

A.А. Войченко¹,

врач — стоматолог-ортопед

Н.В. Лапина²,

д.м.н., профессор, зав. кафедрой стоматологии и ортопедической стоматологии

Е.А. Кузьменко²,

к.м.н., ассистент кафедры лучевой диагностики

А.О. Жук³,

к.м.н., докторант кафедры пропедевтики стоматологических заболеваний

К.Г. Сеферян²,

к.м.н., доцент кафедры ортопедической стоматологии

В.В. Лапин²,

лаборант кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии

¹ Клиника КубГМУ, 350010, Краснодар, Россия² КубГМУ, 350063, Краснодар, Россия³ Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, 119048, Москва, Россия

Эластография — современный метод диагностики при патологиях височно-нижнечелюстного сустава

Аннотация. По данным современных эпидемиологических исследований распространенность патологии височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) составляет от 31 до 88%. Височно-нижнечелюстной сустав играет ключевую роль в жевательной функции и артикуляции, поэтому его патологии могут существенно влиять на качество жизни пациентов. Традиционные методы диагностики, такие как магнитно-резонансная и компьютерная томография, имеют свои ограничения, что подчеркивает необходимость внедрения новых технологий. Эластография как современный неинвазивный метод визуализации позволяет оценить механические свойства тканей, что открывает новые горизонты в диагностике заболеваний ВНЧС. В последние годы данная методика ультразвуковой диагностики привлекает все большее внимание в медицинской практике благодаря своей высокой чувствительности и специфичности. В данной статье рассматривается применение эластографии для диагностики различных заболеваний височно-нижнечелюстного сустава. Подробно описаны основные принципы работы эластографии, ее преимущества по сравнению с традиционными методами, а также возможности данного метода при диагностике различных патологий, включая дисфункции, артриты и дегенеративные изменения. Статья акцентирует внимание на важности эластографии как ключевого инструмента в современных диагностических технологиях, способствующего более точной постановке диагноза и обеспечению своевременного комплексного лечения. Это, в свою очередь, может улучшить качество жизни пациентов и сделать подход к терапии более целенаправленным.

Ключевые слова: эластография, височно-нижнечелюстной сустав, дисфункциональный синдром, миофасциальная боль

A.А. Voychenko¹,

prosthodontist

N.V. Lapina²,

Doctor of Science in Medicine, full professor of the Dentistry and orthopedic dentistry Department

E.A. Kuzmenko²,

PhD in Medical Sciences, assistant professor of the of the Radiology Department

A.O. Zhuk³,

PhD in Medical Sciences, doctoral candidate of the Dentistry diseases propaedeutics Department

K.G. Seferyan²,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Orthopedic dentistry Department

V.V. Lapin²,

laboratory assistant at the at the Surgical Dentistry and Maxillofacial surgery Department

Elastography is a modern diagnostic method for diseases of the temporomandibular joint

Annotation. According to modern epidemiological studies, the prevalence of temporomandibular joint (TMJ) pathology ranges from 31 to 88%. The temporomandibular joint plays a key role in masticatory function and articulation, so its pathologies can significantly affect the quality of life of patients. Traditional diagnostic methods such as magnetic resonance imaging and computed tomography have their limitations, which highlights the need to introduce new technologies. Elastography, as a modern non-invasive imaging method, allows us to evaluate the mechanical properties of tissues, which opens up new horizons in the diagnosis of TMJ diseases. In recent years, this ultrasound diagnostic technique has attracted increasing attention in medical practice due to its high sensitivity and specificity. This article discusses the use of elastography for the diagnosis of various diseases of the temporomandibular joint. The basic principles of elastography, its advantages over traditional methods, as well as the possibilities of this method in the diagnosis of various pathologies, including dysfunctions, arthritis and degenerative complications, are described in detail. The article emphasizes the importance of elastography as a key tool in modern diagnostic technologies, contributing to more accurate diagnosis and ensuring timely comprehensive treatment. This, in turn, can improve patients' quality of life and make the approach to therapy more targeted.

