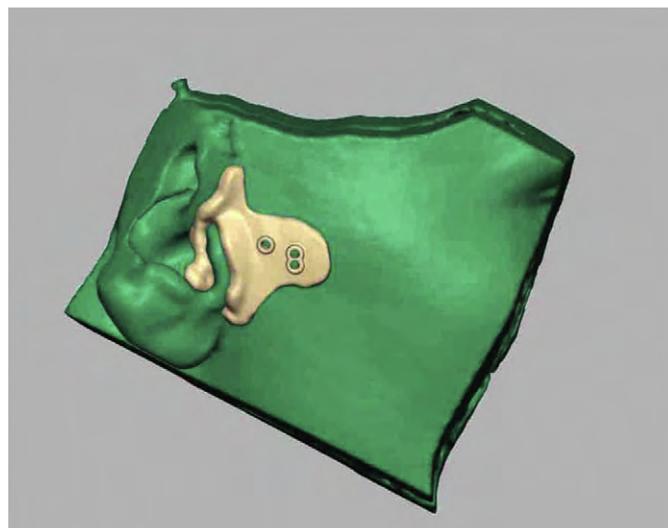


Рис. 10. Этап создания шаблона с тремя направляющими отверстиями с фиксацией на козелке уха (G. Gocmen) [47]

Fig. 10. Step of creating a template with three guide holes with fixation on the earbud (G. Gocmen) [47]



Рис. 11. Артроцентез с использованием шаблона с тремя направляющими отверстиями с фиксацией на козелке уха [47]
Fig. 11. Arthrocentesis using a template with three guide holes with fixation on the ear canal [47]

с углом наклона иглы. По мнению авторов, использование данного шаблона повышает безопасность и точность проведения процедуры артроцентеза (рис. 11).

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ (ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ 3D-НАВИГАЦИЯ)

Y.Y. Wang и соавт. (2019) предложили использовать метод дополненной реальности для более точного определения точки прокола кожи во время артроскопии ВНЧС [49]. Исследование проводилось на трех человеческих трупах. Всего было пунктировано 6 ВНЧС. Перед операцией выполняли КТ для визуализации мягких тканей и костных структур, а также для определения идеального положения рабочей части эндоскопа в верхней суставной щели. Для реализации этого метода необходимы камера (Logitech C920 HD Pro) и специальный проектор (Vivitek Qumi Q5), которые должны быть правильно откалиброваны в соответствии с анатомией головы пациента и данными КТ.

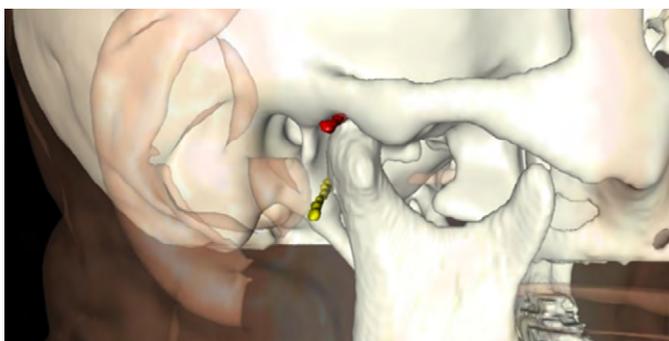


Рис. 12. Преимущества установки игл AR-методом: красный — игла установлена с помощью метода дополненной реальности; желтый — игла установлена без использования метода дополненной реальности [49]
Fig. 12. Advantages of installing needles with the AR method: red — needle placed with the augmented reality method; yellow — needle placed without the augmented reality method [49]

КТ проведено для уточнения ранее запланированного положения после прокола кожи и введения эндоскопа в верхнее пространство ВНЧС. Во всех шести случаях данные КТ подтвердили правильное положение, но отличие расположения планируемой точки прокола от полученных результатов во время операции составило $3,49 \pm 0,62$ мм (рис. 12).

