

I.S. Найданова^{1,2},

к.м.н., доцент кафедры дополнительного образования по стоматологическим специальностям; ассистент кафедры стоматологии ортопедической и материаловедения с курсом ортодонтии взрослых

Е.А. Булычева^{1,2},

д.м.н., профессор, зав. кафедрой дополнительного образования по стоматологическим специальностям; профессор кафедры стоматологии ортопедической и материаловедения с курсом ортодонтии взрослых

А.Г. Быстров^{2,3},

к.м.н., доцент, зав. кафедрой ортопедической стоматологии; доцент кафедры стоматологии ортопедической и материаловедения с курсом ортодонтии взрослых

Ю.А. Быстрова^{2,3},

к.м.н., доцент кафедры стоматологии ортопедической и материаловедения с курсом ортодонтии взрослых; доцент кафедры ортопедической стоматологии

Д.С. Булычева⁴,

к.м.н., доцент кафедры стоматологии детского возраста и ортодонтии

Е.С. Таскина⁵,к.м.н., доцент кафедры офтальмологии И.А. Кириллов⁶,

врач-стоматолог общей практики

¹ НовГУ, 173003,

Великий Новгород, Россия

² ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова,

197022, Санкт-Петербург, Россия

³ Санкт-Петербургскиймедицинско-социальный институт,
195271, Санкт-Петербург, Россия⁴ РУДН, 117198, Москва, Россия⁵ ЧГМА, 672000, Чита, Россия⁶ Центр инновационнойстоматологии «Кристалл»,
196084, Санкт-Петербург, Россия

Морфология мягких тканей височно-нижнечелюстного сустава в норме (обзор литературы)

Аннотация. Цель обзора — рассмотреть современные представления о морфологических особенностях мягкотканых элементов височно-нижнечелюстного сустава взрослого человека в норме. Поиск источников осуществляли в научной электронной библиотеке eLibrary, в международных электронных базах PubMed, MEDLINE, Google Scholar и ResearchGate. Для детального изучения отобраны 44 научные публикации с давностью издания не более 15 лет. В статье описаны анатомия, гистологическое строение и биохимический состав мягкотканых элементов височно-нижнечелюстного сустава: суставной капсулы, суставного диска, синовиальной жидкости, капсуллярных связок, задискового пространства.

Ключевые слова: височно-нижнечелюстной сустав, суставная капсула, суставной диск, синовиальная жидкость, капсуллярные связки, задисковое пространство, анатомия, гистология

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Найданова И.С., Булычева Е.А., Быстров А.Г., Быстрова Ю.А., Булычева Д.С., Таскина Е.С., Кириллов И.А. Морфология мягких тканей височно-нижнечелюстного сустава в норме (обзор литературы). — Клиническая стоматология. — 2025; 28 (3): 151—159. DOI: 10.37988/1811-153X_2025_3_151

Normal morphology of the temporomandibular joint soft-tissue (literature review)

I.S. Naidanova^{1,2},

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Department of additional education in dentistry specialties; assistant at the Prosthodontics and material science Department with the course of Orthodontics of adults

E.A. Bulycheva^{1,2},

Doctor of Science in Medicine, full professor of the Department of additional education in dentistry specialties; professor of the Prosthodontics and material science Department with the course of Orthodontics of adults

A.G. Bystrov^{2,3},

PhD in Medical Sciences, associate professor and head of the Prosthodontics Department; associate professor of the Prosthodontics and

material science Department with the course of Orthodontics of adults

Yu.A. Bystrova^{2,3},

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Prosthodontics and material science Department with the course of Orthodontics of adults; associate professor of the Prosthodontics Department

D.S. Bulycheva⁴,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Department of Pediatric dentistry and Orthodontics

E.S. Taskina⁵,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Ophthalmology Department

I.A. Kirillov⁶,

general practice dentist

¹ Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, 173003, Veliky Novgorod, Russia² Pavlov University, 197022, Saint-Petersburg, Russia³ Saint-Petersburg Medico-Social Institute, 195271, Saint-Petersburg, Russia⁴ RUDN University, 117198, Moscow, Russia⁵ Chita State Medical Academy, 672000, Chita, Russia⁶ Center for Innovative Dentistry "Kristall" LLC, 196084, Saint-Petersburg, Russia

Annotation. The aim of this review is to examine current concepts regarding the morphological characteristics of the soft tissue components of the adult human temporomandibular joint (TMJ) under normal conditions. A literature search was conducted in the scientific electronic library eLibrary and the international electronic databases PubMed, MEDLINE, Google Scholar, and ResearchGate. Forty-four scientific publications with a publication date not exceeding 15 years were selected for detailed analysis. The article provides a description of the anatomy, histological structure and biochemical composition of the soft tissue elements of the temporomandibular joint: the articular capsule, articular disc, synovial fluid, capsular ligaments and retrodiscal tissues.

ВВЕДЕНИЕ

Роль височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) в организме человека многогранна и выходит за рамки основных физиологических функций жевательно-речевого аппарата (жевание, глотание, звукообразование, речь, дыхание). Нарушение нормального морфофункционального сочленения нижней челюсти с височной костью может сопровождаться рядом негативных последствий для опорно-двигательного аппарата, желудочно-кишечного тракта, нервной системы и, как следствие, привести к снижению качества жизни [1].

Существующие неэффективные меры диагностики и лечения пациентов с заболеваниями сустава, а также отсутствие единых схем терапии приводят к большому числу рецидивов дисфункций ВНЧС. Кроме этого, большой процент неудач лечения вызван низким уровнем дифференциальной диагностики, что влечет за собой развитие функциональных и морфологических расстройств жевательно-речевого аппарата.