Key words: elastography, temporomandibular joint, dysfunctional syndrome, myofascial pain

ВВЕДЕНИЕ

Височно-нижнечелюстной сустав (ВНЧС) относится к одним из самых сложных и важных суставов человеческого организма. Он обеспечивает движение нижней челюсти, что необходимо для таких базовых функций, как жевание, речь, дыхание и др. Однако, несмотря на свою важность, он подвержен

¹ Clinic of the Kuban State Medical University, 350010, Krasnodar, Russia² Kuban State Medical University, 350063, Krasnodar, Russia³ Sechenov University, 119048, Moscow, Russia

различным патологиям, которые могут существенно влиять на качество жизни человека. Дисфункции ВНЧС характеризуются широкой распространностью среди населения, полиэтиологичностью, сложностью анатомического строения данной области, большим количеством и своеобразие вариантов течения, разнообразием клинических симптомов, высокой частотой рецидивов и другими особенностями [1], благодаря которым их относят к важным проблемам современной медицины [2]. Актуальность изучения ВНЧС возрастает с каждым годом, так как растет число людей, страдающих его заболеваниями. Корректная и своевременная диагностика играет важную роль в восстановлении функции сустава и улучшении общего состояния пациента. Многообразие подходов и концепций в диагностике и лечении этой патологии привлекает особое внимание к поиску наиболее эффективных и информативных методик, особенно на ранних стадиях обнаружения заболевания [3].

С помощью ультразвукового исследования можно получить морфофункциональные данные о структурных элементах ВНЧС при его нарушениях. Данные расстройства обычно проявляются через разнообразные симптомы, включая боль или дискомфорт в области лица, ВНЧС и уха во время жевания, разговора или при значительном открывании рта [4]. Также могут наблюдаться ограничения при открывании рта, щелчки, треск или скрежет при движениях челюсти, утомляемость мышц лица, отечность и другие проявления [5]. Кроме того, пациенты иногда испытывают симптомы, которые не кажутся связанными с зубочелюстной системой: головные боли, боли в шее и/или плечах, а также отоларингологические проблемы, например шум в ушах [6]. Несмотря на разнообразие клинической картины дисфункции височно-нижнечелюстной системы, пациенты с данным недугом в основном обращаются за помощью при появлении боли.

Миофасциальная боль — один из наиболее частых симптомов дисфункции ВНЧС, который диагностируется на основании наличия боли и болезненности при пальпации. Ключевым симптомом миофасциальной боли являются локальные триггерные точки [7], которые можно найти практически во всех мышцах, особенно в скелетных. Главным признаком этого состояния является нарушение моторной функции мышц, которое сопровождается наличием ощутимого уплотнения внутри мышцы и сенсорными расстройствами. Эти нарушения чаще всего проявляются в виде локальной боли в области уплотнения и отраженной боли в удаленных зонах [8]. Известно, что при заболеваниях, затрагивающих мышцы, нарушаются биомеханические свойства тканей, наблюдается накопление внутримышечной жидкости в истощенных тканях [9]. Обычно локальные мышечные спазмы возникают из-за длительного напряжения или травмы, что вызывает высвобождение кальция из клеток и ненормальное сокращение определенной области мышцы. Процесс сокращения и расслабления мышцы осуществляется благодаря скольжению нитей актина и миозина друг относительно друга: во время сокращения нити актина перемещаются между нитями миозина, а при расслаблении возвращаются в исходное

положение. Если этот процесс нарушается, в мышечных волокнах образуется участок напряжения. Чрезмерное сокращение саркомеров может способствовать образованию уплотнений в области сокращения [10]. Клинически мышцы, вызывающие боль в челюстно-лицевой области, твердые и жесткие на ощупь. В связи с этим постановка диагноза зависит от субъективной оценки пациента и врача, которая в большинстве случаев может оказаться неточной [11]. Следовательно, для более качественной диагностики данного заболевания необходимо разработать эффективный метод объективной оценки, которым может быть эластография [12].

Эластография сдвиговой волной — это инновационный метод ультразвуковой диагностики, который позволяет неинвазивно оценить плотность и эластичность тканей [13], что может способствовать раннему и более точному выявлению изменений [14], оценить качество проведенного лечения, провести динамический контроль состояния элементов ВНЧС. Метод демонстрирует высокую согласованность внутри- и межоператорских контактов, высокую повторяемость и возможность предоставления количественных результатов [15]. Популярность использования эластографии в стоматологии с каждым годом растет [16]. Метод был опробован на фантомах с уже известными показателями жесткости, было проведено сравнение с результатами других методов диагностики [17]. Результаты эластографии оказались достоверными [18].