ОБСУЖДЕНИЕ

С 2009 г. в научной литературе стали появляться первые упоминания о различных методах управляемого артроцентеза ВНЧС. Описаны клинические случаи с использованием КЛКТ, МРТ, ультразвука и интраоперационного 3D-подхода, а также использования индивидуально напечатанных кожных шаблонов с направляющими втулками для правильного вкола, введения и позиционирования игл в суставных пространствах.

Почему исследователи уделяют такое пристальное внимание разработке протоколов управляемого артроцентеза? Ответ кажется очевидным: сложная анатомическая структура ВНЧС и окружающих структур может привести к определенным осложнениям во время и после артроцентеза, несмотря на то что Vaira и соавт. сообщают об относительно низкой частоте осложнений после выполнения артроцентеза ВНЧС у 433 пациентов [14]. В 2018 г. было опубликовано результаты их исследования с обсуждением и ретроспективным анализом осложнений. В частности, были описаны временный отек мягких тканей после инъекции (95,1%), отек мягких тканей, сохраняющийся более 3 дней (25,8%), временное образование открытого прикуса (68,8%), парез ветвей лицевого нерва (65,1%), преаурикулярная гематома (0,4%), головокружение (0,2%) [14]. Помимо вышеперечисленных, могут возникнуть и более серьезные осложнения: повреждение ветвей V и VII черепных нервов, перфорация стенки наружного слухового прохода и средней черепной ямки, локальное кровотечение, локальный некроз кожи.

Важно, что в большинстве клинических случаев описывается только артроцентез верхнего пространства ВНЧС, где гораздо легче правильно расположить кончик иглы благодаря определенным анатомическим ориентирам. Однако фиброзные спайки, удерживающие суставной диск в смещенном положении, также могут располагаться в нижней суставной щели, прокол которой является сложной задачей даже для опытных врачей.

На сегодняшний день УЗИ остается наиболее изученным и часто используемым методом при проведении артроцентеза ВНЧС [50, 51].

Ультразвук имеет целый ряд преимуществ: широкое распространение во всех типах медицинских учреждений, возможность диагностировать внутренние нарушения и проводить контролируемый артроцентез, невысокую стоимость, небольшой размер ультразвукового зонда, что позволяет использовать этот метод в режиме реального времени [6, 28, 42, 52]. Многие исследователи признали ультразвуковую диагностику надежным, безопасным, недорогим и быстрым методом, позволяющим

обеспечить более точное позиционирование кончика иглы и наблюдение за заполнением суставной щели вводимым раствором. Однако у УЗИ имеются и недостатки: требуется одновременная работа двух опытных специалистов (челюстно-лицевой хирург и специалист по ультразвуковому обследованию), операция занимает более продолжительный промежуток времени, ограничение поля зрения скуловой дугой (может быть визуализирована только внешняя треть ВНЧС), снижение информативности метода при анатомически глубоком расположении сустава [53–55].

J. Fritz и соавт. (2009) опубликовали статью об использовании МРТ в качестве управляемой системы для артроцентеза ВНЧС, которая явилась своего рода прорывом, демонстрируя нестандартный подход к решению проблемы навигации при проведении данной манипуляции на ВНЧС [27].

МРТ — всемирно признанный «золотой стандарт» диагностики патологий внутрикапсулярных тканей. Для получения качественного изображения всех тканей сустава требуется много времени: исследование по стандартному протоколу может занять до 40 минут. Такой подход увеличивает время операции. Однако из-за некоторых режимов работы томографа (Flash 2D МРТ) среднее время артроцентеза составляло 25 минут. Изображения, полученные с помощью МРТ, намного лучше и более детальны, чем полученные с помощью КЛКТ или УЗИ. Использование МРТ может быть сопоставимо по точности, качеству и количеству информации, предоставляемой с интраоперационной 3D-навигацией (метод дополненной реальности). В то же время использование МРТ в качестве управляемой системы для артроцентеза ВНЧС связано с рядом существенных недостатков: дороговизна оборудования, необходимость работы с аппаратами сканирования открытого типа, одновременное использование двух опытных смежных специалистов, низкая доступность сканирующих устройств в амбулаторных условиях, использование и введение контрастных веществ. МРТ также нельзя использовать в качестве управляемой системы для артротомии ВНЧС.