С научной точки зрения интерес вызывает изучение особенностей макро- и микроструктуры мягкотканых элементов ВНЧС. Как правило, при заболеваниях сустава практически в 100% случаев имеются нарушения биомеханики нижней челюсти, при которых и поражаются мягкие ткани сустава.

Современные методы диагностики заболеваний ВНЧС с достаточно высокой точностью позволяют идентифицировать макроструктурные изменения сустава. Однако не менее важно понимать особенности развития патологических процессов в ВНЧС на микроуровне. Знание нормальной анатомии и гистологической структуры мягкотканых элементов ВНЧС даст возможность осуществлять раннюю диагностику, позволяющую свести к минимуму развитие внутренних нарушений сустава. Это, в свою очередь, сделает процесс диагностики и лечения пациентов с дисфункцией ВНЧС максимально эффективным.

Цель исследования — изучить морфологические особенности мягкотканых элементов височно-нижнечелюстного сустава взрослого человека в норме.

Поиск источников осуществляли в научной электронной библиотеке eLibrary по следующим ключевым словам: гистология/анатомия ВНЧС, суставной диск, задисковая зона, суставная капсула ВНЧС, биохимический состав суставной жидкости ВНЧС. Эти же ключевые слова на английском языке использовали при проведении поиска в международных электронных

Key words: temporomandibular joint, articular capsule, articular disc, synovial fluid, capsular ligaments, retrodiscal tissues, anatomy, histology

FOR CITATION:

Naidanova I.S., Bulycheva E.A., Bystrov A.G., Bystrova Yu.A., Bulycheva D.S., Taskina E.S., Kirillov I.A. Normal morphology of the temporomandibular joint soft-tissue (literature review). *Clinical Dentistry (Russia)*. 2025; 28 (3): 151—159 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2025_3_151

базах библиотек PubMed, Medline, Google Scholar, ResearchGate. После исключения дубликатов для детального изучения отобраны 44 источника с давностью публикации не более 15 лет.

СТРОЕНИЕ ВНЧС

Известно, что ВНЧС образован головкой нижней челюсти, нижнечелюстной ямкой и суставным бугорком височной кости. По данным компьютерной томографии, средние размеры суставной щели в сагittalной плоскости следующие: передний отдел — $2,45 \pm 0,17$ мм, верхний — $3,27 \pm 0,19$ мм, задний — $2,78 \pm 0,22$ мм; во фронтальной плоскости: медиальный отдел — $3,24 \pm 0,51$ мм, латеральный — $2,88 \pm 0,37$ мм [2]. Эллипсовидное строение и наличие суставного диска позволяют совершать головке нижней челюсти два типа движений: вращательное (в нижнем этаже) и скользящее (в верхнем этаже сустава).

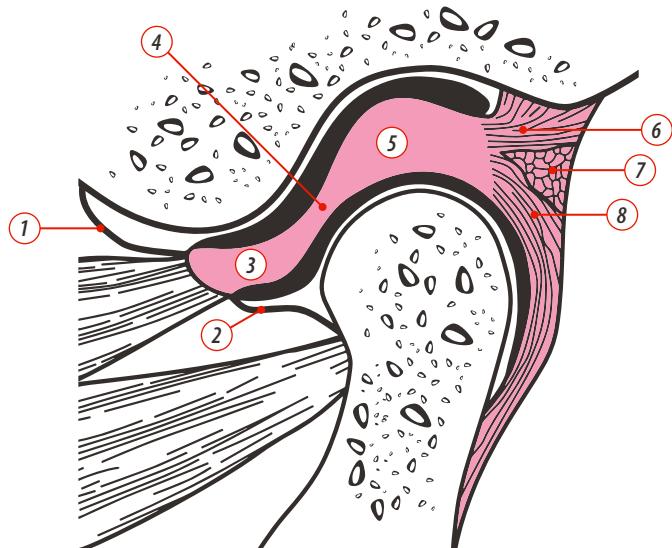


Рис. 1. Схема расположения мягкотканых элементов ВНЧС в сагиттальной плоскости: 1 — передняя дисковисочная связка; 2 — передняя дискочелюстная связка; 3—5 — суставной диск (3 — передняя часть, 4 — промежуточная часть, 5 — задняя часть); 6—8 — задисковое пространство (6 — задняя дисковисочная связка, 7 — рыхлая соединительная ткань, 8 — задняя дискочелюстная связка). Рисунок авторский

Fig. 1. Scheme of the temporomandibular joint soft-tissue in the sagittal plane: 1 — anterior disco-temporal ligament; 2 — anterior disco-mandibular ligament; 3—5 — articular disc (3 — anterior part, 4 — intermediate part, 5 — posterior part); 6—8 — retrodiscal tissues (6 — posterior disco-temporal ligament, 7 — loose connective tissue, 8 — posterior disco-mandibular ligament). Original drawing

В полости сустава располагаются следующие мягкотканые структуры: суставная капсула, суставной диск, рыхлая соединительная ткань биламинарной зоны (задисковое пространство), капсуллярные связки (рис. 1, 2) [3].