ВОЗМОЖНОСТИ

Применение эластографии при диагностике ВНЧС помогает специалистам на ранних этапах выявить гипертонус мышц или изменения в связках [19], что может способствовать своевременному обнаружению дисфункции сустава [20]. Эластография позволяет оценить жесткость мягких тканей, которые окружают сустав, что может помочь в качественной диагностике воспалительных процессов, артритов и других заболеваний. Также эластография может быть полезна при оценке состояния суставного хряща, так как увеличение его жесткости может указывать на наличие дегенеративных изменений, таких как остеоартрит. При его своевременном выявлении метод позволяет отслеживать динамику изменений в состоянии хряща и окружающих структур, что играет важную роль для оценки эффективности лечения. Полученные данные могут помочь специалистам составлять более точные планы лечения для пациентов с заболеваниями ВНЧС, а при использовании данного метода для мониторинга изменений в состоянии сустава после проведенной терапии заблаговременно провести коррекцию лечения.

Эластография может помочь в определении причин болевого синдрома в области ВНЧС, выявляя изменения в мягких тканях и в суставе, которые могут быть связаны с болевыми ощущениями. Помимо этого, данная методика является надежной при измерении показателей жесткости жевательной мускулатуры в ответ на физиотерапию и физические упражнения [21], которые используются при лечении ВНЧС.

ПРЕИМУЩЕСТВА

Преимуществом данного метода является возможность оценить состояние мягких тканей в состоянии покоя и при выполнении различных манипуляций. При необходимости эластографию можно сделать несколько раз, так как технология исключает излучение, которое негативно влияет на организм человека, что делает ее безопасной особенно для детей и беременных женщин. Процедура занимает всего несколько минут, что делает ее удобной для пациентов и врачей. С ее помощью можно оценивать жесткость тканей, не прибегая к инвазивным методам, что особенно важно для пациентов, у которых есть противопоказания к хирургическому вмешательству или которые не хотят подвергаться риску.

Эластография обладает возможностью динамического мониторинга, что прежде всего полезно при необходимости регулярно оценивать прогрессирование болезни или эффективность лечения. К тому же обычно процедура происходит безболезненно и может проводиться амбулаторно, поэтому пациенты могут вернуться к своей обычной деятельности сразу после обследования. Итого, резюмируя, информативность, доступность, простота выполнения, невысокая стоимость, отсутствие абсолютных противопоказаний, мобильность, а также эластографию можно сочетать с другими исследованиями в один день из-за низкой лучевой нагрузки и быстроты исследования [22].

ПРИМЕНЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ

В первую очередь данный метод был исследован и внедрен для определения стадий фиброза печени [23], а также для диагностики и классификации опухолей молочной [24] и щитовидной железы [25], опорно-двигательного аппарата [26], простаты и др. К тому же этот метод диагностики приемлем для определения метастазов в шейных лимфатических узлах [27]. Метод позволяет определить эластичность и жесткость кожи, что может быть полезно при диагностике различных кожных заболеваний [28], а также может использоваться для анализа состояния жировой ткани, что имеет значение при лечении ожирения и липом.

Кроме того, эластография используется в кардиологии для оценки жесткости миокарда, что может быть важно при диагностике сердечной недостаточности и других кардиологических заболеваний [29]. Мышечную ткань также можно анализировать с помощью данного исследования — это было продемонстрировано в сравнении некоторых мышц со здоровыми при мышечной дистрофии Дюшенна, а также при анализе воспалительных миопатий, миозите с включениями и др. [30].

Поверхностная эластография, используемая для измерения мышечной активности, также может помочь оценить состояние мышц у детей с церебральным параличом [31]. В гематологии применение сдвиговолновой эластографии дает возможность оценить «возраст» тромба и его реакцию на назначенное лечение, что поможет врачам выбрать наиболее подходящую стратегию терапии — консервативную или эндоваскулярную [32].

В акушерско-гинекологической практике данный метод позволяет оценить толщину тканей в области рубца на матке, образованного после кесарева сечения, а также функциональные характеристики этих тканей. Это служит дополнением к стандартному ультразвуковому исследованию, помогая определить оптимальную тактику ведения беременности и родов с минимальным риском осложнений, таких как разрыв матки [33]. Ультразвуковая эластография представляет собой эффективный и неинвазивный способ дифференциальной диагностики кистозных образований поджелудочной железы, который может найти широкое применение в клинической практике [34].

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ

Ультразвуковая эластография основана на принципе, согласно которому при воздействии на ткань напряжения в ней происходят изменения, обусловленные свойствами ее эластичности [35]. В зависимости от типа приложения напряжения и метода, который используется для обнаружения смещения тканей и получения изображения, существуют две методики проведения ультразвуковой эластографии. Их можно классифицировать как статические, такие как компрессионная эластография, и динамические, такие как эластография сдвиговой волной. Основное различие между этими методиками заключается в том, как механические стимулы применяются к изучаемым тканям [36].