В челюстно-лицевой хирургии описан метод дополненной реальности или интраоперационной 3D-навигации [56, 57]. Безусловно, этот метод имеет много преимуществ, однако он требует тщательной и точной калибровки всех систем. Из-за большого количества этапов планирования и особенностей разрешающих возможностей оборудования в процессе эксплуатации возможно возникновение множества ошибок. Таким образом, применение метода дополненной реальности

в отношении артроцентеза ВНЧС не всегда оправданно. Исследование Y.Y. Wang и соавт. (2019), безусловно, заслуживает внимания, однако необходимы дальнейшие разработки и исследования в этом направлении, поскольку метод дополненной реальности мог бы быть более популярным при сложных реконструктивных операциях на нижней и височной костях с полной или частичной заменой ВНЧС [49].

Один из самых перспективных методов навигации при артроцентезе — использование индивидуально напечатанных 3D-шаблонов с направляющими втулками для игл. Повсеместное распространение сканов КТ с коническим лучом и 3D-принтеров, а также программного обеспечения для планирования и изготовления направляющих, высокая точность печати и низкая степень ошибок могут значительно сократить время хирургического вмешательства и травм. Использование таких шаблонов не требует дополнительной навигации для проверки результата и может выполняться челюстно-лицевым хирургом. Еще одно преимущество таких направляющих — универсальность. Их можно применять как для артроцентеза, так и для позиционирования эндоскопа во время артротомии ВНЧС. В настоящее время опубликовано небольшое количество клинических случаев с использованием этого метода, необходимы дальнейшие исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время активно разрабатываются протоколы использования навигационных систем управления инвазивных процедур в стоматологии, в частности, артроцентеза. У каждого из представленных в данном обзоре методов навигационного контроля есть свои преимущества и недостатки. Наиболее перспективным методом визуализации является УЗИ. Использование УЗИ при проведении артроцентеза обеспечивает точное позиционирование иглы, что повышает эффективность манипуляции. Применение индивидуальных шаблонов во время выполнения инвазивных процедур на ВНЧС снижает риски возникновения осложнений, их использование особенно актуально при необходимости выполнения курса артротомии.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Поступила: 18.02.2023 **Принята в печать:** 25.04.2023

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

Received: 18.02.2023 **Accepted:** 25.04.2023

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES :

1. Malik A.H., Shah A.A. Efficacy of temporomandibular joint arthrocentesis on mouth opening and pain in the treatment of internal derangement of TMJ — A clinical study. — *J Maxillofac Oral Surg.* — 2014; 13 (3): 244—8. [PMID: 25018595](#)
2. Bhargava D., Jain M., Deshpande A., Singh A., Jaiswal J. Temporomandibular joint arthrocentesis for internal derangement with disc displacement without reduction. — *J Maxillofac Oral Surg.* — 2015; 14 (2): 454—9. [PMID: 26028873](#)
3. Al-Moraissi E.A. Arthroscopy versus arthrocentesis in the management of internal derangement of the temporomandibular joint: a systematic review and meta-analysis. — *Int J Oral Maxillofac Surg.* — 2015; 44 (1): 104—12. [PMID: 25123511](#)