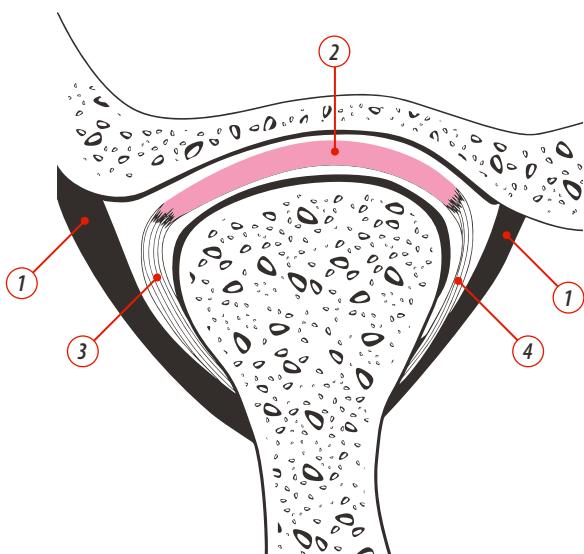


Рис. 2. Схема расположения мягкотканых элементов ВНЧС во фронтальной плоскости: 1 — суставная капсула; 2 — суставной диск; 3 — латеральная диско-челюстная связка; 4 — медиальная диско-челюстная связка. Рисунок авторский

Fig. 2. Scheme of the temporomandibular joint soft-tissue in the frontal plane: 1 — articular capsule; 2 — articular disc; 3 — lateral disco-mandibular ligament; 4 — medial disco-mandibular ligament. Original drawing

СУСТАВНАЯ КАПСУЛА

Суставная капсула представлена тканями двух типов: волокнистый хрящ и синовиальная мембрана. Волокнистый хрящ состоит из хондроцитов и межклеточного матрикса, представленного плотными коллагеновыми волокнами, водой и основным веществом [4]. Хрящ покрывает суставные поверхности височной кости и головки нижней челюсти четырьмя слоями. Так, фиброзный слой в самой наружной своей части содержит бесклеточную пластинку из 1–2 пучков коллагеновых волокон толщиной от 5–6 до 23 мкм. Глубже параллельно суставной поверхности располагаются толстые и плотно упакованные пучки коллагеновых волокон с фибробластоподобными клетками уплощенной формы. Внеклеточный матрикс фиброзного слоя содержит коллаген I типа и протеогликан-4 (лубрицин), что наделяет его функцией механической защиты. Пролиферативный слой представлен хондрогенными клетками-предшественниками округлой формы, расположенными колонками перпендикулярно суставной поверхности. В матриксе, помимо коллагена I типа, встречается коллаген II типа, формирующий структурную сеть. Данный слой обеспечивает обновление клеточного пулла, поддержание роста и регенерации хряща.

В слое зрелых хондроцитов хряща находятся крупные клетки округлой формы диаметром до 10–12 мкм. Большая часть хрящевых клеток формируют капсулы (кальцифицируются). Матрикс включает в себя

коллаген II типа и агрекан (протеогликан). Последний за счет удержания внутритканевой жидкости обеспечивает упругость и сопротивление компрессии при жевательной нагрузке. Слой гипертрофированных хондроцитов отвечает за подготовку к эндохондральному «окостенению». Он содержит крупные клетки (диаметром до 24–26 мкм), готовящиеся к апоптозу или дифференцировке в остеобласти. Внеклеточный матрикс представлен коллагеном X типа, участвующем в минерализации и ремоделировании хряща [5–7].

Синовиальная оболочка — тонкая, гладкая, богато васкуляризированная и иннервируемая мембрана, лишенная эпителия. Эта ткань выстилает внутреннюю поверхность капсулы ВНЧС, за исключением суставных поверхностей височной кости и головки нижней челюсти. В ее поверхностном слое содержатся синовиальные клетки, в более глубоком — различная по структуре соединительная ткань. Синовиоциты обладают фагоцитарной (тип А — макрофагоподобные клетки) и секреторной (тип В — фибробластоподобные клетки) функциями. Клетки типа В секрецируют компоненты синовиальной жидкости, включая гиалуроновую кислоту и лубрицин [8].

Стоит отметить, что фибробlastы и синовиоциты под воздействием ряда факторов (например, активация провоспалительными цитокинами) способны к выработке матрикных металлопротеиназ (ММП) — ферментов, расщепляющих компоненты внеклеточного матрикса (коллаген, эластин, протеогликаны). Кроме того, фибробластоподобные клетки типа В экспрессируют эстрогеновый рецептор α , что может объяснять преобладающую частоту дисфункций ВНЧС у женщин по сравнению с мужчинами [9].

Глубже располагается соединительнотканная пролистка, которая имеет разное строение в зависимости от расположения относительно сустава. Так, в заднепервом сегменте полости располагается рыхлая соединительная ткань с обильными кровеносными сосудами, лимфатическими капиллярами и малым содержанием коллагеновых волокон. Она обеспечивает амортизацию и гибкость, способствует обмену веществ между кровью и синовиальной жидкостью. В переднепервичной области сустава соединительнотканый слой представлен плотной коллагеновой тканью с минимальным количеством клеток и сосудов. Вероятно, такая особенность связана с высокими функциональными механическими нагрузками. При хроническом воспалении встречаются скопления адипоцитов (жировых клеток), окруженных тонкими коллагеновыми волокнами. Во всех типах подслизистой ткани присутствуют фенестрированные капилляры — сосуды с порами в эндотелии. Благодаря этому осуществляется быстрый транспорт веществ между кровью и синовиальной жидкостью [10].

Нарушения биомеханики нижней челюсти, возникающие при расстройствах ВНЧС и жевательных мышц, неизбежно оказывают травмирующее воздействие на суставную капсулу. Знание структуры тканей суставной капсулы и ее уникальных особенностей (влияние эстрогена, региональная вариабельность) критически важно для определения тактики лечения, в том числе

разработки новых регенеративных методов терапии. К таковым можно отнести трансплантацию стволовых клеток для восстановления поврежденного хряща, а также использование факторов роста для стимуляции пролиферации [11].