Эластография сдвиговой волной становится все более распространенной при исследовании патологии ВНЧС. Метод позволяет измерять эластичность тканей как качественно, так и количественно. Сдвиговая волна — это поперечная волна, образующаяся в упругой среде, на которую влияет периодическая сдвиговая сила. Концепция сдвига подразумевает изменение формы ткани без изменения объема. Это изменение вызывается парой равных сил, которые действуют в противоположных направлениях вдоль двух противоположных сторон ткани. После сдвигового взаимодействия исходная ткань вернется к своей первоначальной форме, в то время как соседние ткани испытывают сдвиг и вызовут дополнительное движение сдвиговой волны, которая распространяется как поперечная сдвиговая волна.

На первом этапе сдвиговые волны генерируются с помощью акустической концентрированной силы, создающей локальное напряжение и вызывающей смещение в ткани. Сдвиговые волны образуются и распространяются через окружающие ткани в поперечной плоскости, перпендикулярной первичной волне. Эти волны движутся с меньшей скоростью и приводят к смещениям в ткани. Затем происходит мониторинг движения ткани и измерение скоростей сдвиговых волн по мере их движения при помощи плосковолнового возбуждения. После определяется скорость сдвиговой волны, измеряемой в метрах в секунду [37]. На экране отображаются данные в виде цветной эластограммы, показывающей скорости сдвиговой волны в метрах в секунду или эластичность ткани в килопаскалях [38]; красный цвет обычно указывает на твердую консистенцию

ткани, синий — на мягкую, а зеленый и желтый определяют промежуточную жесткость. Скорость, с которой сдвиговые волны распространяются через более жесткую ткань, выше, чем через более мягкую. Данный метод считается более объективным по сравнению с компрессионной эластографией, так как он дает прямую оценку эластичности ткани и получение количественных показателей без применения компрессии [39]. Результаты исследования сравниваются с нормальными значениями для соответствующих тканей, что помогает правильно и своевременно поставить диагноз и составить полноценный план лечения. Современное программное обеспечение использует сложные алгоритмы для обработки данных и минимизации ошибок, что повышает точность измерений.

Методика проведения компрессионной эластографии заключается в том, что оператор прилагает ручное давление, аналогичное пальпации. Благодаря осторожному приложению легкого давления к исследуемым тканям, можно определить смещение в каждой области, сравнивая эхо-сигнал до и после сжатия. Механизм данного метода заключается в том, что сжатие ткани приводит к смещению или деформации. Более жесткая ткань демонстрирует минимальную деформацию, в отличие от мягкой ткани [40]. Смещение ткани определяется путем выполнения повторного ручного нажатия с помощью ручного ультразвукового датчика. Распределение смещения обычно визуализируется на эластограмме, которая, как правило, представлена в виде цветного изображения. Разные цвета применяются для визуализации различных уровней эластичности тканей. В случае компрессионной эластографии красный цвет используется для представления более мягкой ткани, синий — более твердой ткани. Промежуточная эластичность обычно изображается с использованием желтого или зеленого цвета [41]. Несмотря на удобство проведения, данный метод считается субъективным и не до конца проработанным, поскольку разный уровень компрессии может искажать эластограмму и давать погрешность в данных.

Применение эластографии в стоматологии может увеличить информативность, эффективность и удобство диагностики наряду с компьютерной (КТ) [42] и магнитно-резонансной томографией (МРТ) [43], в настоящее время являющимися основными методами оценки дисфункции ВНЧС. При проведении КТ используют ионизирующее излучение, что требует осторожности при многократных исследованиях, МРТ противопоказана пациентам с некоторыми имплантами, а эластография обычно безопасна и неинвазивна. К тому же КТ и МРТ в большинстве случаев считаются более дорогостоящими процедурами из-за стоимости оборудования [44], а эластография дешевле и доступна в большинстве ультразвуковых кабинетов. Также УЗИ, проведенное совместно с эластографией, является более экономичным вариантом диагностики и занимает в разы меньше времени для проведения процедуры [45].

ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ

К противопоказаниям относятся экстренные ситуации, угрожающие жизни, при которых ультразвуковая диагностика способна ухудшить прогноз, так как возможна задержка более необходимых мероприятий для устранения критических состояний. Противопоказания могут возникнуть из-за повреждения кожных покровов или кожных заболеваний в области исследования, что делает невозможным контакт с датчиком аппарата. В период обострения инфекционных заболеваний также следует учитывать ограничения [46]. Таким образом, большинство противопоказаний связаны не столько с риском для здоровья, сколько с низкой информативностью метода в данных условиях. За исключением указанных случаев противопоказаний к проведению эластографии нет.