4. Briggs K.A., Breik O., Ito K., Goss A.N. Arthrocentesis in the management of internal derangement of the temporomandibular joint. — *Aust Dent J.* — 2019; 64 (1): 90—95. [PMID: 30422323](#)
5. Nitzan D.W., Dolwick M.F. An alternative explanation for the genesis of closed-lock symptoms in the internal derangement process. — *J Oral Maxillofac Surg.* — 1991; 49 (8): 810—5; discussion 815—6. [PMID: 2072192](#)
6. Vos L.M., Stegenga B., Stant A.D., Quik E.H., Huddleston Slater J.J. Cost effectiveness of arthrocentesis compared to conservative therapy for arthralgia of the temporomandibular joint: A randomized controlled trial. — *J Oral Facial Pain Headache.* — 2018; 32 (2): 198—207. [PMID: 29466475](#)
7. Gudova R., Voog-Oras Ü., Ivask O. Arthrocentesis techniques used in the treatment of temporomandibular disorders: Literature review. — *Stomatologija.* — 2021; 23 (4): 95—100. [PMID: 35635520](#)
8. Nitzan D.W., Lehman Naaman H. Arthrocentesis: A minimally invasive approach to the temporomandibular joint. — In: Nahlili O. (ed.) *Minimally invasive oral and maxillofacial surgery.* — Springer, 2018. — Pp. 45—73. [DOI: 10.1007/978-3-662-54592-8_3](#)
9. Murphy M.K., MacBarb R.F., Wong M.E., Athanasiou K.A. Temporomandibular disorders: a review of etiology, clinical management, and tissue engineering strategies. — *Int J Oral Maxillofac Implants.* — 2013; 28 (6): e393—414. [PMID: 24278954](#)
10. Şentürk M.F., Yazıcı T., Gülşen U. Techniques and modifications for TMJ arthrocentesis: A literature review. — *Cranio.* — 2018; 36 (5): 332—340. [PMID: 28618972](#)
11. Tozoglu S., Al-Belasy F.A., Dolwick M.F. A review of techniques of lysis and lavage of the TMJ. — *Br J Oral Maxillofac Surg.* — 2011; 49 (4): 302—9. [PMID: 20471143](#)
12. Wilkie G., Al-Ani Z. Temporomandibular joint anatomy, function and clinical relevance. — *Br Dent J.* — 2022; 233 (7): 539—546. [PMID: 36241801](#)
13. Crincoli V., Anelli M.G., Quercia E., Piacino M.G., Di Comite M. Temporomandibular disorders and oral features in early rheumatoid arthritis patients: An observational study. — *Int J Med Sci.* — 2019; 16 (2): 253—263. [PMID: 30745806](#)
14. Vaira L.A., Raho M.T., Soma D., Salzano G., Dell'aversana Orabona G., Piombino P., De Riu G. Complications and post-operative sequelae of temporomandibular joint arthrocentesis. — *Cranio.* — 2018; 36 (4): 264—267. [PMID: 28618979](#)
15. Vaira L.A., Soma D., Meloni S.M., Dell'aversana Orabona G., Piombino P., De Riu G. Vertiginous crisis following temporomandibular joint arthrocentesis: a case report. — *Oral Maxillofac Surg.* — 2017; 21 (1): 79—81. [PMID: 27924428](#)
16. Keskinruzgar A., Cankal D.A., Koparal M., Simsek A., Karadag A.S. Investigation of the effects of temporomandibular joint arthrocentesis on blood volume of the retinal structures. — *J Dent Anesth Pain Med.* — 2019; 19 (1): 37—44. [PMID: 30859132](#)
17. Balon P., Vesnaver A., Kansky A., Kočar M., Prodnik L. Treatment of end stage temporomandibular joint disorder using a temporomandibular joint total prosthesis: The Slovenian experience. — *J Craniomaxillofac Surg.* — 2019; 47 (1): 60—65. [PMID: 30471937](#)
18. Aliyev T., Berdeli E., Şahin O. An unusual complication during arthrocentesis: N. facialis paralysis, with N. lingualis and N. alveolaris inferior anesthesia. — *J Dent Anesth Pain Med.* — 2019; 19 (2): 115—118. [PMID: 31065594](#)