СИНОВИАЛЬНАЯ ЖИДКОСТЬ

Питание тканей сустава осуществляется благодаря синовиальной жидкости (СЖ), в основном синтезирующейся двумя путями. Таковыми являются транссудация из кровеносных сосудов и секреция клетками синовиальной оболочки сустава. Объем жидкости в норме составляет 0,5–2 мл. Увеличение ее количества встречается в результате компенсаторной реакции на повторяющиеся микротравмы элементов сустава (при парофункциях жевательных мышц, аномалиях зубных рядов/положения челюстей), при артрите ВНЧС и т.д. [12, 13].

В качестве основных компонентов в составе СЖ выделяют гиалуроновую кислоту, белки (альбумины, глобулины, лубрицин), клеточные элементы (синовиоциты, лейкоциты), а также низкомолекулярные вещества, электролиты и воду. Кроме того, СЖ включает и регуляторные факторы: цитокины, ферменты (матриксные металлопротеиназы) и их ингибиторы [14].

Вязкоупругие свойства СЖ обеспечиваются за счет гиалуроновой кислоты (содержится в количестве 2–4 мг/мл в норме). Гиалуроновая кислота (ГК) – это высокомолекулярный полисахарид из класса гликозаминогликанов, состоящий из повторяющихся звеньев N-ацетилглюкозамина и глюкуроновой кислоты. В суставе здоровых обследуемых ГК имеет высокую молекулярную массу ($\approx 2 \cdot 10^6$ Да), тогда как при остеоартрите ее масса значительно снижается ($< 0,6 \cdot 10^6$ Да). При этом теряется вязкость жидкости, препятствующая трению суставных поверхностей. В частности, на фоне ревматоидного артрита происходит фрагментация ГК, а при смещении диска меняется ее физиологичное распределение в полости сустава [15].

Общая концентрация белка в СЖ относительно низкая из-за избирательной проницаемости синовиальной мембранны для высокомолекулярных плазменных глобулинов [16]. При изучении СЖ у пациентов с подвывихом суставного диска обнаружено большое количество волокон фибриногена, а также общего белка и, наоборот, снижение альбуминовой фракции и количества сывороточных иммуноглобулинов, а также повышенная активность лактатдегидрогеназы по сравнению со здоровыми обследуемыми. Все это свидетельствует об увеличении проницаемости синовиальных оболочек и вялотекущем развитии воспалительного процесса на фоне смещения диска. Как следствие происходят выпадение фибрина на суставных поверхностях и нарушение подвижности в суставе.

Данные биохимические изменения могут служить предвестниками развития остеоартроза в суставе, который, помимо вышеуказанного, сопровождается увеличенным количеством волокон фибриногена, повышенной активностью щелочной фосфатазы и нейтрофилов [17, 18].

Синовиальная жидкость в норме содержит минимальное количество лейкоцитов (<200 клеток/мкл). Так, при артрите ВНЧС инфекционного происхождения количество лейкоцитов превышает 50 000 клеток/мкл с преобладанием нейтрофилов (>90%), а ревматоидный артрит сопровождается умеренным лейкоцитозом (2–50 тыс. клеток/мкл) с преобладанием лимфоцитов и плазматических клеток. На стадии дегенеративных изменений элементов сустава лейкоцитоз менее выражен (<2000 клеток/мкл), преобладают моноциты/макрофаги, выделяющие провоспалительные медиаторы (IL-6, матриксные металлопротеиназы) [19].

Показатели низкомолекулярных веществ и электролитов в СЖ могут отражать метаболические нарушения в условиях гипоксии и воспаления. Исследование биохимических маркеров СЖ показало, что высокий уровень глюкозы коррелирует с прогрессированием степени тяжести морфофункциональных нарушений ВНЧС. Истончение и снижение плотности волокнистого хряща сустава сопровождается повышенным уровнем ионов калия (>4,6 ммоль/л) и хлора (≥ 50 ммоль/л). Гиперкалиемия может влиять на активность хондроцитов и целостность хряща. Дисбаланс ионов хлора нарушает pH синовиальной жидкости. При смещении суставного диска без вправления обнаруживается высокая концентрация ионов натрия (50–136 ммоль/л) вследствие нарушения осмотического баланса и отека тканей [20, 21].

Изучение синовиальной жидкости ВНЧС у здорового человека показало наличие следующих цитокинов: TNF (фактор некроза опухоли), провоспалительные интерлейкины (IL-2, IL-1 β , IL-6) и противовоспалительные – IFN- γ (интерферон-гамма), IL-10. Необходимо отметить, что в норме содержание TNF в ВНЧС выше, чем в коленных суставах (0–4,4 пг/мл). Считается, что в суставе здорового человека TNF и IFN- γ поддерживают гомеостаз, а IL-1 β , IL-6 и IL-10 должны практически отсутствовать в норме [22].

Ряд авторов в экспериментальном исследовании динамики движения синовиальной жидкости определили, что направление ее циркуляции соответствует движению против часовой стрелки. При этом ученые отмечают, что наибольшая скорость потока наблюдается вблизи верхней поверхности суставного диска [23].

Будучи компонентом внутренней среды ВНЧС, синовиальная жидкость одна из первых реагирует на изменения микроциркуляции и состояния мягких тканей сустава. Анализ составляющих ее веществ может представить информацию не только о наличии и характере воспалительного процесса, но и способствовать определению начальных стадий заболеваний до появления дегенеративно-дистрофических изменений элементов ВНЧС.