НЕДОСТАТКИ

Главным недостатком эластографии в стоматологии является то, что каждая мышца имеет свои уникальные характеристики, поэтому нормативные значения необходимо определять для каждой мышцы индивидуально. В настоящее время, несмотря на большое количество данных в других областях медицины, сбор данных в стоматологии только начинает набирать обороты.

Также к недостаткам можно отнести ограниченную доступность, так как не все медицинские организации имеют оборудование для проведения эластографии, что может ограничить доступ пациентов к этому методу; опыт и квалификация врача могут сильно повлиять на результаты исследования [47]; в некоторых случаях результаты могут быть искажены артефактами, которые затрудняют интерпретацию данных.

В некоторых случаях эластография может дать неоднозначные результаты, требующие подтверждения других методов [48]. Кроме того, эластография не всегда подходит для всех типов тканей и заболеваний, что тоже может ограничивать ее применение [49].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эластография предоставляет ценные сведения о качественных и количественных показателях ткани, что делает ее универсальным инструментом для диагностики, лечения и мониторинга дисфункции ВНЧС.

Благодаря своей объективности, простоте и неинвазивности метод обладает большим потенциалом для широкого использования в клинической практике для отслеживания результатов диагностики и лечения заболеваний ВНЧС, однако ее применение требует дальнейших исследований и клинических испытаний для определения оптимальных показаний и методов использования.