19. Nogueira E.F.C., Lemos C.A.A., Vasconcellos R.J.H., Moraes S.L.D., Vasconcelos B.C.E., Pellizzer E.P. Does arthroscopy cause more complications than arthrocentesis in patients with internal temporomandibular joint disorders? Systematic review and meta-analysis. — *Br J Oral Maxillofac Surg.* — 2021; 59 (10): 1166—1173. [PMID: 34274169](#)
20. Lefkowitz W. Ultrasonics in dentistry. — *J Am Dent Assoc.* — 1956; 52 (4): 406—9. [PMID: 13306460](#)
21. Nabeih Y.B., Speculand B. Ultrasonography as a diagnostic aid in temporomandibular joint dysfunction. A preliminary investigation. — *Int J Oral Maxillofac Surg.* — 1991; 20 (3): 182—6. [PMID: 1890328](#)
22. Demirturk Kocasarac H., Angelopoulos C. Ultrasound in Dentistry: Toward a Future of Radiation-Free Imaging. — *Dent Clin North Am.* — 2018; 62 (3): 481—489. [PMID: 29903563](#)
23. Marotti J., Heger S., Tinschert J., Tortamano P., Chuembou F., Radermacher K., Wolfart S. Recent advances of ultrasound imaging in dentistry — a review of the literature. — *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* — 2013; 115 (6): 819—32. [PMID: 23706922](#)
24. Musu D., Rossi-Fedele G., Campisi G., Cotti E. Ultrasonography in the diagnosis of bone lesions of the jaws: a systematic review. — *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* — 2016; 122 (1): e19—29. [PMID: 27260284](#)
25. Emshoff R., Jank S., Bertram S., Rudisch A., Bodner G. Disk displacement of the temporomandibular joint: sonography versus MR imaging. — *AJR Am J Roentgenol.* — 2002; 178 (6): 1557—62. [PMID: 12034638](#)
26. Symanski J.S., Gimarc D., Chan B., Stephenson J., Markhardt B.K., Ross A.B. Ultrasound-guided temporomandibular joint aspiration: technique and results in six cases of suspected septic arthritis. — *Skeletal Radiol.* — 2023; 52 (5): 1033—1038. [PMID: 36348042](#)
27. Parra D.A., Chan M., Krishnamurthy G., Spiegel L., Amaral J.G., Temple M.J., John P.R., Connolly B.L. Use and accuracy of US guidance for image-guided injections of the temporomandibular joints in children with arthritis. — *Pediatr Radiol.* — 2010; 40 (9): 1498—504. [PMID: 20204611](#)
28. Dayisoğlu E.H., Cıfci E., Uçkan S. Ultrasound-guided arthrocentesis of the temporomandibular joint. — *Br J Oral Maxillofac Surg.* — 2013; 51 (7): 667—8. [PMID: 23769713](#)
29. Levorova J., Machon V., Hirjak D., Foltan R. Ultrasound-guided injection into the lower joint space of the temporomandibular joint. — *Int J Oral Maxillofac Surg.* — 2015; 44 (4): 491—2. [PMID: 25617951](#)
30. Cha Y.H., O J., Park J.K., Yang H.M., Kim S.H. Ultrasound-guided versus blind temporomandibular joint injections: a pilot cadaveric evaluation. — *Int J Oral Maxillofac Surg.* — 2019; 48 (4): 540—545. [PMID: 30287106](#)
31. Sivri M.B., Ozkan Y., Pekiner F.N., Gocmen G. Comparison of ultrasound-guided and conventional arthrocentesis of the temporomandibular joint. — *Br J Oral Maxillofac Surg.* — 2016; 54 (6): 677—81. [PMID: 27118616](#)
32. Norvall A., Cota J.G., Pusterla N., Cissell D. Ultrasound-guided arthrocentesis of the temporomandibular joint in healthy adult horses is equivalent to blind arthrocentesis. — *Vet Radiol Ultrasound.* — 2020; 61 (3): 346—352. [PMID: 31896164](#)
33. Şentürk M.F., Yıldırım D., Bilgir E. Evaluation of ultrasonography guidance for single-puncture temporomandibular joint arthrocentesis: A randomized clinical study. — *Cranio.* — 2019; 37 (3): 181—187. [PMID: 29173086](#)
34. Antony P.G., Sebastian A., Annaporani D., Varghese K.G., Mohan S., Jayakumar N., Dominic S., John B. Comparison of clinical outcomes of treatment of dysfunction of the temporomandibular