СУСТАВНОЙ ДИСК

Суставной диск (СД) имеет двояковогнутую форму, что позволяет ему адаптироваться к инконгруэнтности суставных поверхностей. Анатомически в сагittalном сечении диск можно разделить на три части: передний пучок (толщиной ≈ 2 мм), средняя часть (≈ 1 мм)

и задний пучок (≈ 3 мм). Общая длина СД составляет $9,15 \pm 1,10$ мм. В каждой части диска морфологически выделяются поверхностные, покрывающие диск снаружи, и глубокие слои. Особенностью СД является его анатомо-функциональность (не имеет собственного кровоснабжения): трофики происходит через синовиальную жидкость [24, 25]. Относительное соотношение объемов структур диска представлено в таблице [26].

Организация волокон различается в частях СД. Так, в его передней части содержатся плотные коллагеновые пучки, ориентированные преимущественно в поперечном направлении. Задний пучок представляет собой переплетение коллагеновых волокон в разных направлениях (переднезаднее, поперечное, косое). Вблизи переднего и заднего края диска в поверхностном слое располагаются эластиновые волокна. В средней части волокна коллагена и эластина параллельно расположены в переднезаднем направлении, что позволяет сопротивляться растяжению при движениях челюсти [27]. Однако такая их ориентация делает эту область менее устойчивой к растяжению в медиолатеральном направлении [28].

Коллагеновые волокна представлены шестью типами. I тип (70–80% от общего коллагена) преобладает во всех зонах диска. Он обеспечивает устойчивость к растяжению, механическим нагрузкам и анизотропные свойства диска (разная прочность в разных направлениях). II тип (10–20%) концентрируется в средней части СД, повышая его устойчивость к компрессионным нагрузкам. Коллагены III, VI, IX и XII типов присутствуют в меньших количествах в разных зонах диска. Так, III тип расположен сетчатыми волокнами в поверхностных слоях переднего и заднего пучка СД, обеспечивая эластичность и регенерацию. VI тип распределен по всему диску вокруг клеток (фибробластов и хондроцитов), формируя связь клеток с внеклеточным матриксом. IX тип, встречающийся в средней части СД, осуществляет связывание волокон II типа с протеогликанами и повышает устойчивость к деформациям. XII тип в поверхностных слоях и переходных зонах диска регулирует организацию коллагеновых фибрилл, чаще ассоциирован с коллагеном I типа.

Эластичные волокна состоят из эластина и фибропротеина (2–5% от сухого веса диска). Они обеспечивают упругость и способность СД возвращаться в исходную форму после деформации. Располагаются в основном в заднем пучке и в промежуточной части СД. В составе имеются следующие протеогликаны: агрекан

(основной протеогликан, образующий крупные агрегаты с гиалуроновой кислотой); декорин и бигликан (связывают коллагеновые волокна, регулируют их организацию). Гликозаминогликаны (ГАГ) в большинстве представлены хондроитинсульфатом (60–70% ГАГ), который обеспечивает гидрофильность матрикса и удерживает воду. В меньшем объеме содержится кератансульфат (20–30%), который повышает устойчивость к сжатию, и гиалуроновая кислота, участвующая в формировании агрегатов протеогликанов и обеспечивающая вязкоупругие свойства суставного диска.

Вода составляет 74,5% от общего веса СД и распределяется в матриксе благодаря гидрофильным свойствам протеогликанов и ГАГ. Она играет ключевую роль в смазке сустава и передаче питательных веществ. Клеточный массив состоит из фибробластов ($\approx 70\%$ клеток), хондроцитов ($\approx 30\%$ клеток) и мезенхимальных стволовых клеток. Фибробласты синтезируют коллаген I типа и протеогликаны. Хондроциты локализованы в средней части СД и продуцируют коллаген II типа и агрекан; отвечают за регенерацию матрикса. Стволовые клетки обнаружены в периферических зонах, участвуют в восстановлении тканей. Среди других компонентов содержатся фибронектин и ламинин — гликопротеины, обеспечивающие адгезию клеток к матриксу, факторы роста (TGF- β , IGF, FGF) — регулируют клеточную пролиферацию и дифференцировку, металлопротеиназы — участвуют в ремоделировании матрикса [29–32].

При заболеваниях ВНЧС наблюдается снижение содержания гликозамино- и протеогликанов, что приводит к потере амортизации диска. Истончение или перфорация диска является результатом деградации коллагеновых волокон. Фиброз или кальцификация наступает вследствие нарушения баланса фибробластов и хондроцитов [33]. Подобные изменения могут наблюдаться под влиянием нарушения обменных процессов в организме в целом, а также на локальном уровне вследствие потери нормального взаиморасположения элементов сустава.

Суставной диск в норме располагается между височными ямкой и головкой нижней челюсти таким образом, что его заднее утолщение находится в проекции от 11:30 до 12:30 часов условного циферблата [34]. Смещение диска может встречаться и при отсутствии жалоб пациентов. В частности, исследование пациентов со скелетными формами нарушения прикуса и асимметрией ветвей нижней челюсти показало, что, несмотря на отсутствие жалоб, смещение суставного диска выявлено

Относительный объем структур диска ВНЧС

Relative volume TMJ disk structure

Анатомическая часть	Слой ткани	Относительное количество клеток, %	Относительный объем волокон, %	Относительный объем внеклеточного матрикса (кроме волокон), %
Передний пучок	Поверхностный	4,4	88,7	6,9
	Глубокий	4,9	86,3	8,8
Средняя часть	Поверхностный	2,4	97,6	—
	Глубокий	2,8	97,0	0,2
Задний пучок	Поверхностный	4,1	88,5	7,4
	Глубокий	4,3	86,4	9,3

у 70% обследованных [35]. Парафункциональная активность жевательной мускулатуры, в частности латеральной крыловидной мышцы, приводит к смещению диска и его деформации [36], а синдром болевой дисфункции ВНЧС сопровождается дислокацией СД, чаще в переднем направлении ($\approx 60\%$ обследованных) [37].