Поступила/Received: 27.01.2025
Принята в печать/Accepted: 20.10.2025

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

- Klasser G.D., Manfredini D., Goulet J.P., De Laat A. Oro-facial pain and temporomandibular disorders classification systems: A critical appraisal and future directions. — *J Oral Rehabil.* — 2018; 45 (3): 258—268. [PMID: 29197095](#)
- Латышева Н.В., Филатова Е.Г., Данилов Ал.Б., Парсамян Р.Р., Салина Е.А. Дисфункция височно-нижнечелюстного сустава и другие причины боли в лице: первая международная классификация и новые подходы к терапии. — *Медицинский алфавит.* — 2019; 35 (410): 40—46.
[Latysheva N.V., Filatova E.G., Danilov Al.B., Parsamyan R.R., Salina E.A. Temporomandibular disorder and other causes of orofacial pain: first international classification and new treatment perspectives. — *Medical alphabet.* — 2019; 35 (410): 40—46 (In Russian)]. [eLibrary ID: 42374316](#)
- Найданова И.С., Писаревский Ю.Л., Шаповалов А.Г., Писаревский И.Ю. Возможности современных технологий в диагностике функциональных нарушений височно-нижнечелюстного сустава (обзор литературы). — *Проблемы стоматологии.* — 2018; 4: 6—13.
[Naidanova I., Pisarevskii Y., Shapovalov A., Pisarevskii I. The potential of current technologies in diagnostics of temporomandibular joint dysfunction (literature review). — *Actual Problems in Dentistry.* — 2018; 4: 6—13 (In Russian)]. [eLibrary ID: 36777700](#)
- Takeuchi T., Arima T., Ernberg M., Yamaguchi T., Ohata N., Svensson P. Symptoms and physiological responses to prolonged, repeated, low-level tooth clenching in humans. — *Headache.* — 2015; 55 (3): 381—94. [PMID: 25754714](#)
- Gauer R.L., Semidey M.J. Diagnosis and treatment of temporomandibular disorders. — *Am Fam Physician.* — 2015; 91 (6): 378—86. [PMID: 25822556](#)
- Santosh V., Hinduja S., Manoj R., Waghmare M. Overlaid temporomandibular joint disorders and otology symptoms — A diagnostic approach and management considerations for otolaryngologists and dentists. — *Eastern Journal of Medical Sciences.* — 2020; 2: 25—29 (In). [DOI: 10.32677/EJMS.2020.v05.i02.001](#)
- Poluha R.L., Grossmann E., Iwaki L.C.V., Uchimura T.T., Santa-na R.G., Iwaki Filho L. Myofascial trigger points in patients with temporomandibular joint disc displacement with reduction: a cross-sectional study. — *J Appl Oral Sci.* — 2018; 26: e20170578. [PMID: 29898186](#)
- Девликамова Ф.И., Хабиров Ф.А. Миофасциальный болевой синдром: практическое развитие теоретических оснований. — *Российский журнал боли.* — 2020; 3: 39—47.
[Devlikamova F.I., Khabirov F.A. Myofascial pain syndrome: practical development of theoretical foundations. — *Russian Journal of Pain.* — 2020; 3: 39—47 (In Russian)]. [eLibrary ID: 43933036](#)
- Koruyucu A.N., Aşançotrol F. Determination of masseter and temporal muscle thickness by ultrasound and muscle hardness by shear wave elastography in healthy adults as reference values. — *Dentomaxillofac Radiol.* — 2024; 53 (2): 137—152. [PMID: 38211311](#)
- Takashima M., Arai Y., Kawamura A., Hayashi T., Takagi R. Quantitative evaluation of masseter muscle stiffness in patients with temporomandibular disorders using shear wave elastography. — *J Prosthodont Res.* — 2017; 61 (4): 432—438. [PMID: 28188109](#)
- Yu J.F., Chang T.T., Zhang Z.J. The reliability of MyotonPRO in assessing masseter muscle stiffness and the effect of muscle contraction. — *Med Sci Monit.* — 2020; 26: e926578. [PMID: 33137025](#)
- Patil D.J., Rathore R.K., Patel A. Ultrasound elastography in temporomandibular disorders: A narrative review. — *Cureus.* — 2024; 16 (9): e70004. [PMID: 39445293](#)
- Azizi G., Keller J.M., Mayo M.L., Piper K., Puett D., Earp K.M., Malchoff C.D. Thyroid nodules and shear wave elastography: A new tool in thyroid cancer detection. — *Ultrasound Med Biol.* — 2015; 41 (11): 2855—65. [PMID: 26277203](#)
- Ozturk A., Grajo J.R., Dhyani M., Anthony B.W., Samir A.E. Principles of ultrasound elastography. — *Abdom Radiol (NY).* — 2018; 43 (4): 773—785. [PMID: 29487968](#)
- Creze M., Nordez A., Soubeyrand M., Rocher L., Maître X., Bellin M.F. Shear wave sonoelastography of skeletal muscle: basic principles, biomechanical concepts, clinical applications, and future perspectives. — *Skeletal Radiol.* — 2018; 47 (4): 457—471. [PMID: 29224123](#)
- Olchowy A., Wieckiewicz M., Winocur E., Dominiak M., Dekkers I., Łasecki M., Olchowy C. Great potential of ultrasound elastography for the assessment of the masseter muscle in patients with temporomandibular disorders. A systematic review. — *Dentomaxillofac Radiol.* — 2020; 49 (8): 20200024. [PMID: 32150452](#)
- Lee S.M., Chang W., Kang H.J., Ahn S.J., Lee J.H., Lee J.M. Comparison of four different Shear Wave Elastography platforms according to abdominal wall thickness in liver fibrosis evaluation: a phantom study. — *Med Ultrason.* — 2019; 21 (1): 22—29. [PMID: 30779827](#)
- Olchowy C., Olchowy A., Hadzik J., Dąbrowski P., Mierzwa D. Dentists can provide reliable shear wave elastography measurements of the stiffness of masseter muscles: A possible scenario for a faster diagnostic process. — *Adv Clin Exp Med.* — 2021; 30 (6): 575—580. [PMID: 34060255](#)
- Klatkiewicz T., Gawrołek K., Pobudek Radzikowska M., Czajka-Jakubowska A. Ultrasonography in the diagnosis of temporomandibular disorders: A meta-analysis. — *Med Sci Monit.* — 2018; 24: 812—817. [PMID: 29420457](#)
- Olchowy C., Więckiewicz M., Sconfienza L.M., Łasecki M., Seweryn P., Smardz J., Hniatecka S., Dominiak M., Olchowy A. Potential of using shear wave elastography in the clinical evaluation and monitoring of changes in masseter muscle stiffness. — *Pain Res Manag.* — 2020; 2020: 4184268. [PMID: 33273992](#)
- Olchowy C., Grzech-Leśniak K., Hadzik J., Olchowy A., Łasecki M. Monitoring of changes in masticatory muscle stiffness after gum chewing using shear wave elastography. — *J Clin Med.* — 2021; 10 (11): 2480. [PMID: 34205052](#)
- Habibi H.A., Ozturk M., Caliskan E., Turan M. Quantitative assessment of temporomandibular disc and masseter muscle with shear wave elastography. — *Oral Radiol.* — 2022; 38 (1): 49—56. [PMID: 33818734](#)
- Ferraioli G., Roccarina D. Update on the role of elastography in liver disease. — *Therap Adv Gastroenterol.* — 2022; 15: 17562848221140657. [PMID: 36506750](#)
- Ferraioli G., Filice C., Castera L., Choi B.I., Sporea I., Wilson S.R., Cosgrove D., Dietrich C.F., Amy D., Bamber J.C., Barr R., Chou Y.H., Ding H., Farrokh A., Friedrich-Rust M., Hall T.J., Nakashima K., Nightingale K.R., Palmeri M.L., Schafer F., Shiina T., Suzuki S., Kudo M. WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 3: liver. — *Ultrasound Med Biol.* — 2015; 41 (5): 1161—79. [PMID: 25800942](#)