- joint between conventional and ultrasound-guided arthrocentesis. — *Br J Oral Maxillofac Surg.* — 2019; 57 (1): 62—66. [PMID: 30527515](#)
35. Юркевич Р.И., Бекреев В.В., Иванов С.Ю., Груздева Т.А., Быковская Т.В., Гарамян Б.Г. Обеспечение подвижности суставного диска височно-нижнечелюстного сустава после проведения лечебно-диагностической артроскопии. — *Голова и шея.* — 2018; 1: 7—13
[Yurkevich R., Bekreev V.V., Ivanov S.Yu., Gruzdeva T.A., Bykovskaya T.B., Garamyan B.G. Providing of tempo-mandibular joint fibrocartilage mobility after curative and diagnostic arthroscopy. — *Head and Neck.* — 2018; 1: 7—13 (In Russian)]. [eLibrary ID: 41304581](#)
36. Bhargava D., Thomas S., Pawar P., Jain M., Pathak P. Ultrasound-guided arthrocentesis using single-puncture, double-lumen, single-barrel needle for patients with temporomandibular joint acute closed lock internal derangement. — *Oral Maxillofac Surg.* — 2019; 23 (2): 159—165. [PMID: 30923970](#)
37. Bhatia C., Attarde H. A systematic review of clinical outcomes in the treatment of temporomandibular joint dysfunction using ultrasound guided arthrocentesis and conventional therapy. — *International Journal of Scientific Research.* — 2021; 10 (5): 19—22 [DOI: 10.36106/ijsr/9303653](#)
38. Champs B., Corre P., Hamel A., Laffite C.D., Le Goff B. US-guided temporomandibular joint injection: Validation of an in-plane longitudinal approach. — *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* — 2019; 120 (1): 67—70. [PMID: 30412740](#)
39. Honda K., Bjørnland T. Image-guided puncture technique for the superior temporomandibular joint space: value of cone beam computed tomography (CBCT). — *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* — 2006; 102 (3): 281—6. [PMID: 16920534](#)
40. Fritz J., Thomas C., Tzaribachev N., Horger M.S., Claussen C.D., Lewin J.S., Pereira P.L. MRI-guided injection procedures of the temporomandibular joints in children and adults: technique, accuracy, and safety. — *AJR Am J Roentgenol.* — 2009; 193 (4): 1148—54. [PMID: 19770341](#)
41. Tolend M., Doria A.S., Meyers A.B., Larheim T.A., Abramowicz S., Aguet J., Appenzeller S., Arvidsson L.Z., Averill L.W., Feldman B.M., Guleria S., Inarejos Clemente E.J., Jaremko J.L., Junhasavasdikul T., von Kalle T., Kirkhus E., Koos B., Miller E., Moineddin R., Panwar J., Peacock Z.S., Resnick C.M., van Rossum M.A., Stimec J., Tomlinson G., Tzaribachev N., Kellenberger C.J. Assessing the reliability of the OMERACT juvenile idiopathic arthritis magnetic resonance scoring system for temporomandibular joints (JAMRIS-TMJ). — *J Clin Med.* — 2021; 10 (18): 4047. [PMID: 34575158](#)
42. Maranini B., Ciancio G., Mandrioli S., Galìè M., Govoni M. The Role of Ultrasound in Temporomandibular Joint Disorders: An Update and Future Perspectives. — *Front Med (Lausanne).* — 2022; 9: 926573. [PMID: 35795636](#)
43. Khallaf M.G., Sidebottom A.J., Watson J. Khallaf and Sidebottom guiding stent for temporomandibular joint arthrocentesis: A new era for joint space puncturing techniques (Registered technical note). — *American Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* — 2019; 6 (1): 27—35
44. Mahmoud K., Galal N., Ali S., Gibaly A., Elbehairy M.S., Mounir M. Computer-guided arthrocentesis using patient-specific guides: A novel protocol for treatment of internal derangement of the temporomandibular joint. — *J Oral Maxillofac Surg.* — 2020; 78 (3): 372.e1—372.e7. [PMID: 31705867](#)