Сложная структурная организация и богатый биохимический состав суставного диска делают его строение уникальным, а функцию — оптимальной для выполнения сложных биомеханических задач. Однако аваскулярность и низкая регенеративная способность СД делают его уязвимым к повреждениям. Этот факт стимулирует развитие научных разработок в направлении тканевой инженерии (например, создание децеллюляризованных матриксов).

КОМПЛЕКС СВЯЗОК И БИЛАМИНАРНАЯ ЗОНА ВНЧС

В непосредственной близости к ВНЧС расположен следующий комплекс связок: капсулярная, височно-нижнечелюстная (латеральная), дисковые (коллатеральные), дисковисочные и дискочелюстные (передние и задние). Дополнительные связки (клиновидно-нижнечелюстная, шилонижнечелюстная и связка Пинто) считаются вспомогательными, поскольку в некоторой степени служат пассивными ограничителями движения нижней челюсти [38].

Капсулярная связка

Капсулярная связка является предметом обсуждений. Одни авторы считают ее отдельной связкой, другие — утолщением суставной капсулы. Данная структура расположена на латеральной стороне сустава, соединяет височную кость с головкой нижней челюсти. Передняя часть данной связки содержит больше коллагена, чем задняя ($311,0 \pm 185,6$ против $221,0 \pm 124,9$ мкг/мг) и характеризуется большей жесткостью: модуль упругости $6,4 \pm 5,2$ против $3,6 \pm 2,4$ МПа при 20%-ной деформации. Напряжение при разрыве передней части выше, чем у задней: $1,1 \pm 0,7$ против $0,6 \pm 0,4$ МПа.

Учеными обнаружено более высокое содержание коллагена у мужчин ($339,6 \pm 170,6$ мкг/мг) по сравнению с женщинами ($204,5 \pm 130,7$ мкг/мг). Данная особенность, вероятно, вносит свой вклад в развитие дисфункции ВНЧС у лиц женского пола. К функциям капсулярной связки относят удержание синовиальной жидкости внутри сустава, участие в регуляции смещения головки в нижнем и боковых направлениях, обеспечение proprioцептивной чувствительности за счет обильной иннервации [39].

Височно-нижнечелюстная (латеральная) связка

Височно-нижнечелюстная (латеральная) связка состоит из двух частей. Наружная (косая) часть идет от скулового отростка к шейке мыщелкового отростка. Внутренняя (горизонтальная) часть соединяет скуловой отросток с латеральным полюсом головки нижней челюсти. Наружная часть ограничивает смещение мыщелка вниз, внутренняя — заднее смещение.

Дисковые (коллатеральные) связки

Медиальная и латеральная коллатеральные связки прикрепляют боковые края СД к медиальному и латеральному полюсам головки нижней челюсти соответственно. Размер латеральной связки преобладает над медиальной. Коллатеральные связки ограничивают смещение диска от головки нижней челюсти, обеспечивают пассивное движение диска вместе с головкой при открывании/закрывании рта, позволяют диску совершать вращение на суставной поверхности, обеспечивая шарнирное движение.

Дисковисочные и дискочелюстные связки (передние и задние)

Передние дисковисочные и дискочелюстные связки обеспечивают контроль избыточного дистального смещения СД. Задние дисковисочные и дискочелюстные связки формируют пластины (ламины) задисковой области или биламинарной зоны ВНЧС. Задняя дискочелюстная связка (нижняя пластина) прикрепляется к надкостнице головки примерно на 8–10 мм ниже ее верхушки. Она образована толстыми коллагеновыми волокнами (преимущественно I типа) и не содержит эластических волокон. При смыкании зубных рядов пластина растягивается, а при вращении головки нижней челюсти во время открывания рта — изгибаются. Считается, что нижняя пластина предотвращает чрезмерное смещение диска относительно головки при вращательных движениях нижней челюсти.

Задняя дисковисочная связка (верхняя пластина), в отличие от нижней, тоньше и прикрепляется к надкостнице височной ямки спереди от чешуйчато-барабанной и каменисто-барабанной щелей. Она содержит более тонкие коллагеновые и эластические волокна (до 18% от общего состава волокон). В положении сомкнутых зубных рядов верхняя пластина уплотняется, при открывании рта или прорезии нижней челюсти — растягивается. В отношении клеточного состава пластины выделяют располагающиеся на поверхности фибробласты (7,7% площади) и находящиеся в глубоком слое синовиальные клетки (типы А и В), хондроциты в норме отсутствуют [40, 41].

Биламинарная зона (задисковое пространство)

Между пластинаами располагается рыхлая соединительная ткань с кровеносными и лимфатическими сосудами, а также нервыми окончаниями. По всей площади пластин расположены волокна коллагена I типа, а также тонкие коллагеновые волокна III типа. Кровоснабжение биламинарной зоны осуществляется поверхностными височными артериями и ветвями верхнечелюстной артерии, представленными передними барабанными и глубокими ушными артериями. Артерии и артериолы состоят из толстых стенок, содержащих до четырех слоев мышц в средней оболочке сосудов. Напротив, стенки вен тонкие, эндотелиальные сосудистые синусы находятся в матрице рыхлой соединительной ткани. Задисковое пространство иннервируется одной-тремя коллатеральными и терминальными ветвями ушно-височного нерва, которые проходят через задненаружную поверхность ВНЧС [42].