25. Cosgrove D., Barr R., Bojunga J., Cantisani V., Chammas M.C., Dighe M., Vinayak S., Xu J.M., Dietrich C.F. WFUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography: Part 4. Thyroid. — *Ultrasound Med Biol.* — 2017; 43 (1): 4—26. [PMID: 27570210](#)
26. Baumer T.G., Davis L., Dischler J., Siegal D.S., van Holsbeeck M., Moutzouros V., Bey M.J. Shear wave elastography of the supraspinatus muscle and tendon: Repeatability and preliminary findings. — *J Biomech.* — 2017; 53: 201—204. [PMID: 28110933](#)
27. Suh C.H., Choi Y.J., Baek J.H., Lee J.H. The diagnostic performance of shear wave elastography for malignant cervical lymph nodes: A systematic review and meta-analysis. — *Eur Radiol.* — 2017; 27 (1): 222—230. [PMID: 27147221](#)
28. Imafuku K., Hata H., Kitamura S., Iwata H., Shimizu H. Ultrasound B-mode and elastographic findings of mixed tumour of the skin on the scalp. — *J Eur Acad Dermatol Venereol.* — 2016; 30 (1): 153—5. [PMID: 25074531](#)
29. Caenen A., Pernot M., Nightingale K.R., Voigt J.U., Vos H.J., Segers P., D'hooge J. Assessing cardiac stiffness using ultrasound shear wave elastography. — *Phys Med Biol.* — 2022; 67 (2). [PMID: 34874312](#)
30. Romano A., Staber D., Grimm A., Kronlage C., Marquetand J. Limitations of Muscle Ultrasound Shear Wave Elastography for Clinical Routine-Positioning and Muscle Selection. — *Sensors (Basel).* — 2021; 21 (24): 8490. [PMID: 34960581](#)
31. Gagnat Y., Brændvik S.M., Roeleveld K. Surface electromyography normalization affects the interpretation of muscle activity and co-activation in children with cerebral palsy during walking. — *Front Neurol.* — 2020; 11: 202. [PMID: 32362862](#)
32. Бояринцев В.В., Баринов Е.В., Федорова А.А., Журавлев С.В., Баринов В.Е., Золотухин И.А. Сдвиговолновая эластография в оценке времени возникновения венозного тромба и определении его чувствительности к тромболитическому лечению. — *Флебология.* — 2024; 2: 100—104.
[Boyarintsev V.V., Barinov E.V., Fedorova A.A., Zhuravlev S.V., Barinov V.E., Zolotukhin I.A. Shear wave elastography in assessing the time to venous thrombosis and sensitivity to thrombolytic treatment. — *Journal of Venous Disorders.* — 2024; 2: 100—104 (In Russian)]. [eLibrary ID: 67945261](#)
33. Юсупов К.Ф., Недопекина Е.В., Вихарева О.Н. Применение метода эластографии в акушерско-гинекологической практике. — *Акушерство и гинекология.* — 2016; 11: 22—27.
[Yusupov K.F., Nedopekina E.V., Vikhareva O.N. Use of elastography in obstetric and gynecologic practice. — *Obstetrics and Gynecology.* — 2016; 11: 22—27 (In Russian)]. [eLibrary ID: 27389158](#)
34. Дибина Т.В., Дроздов Е.С., Кошель А.П., Латыпов В.Р. Применение ультразвуковой эластографии в дифференциальной диагностике кистозных образований поджелудочной железы. — *Бюллетень сибирской медицины.* — 2018; 3: 45—52.
[Dibina T.V., Drozdzov E.S., Koshel A.P., Latypov V.R. Use of ultrasound elastography in the differential diagnosis of pancreatic cystic lesions. — *Bulletin of Siberian medicine.* — 2018; 3: 45—52 (In Russian)]. [eLibrary ID: 36282570](#)
35. Domenichini R., Pialat J.B., Podda A., Aubry S. Ultrasound elastography in tendon pathology: state of the art. — *Skeletal Radiol.* — 2017; 46 (12): 1643—1655. [PMID: 28765991](#)