45. Krause M., Dörfler H.M., Kruber D., Hümpfner-Hierl H., Hierl T. Template-based temporomandibular joint puncturing and access in minimally invasive TMJ surgery (MITMJS) — a technical note and first clinical results. — *Head Face Med.* — 2019; 15 (1): 10. [PMID: 30940211](#)
46. Krause M., Kamal M., Kruber D., Halama D., Hierl T., Lethaus B., Bartella A.K. Improved access in minimally invasive temporomandibular joint surgery through a novel endaural template. — *BMC Surg.* — 2021; 21 (1): 93. [PMID: 33607985](#)
47. Gocmen G., Bayram F., Ozkan Y. Arthrocentesis of temporomandibular joint with a tragus-supported guide: a technical note. — *Br J Oral Maxillofac Surg.* — 2020; 58 (9): 1200—1202. [PMID: 32819749](#)
48. Matsumoto K., Bjørnland T., Kai Y., Honda M., Yonehara Y., Honda K. An image-guided technique for puncture of the superior temporomandibular joint cavity: clinical comparison with the conventional puncture technique. — *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* — 2011; 111 (5): 641—8. [PMID: 21334229](#)
49. Wang Y.Y., Liu H.P., Hsiao F.L., Kumar A. Augmented reality for temporomandibular joint arthrocentesis: a cadaver study. — *Int J Oral Maxillofac Surg.* — 2019; 48 (8): 1084—1087. [PMID: 30692030](#)
50. Bilgir E., Yildirim D., Şenturk M.F., Orhan H. Clinical and ultrasonographic evaluation of ultrasound-guided single puncture temporomandibular joint arthrocentesis. — *Cranio.* — 2020; : 1—10. [PMID: 33267750](#)
51. Torres-Gaya J., Boscà-Ramón A., Marqués-Mateo M., Valverde-Navarro A., García-San Segundo M.M., Puche-Torres M. Temporomandibular joint arthrocentesis guided by ultrasonography: An anatomical study. — *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* — 2021; 122 (4): e27-e31. [PMID: 33706027](#)
52. Bas B., Yılmaz N., Gökçe E., Akan H. Diagnostic value of ultrasonography in temporomandibular disorders. — *J Oral Maxillofac Surg.* — 2011; 69 (5): 1304—10. [PMID: 21256654](#)
53. Leung Y.Y., Wu F.H.W., Chan H.H. Ultrasonography-guided arthrocentesis versus conventional arthrocentesis in treating internal derangement of temporomandibular joint: a systematic review. — *Clin Oral Investig.* — 2020; 24 (11): 3771—3780. [PMID: 32594307](#)
54. Hechler B.L., Phero J.A., Van Mater H., Matthews N.S. Ultrasound versus magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint in juvenile idiopathic arthritis: a systematic review. — *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* — 2018; 47 (1): 83—89. [PMID: 28802761](#)
55. Бекреев В.В., Саркисян М.С., Казарян Г.Г. Модифицированный метод артроскопии ВНЧС с синхронной подачей двумя иглами под ультразвуковым контролем. — *Стоматология для всех.* — 2022; 3 (100): 27—31
[Bekreev V.V., Sarkisyan M.S., Kazarian G.G. Modified method of TMJ arthrocentesis with synchronous feeding with two needles under ultrasound control. Clinical Case. — *International Dental Review.* — 2022; 3 (100): 27—31 (In Russian)]. [eLibrary ID: 49504029](#)
56. Wang J., Suenaga H., Yang L., Kobayashi E., Sakuma I. Video see-through augmented reality for oral and maxillofacial surgery. — *Int J Med Robot.* — 2017; 13 (2): e1754. [PMID: 27283505](#)
57. Badiali G., Ferrari V., Cutolo F., Freschi C., Caramella D., Bianchi A., Marchetti C. Augmented reality as an aid in maxillofacial surgery: validation of a wearable system allowing maxillary repositioning. — *J Craniomaxillofac Surg.* — 2014; 42 (8): 1970—6. [PMID: 25441867](#)