Кровеносные сосуды задисковой области связаны с крыловидным венозным сплетением, расположенным спереди и медиальнее головки нижней челюсти. При открывании рта кровь оттекает назад и латерально, заполняя расширенное пространство позади головки, а при закрывании — стекает в крыловидное сплетение [43].

Другие связки: клиновидно-нижнечелюстная, шилонижнечелюстная и дискомолоточковая

Клиновидно-нижнечелюстная связка протягивается от ости клиновидной кости к язычку, прикрывающему отверстие нижней челюсти у входа в нижнечелюстной канал. Шилонижнечелюстная связка соединяет крыловидный отросток с углом и задним краем ветви нижней челюсти. Функция данных связок — ограничение избыточной трансляции головки. Дискомолоточковая связка (в литературе также упоминается как дискомаллеолярная, от англ. *discomalleolar*), или связка Пинто (по имени первооткрывателя, 1962 г.), играет важную роль в возникновении ушных симптомов (боль в области уха, снижение или потеря слуха, заложенность или шум в ушах) синдрома болевой дисфункции ВНЧС. Связка проходит из среднего уха (от молоточка) через каменисто-барабанную щель в нижнечелюстную вырезку, где соединяется с диском и капсулой. Форма и размер данной связки варьируют, средняя площадь составляет $29,0 \pm 0,83 \text{ мм}^2$ [44].

Комплекс связок ВНЧС играет ключевую роль в стабилизации сустава, а их структурные и функциональные особенности напрямую влияют на риск развития и проявления различных патологических состояний. Биламинарная зона является ключевой структурой, обеспечивающей стабильность и подвижность суставного диска. Несмотря на значительный прогресс в научных исследованиях, остается ряд нерешенных вопросов о точном гистологическом строении связок и особенностях их функциональной адаптации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Каждая анатомическая единица организма уникальна по своему строению и вкупе с другими участвует в реализации сложных процессов жизнедеятельности

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Трезубов В.Н., Булычева Е.А., Чикунов С.О., Быстрова Ю.А., Кусевицкий Л.Я., Быстров А.Г., Розов Р.А., Спицына О.Б., Синицына Т.М. Заболевания височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) и жевательных мышц: учебное пособие. — СПб.: Человек, 2021. — С. 32—39.
[Trezubov V.N., Bulycheva E.A., Chikunov S.O., Bystrova Yu.A., Kusevitsky L.Ya., Bystrov A.G., Rozov R.A., Spitsyna O.B., Sintitsina T.M. Diseases of the temporomandibular joint (TMJ) and masticatory muscles: handbook. — Saint-Petersburg: Human, 2021. — Pp. 32—39 (In Russian)].
2. Булычева Е.А., Булычева Д.С. Рентгеноанатомические особенности при заболеваниях височно-нижнечелюстного сустава. — Клиническая стоматология. — 2023; 2: 66—74.
3. Bulycheva E.A., Bulycheva D.S. X-ray and anatomical features of the temporomandibular joint disorders. — *Clinical Dentistry (Russia)*. — 2023; 2: 66—74 (In Russian)]. [eLibrary ID: 54167528](#)
3. Трезубов В.Н., Булычева Е.А., Мишинев Л.М., Абакаров С.И., Кусевицкий Л.Я., Быстрова Ю.А., Быстров А.Г., Розов Р.А., Спицына О.Б. Биомеханика жевательного аппарата, физиология и патология височно-нижнечелюстного сустава и жевательных мышц (Гнатология): учебное пособие. — СПб.: РИЦ ПСПБГМУ, 2020. — С. 24—39, 53.
[Trezubov V.N., et al. Biomechanics of the masticatory apparatus, physiology and pathology of the temporomandibular joint and masticatory muscles (Gnathology). — Saint-Petersburg: Pavlov University, 2020. — Pp. 24—39, 53 (In Russian)].

организма. Особенность ВНЧС заключается в возможности совершать вращательное и скользящее движение одновременно благодаря эллипсовидному строению и наличию суставного диска. Данная специфика требует большой эластичности тканевых структур сустава, что объясняет их многослойную организацию с региональными различиями в его разных сегментах.

В отличие от других синовиальных суставов, хрящ в своем составе имеет коллагеновые волокна и обладает значительной механической прочностью. Клетки синовиальной мембранны способны к экспрессии эстрогенового рецептора α , что подчеркивает их ключевую в гормонально-зависимых физиологических и патологических процессах. Избыточная активация данного рецептора может стимулировать синтез коллагена, способствуя фиброзным изменениям. Под влиянием эстрогена фибробласты могут способствовать развитию ревматоидного артрита.

Изменение концентрации компонентов синовиальной жидкости ВНЧС может служить биохимическим маркером воспаления и дегенеративных изменений элементов сустава. Истончение или перфорация диска обусловлены снижением количества гликозамино- и протеогликанов в его составе под действием повышенной механической нагрузки. Растижение или разрыв связок при травме или гипермобильности сустава проявляется вследствие нарушения ориентации коллагеновых волокон. Дегенеративные процессы в ВНЧС, инициированные гипоксией тканей, возникают под воздействием компрессии биламинарной зоны из-за нарушения взаиморасположения элементов сустава.