36. Paluch Ł., Maj P., Pietruski P., Korba M., Noszczyk B.H. Shear wave elastography in the evaluation of temporomandibular joint disorders. — *Ultrasound Med Biol.* — 2020; 46 (1): 46—54. [PMID: 31635758](#)
37. Ličen U., Kozinc Ž. Using shear-wave elastography to assess exercise-induced muscle damage: A review. — *Sensors (Basel).* — 2022; 22 (19): 7574. [PMID: 36236672](#)
38. Taljanovic M.S., Gimber L.H., Becker G.W., Latt L.D., Klauser A.S., Melville D.M., Gao L., Witte R.S. Shear-wave elastography: Basic physics and musculoskeletal applications. — *Radiographics.* — 2017; 37 (3): 855—870. [PMID: 28493799](#)
39. Drakonaki E.E., Allen G.M., Wilson D.J. Ultrasound elastography for musculoskeletal applications. — *Br J Radiol.* — 2012; 85 (1019): 1435—45. [PMID: 23091287](#)
40. Snoj Ž., Wu C.H., Taljanovic M.S., Dumić-Čule I., Drakonaki E.E., Klauser A.S. Ultrasound elastography in musculoskeletal radiology: Past, present, and future. — *Semin Musculoskelet Radiol.* — 2020; 24 (2): 156—166. [PMID: 32438441](#)
41. Olchowy A., Więckiewicz M., Malysa A., Olchowy C. Determination of reference values of the masseter muscle stiffness in healthy adults using shear wave elastography. — *Int J Environ Res Public Health.* — 2021; 18 (17): 9371. [PMID: 34501961](#)
42. Arıkan B., Dedeoğlu N., Keskinrüzgar A. Ultrasoundographic evaluation of the masseter muscle in patients with temporomandibular joint degeneration. — *Imaging Sci Dent.* — 2023; 53 (4): 355—363. [PMID: 38174042](#)
43. Loomba R., Adams L.A. Advances in non-invasive assessment of hepatic fibrosis. — *Gut.* — 2020; 69 (7): 1343—1352. [PMID: 32066623](#)
44. Larheim T.A., Hol C., Ottersen M.K., Mork-Knutsen B.B., Arvidsson L.Z. The role of imaging in the diagnosis of temporomandibular joint pathology. — *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* — 2018; 30 (3): 239—249. [PMID: 29866450](#)
45. Степанова Ю.А., Киселева Д.А., Султанова Н.О., Курочкина А.И. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной в оценке жесткости щечной мышцы лица у пациентов различных возрастных групп (пилотное исследование). — *Ультразвуковая и функциональная диагностика.* — 2023; 1: 88—94.
[Stepanova Y.A., Kiseleva D.A., Sultanova N.O., Kurochkina A.I. Shear wave elastography assessment of buccinator stiffness in patients of different age groups. — *Ultrasound and Functional Diagnostics.* — 2023; 1: 88—94 (In Russian)]. [eLibrary ID: 56572609](#)
46. Sigrist R.M.S., Liau J., Kaffas A.E., Chammas M.C., Willmann J.K. Ultrasound elastography: Review of techniques and clinical applications. — *Theranostics.* — 2017; 7 (5): 1303—1329. [PMID: 28435467](#)
47. Barr R.G., Ferraioli G., Palmeri M.L., Goodman Z.D., Garcia-Tsao G., Rubin J., Garra B., Myers R.P., Wilson S.R., Rubens D., Levine D. Elastography assessment of liver fibrosis: Society of radiologists in ultrasound consensus conference statement. — *Radiology.* — 2015; 276 (3): 845—61. [PMID: 26079489](#)
48. Oglat A.A., Abukhalil T. Ultrasound elastography: Methods, clinical applications, and limitations: A review article. — *Applied Sciences (Switzerland).* — 2024; 10: 4308. [DOI: 10.3390/app14104308](#)
49. Tang A., Cloutier G., Szeverenyi N.M., Sirlin C.B. Ultrasound elastography and MR elastography for assessing liver fibrosis: Part 1, principles and techniques. — *AJR Am J Roentgenol.* — 2015; 205 (1): 22—32. [PMID: 25905647](#)