Изучение морфологии мягких тканей ВНЧС в норме объединяет фундаментальную науку и клиническую практику. Дальнейшие междисциплинарные исследования будут способствовать углублению знаний и пониманию роли элементов сустава в развитии патологии, откроют новые перспективы для разработки эффективных методов диагностики и лечения пациентов с расстройствами ВНЧС.

Поступила/Received: 05.04.2025
Принята в печать/Accepted: 25.07.2025

DOI: 10.37988/1811-153X_2025_3_158

4. Арутюнов С.Д., Мишнев Л.М., Трэзубов В.Н. Прикладная анатомия и физиология жевательно-речевого аппарата. — В кн.: Арутюнов С.Д., Трэзубов В.Н. (ред.) Клиническая стоматология. Том II. Пропедевтические аспекты клинической стоматологии. — М.: Практическая медицина, 2020. — С. 11—15.
[Arutyunov S.D., Mishnev L.M., Trezubov V.N. Applied anatomy and physiology of the masticatory-speech apparatus. — In: Arutyunov S.D., Trezubov V.N. (eds.). Clinical dentistry. Vol. II. Propaedeutic aspects of clinical dentistry. — Moscow: Practical medicine, 2020. — Pp. 11—15 (In Russian)].
5. Ruggiero L., Zimmerman B.K., Park M., Han L., Wang L., Burris D.L., Lu X.L. Roles of the fibrous superficial zone in the mechanical behavior of tmj condylar cartilage. — *Ann Biomed Eng.* — 2015; 43 (11): 2652—62. [PMID: 25893511](#)
6. Губайдуллин И.Р., Астахова М.И., Кузнецова Л.И., Кузнецова Н.С. Морфологические особенности суставного хряща височно-нижнечелюстного сустава. — *Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке.* — 2017; 8: 164—165.
[Gubaydullin I.R., Astakhova M.I., Kuznetsova L.I., Kuznetsova N.S. Morphological features of the articular cartilage of the temporomandibular joint. — *Health and Education Millennium.* — 2017; 8: 164—165 (In Russian)]. [eLibrary ID: 29185960](#)
7. Xu M., Zhang X., He Y. An updated view on temporomandibular joint degeneration: insights from the cell subsets of mandibular condylar cartilage. — *Stem Cells Dev.* — 2022; 31 (15—16): 445—459. [PMID: 35044232](#)
8. Carvalho de Moraes L.O., Tedesco R.C., Arreaz-Aybar L.A., Klein O., Mérida-Velasco J.R., Alonso L.G. Development of synovial membrane in the temporomandibular joint of the human fetus. — *Eur J Histochem.* — 2015; 59 (4): 2569. [PMID: 26708184](#)
9. Iturriaga V., Bornhardt T., Velasquez N. Temporomandibular joint: Review of anatomy and clinical implications. — *Dent Clin North Am.* — 2023; 67 (2): 199—209. [PMID: 36965926](#)
10. Li Y., Cai H., Fang W., Meng Q., Wu Y., Li J., Deng M., Long X. Triple-layered cell sheet for tissue-engineering the synovial membrane of the temporomandibular joint. — *Cells Tissues Organs.* — 2014; 199 (2—3): 150—8. [PMID: 24853469](#)
11. Ângelo D.F., Gil F.M. Tissue engineering in temporomandibular joint reconstruction. — *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* — 2022; 30 (2): 235—246. [PMID: 36116883](#)
12. Купырев И.В., Дробышев А.Ю., Свиридов Е.Г. Особенности морфо-функционального состояния височно-нижнечелюстного сустава у пациентов с гнатической формой вертикальной резцовой дизокклюзии. — *Голова и шея.* — 2021; 2: 27—37.
[Kupyrev I.V., Drobyshev A.Y., Sviridov E.G. The morpho-functional state of the temporomandibular joint in patients with gnathic form of vertical incisal disocclusion. — *Head and Neck.* — 2021; 2: 27—37 (In Russian)]. [eLibrary ID: 45724710](#)
13. Yoshida H., Ishikawa H., Himejima A., Ikeda H., Tani M., Taniguchi R., Iseki T., Tsutsumi Y. Transmission electron microscopic study of the surface layer of surgical resected disc specimens in human temporomandibular joint. — *Med Mol Morphol.* — 2024; 57 (1): 76—81. [PMID: 38071257](#)
14. Ferreira N.D.R., Sanz C.K., Raybolt A., Pereira C.M., DosSantos M.F. Action of hyaluronic acid as a damage-associated molecular pattern molecule and its function on the treatment of temporomandibular disorders. — *Front Pain Res (Lausanne).* — 2022; 3: 852249. [PMID: 35369538](#)
15. Wen S., Iturriaga V., Vásquez B., Del Sol M. Comparison of four treatment protocols with intra-articular medium molecular weight hyaluronic acid in induced temporomandibular osteoarthritis: An experimental study. — *Int J Mol Sci.* — 2023; 24 (18): 14130. [PMID: 37762430](#)
16. Hui A.Y., McCarty W.J., Masuda K., Firestein G.S., Sah R.L. A systems biology approach to synovial joint lubrication in health, injury, and disease. — *Wiley Interdiscip Rev Syst Biol Med.* — 2012; 4 (1): 15—37. [PMID: 21826801](#)
17. Коротких Н.Г., Морозов А.Н., Келейникова В.А., Дремина И.В., Попович А.Л. Эндоскопические и лабораторные данные в диагностике травматических повреждений височно-нижнечелюстного сустава. — *Стоматология.* — 2013; 5: 22—24.
[Korotkikh N.G., Morozov A.N., Keleynikova V.A., Dremina I.V., Popovich A.L. Endoscopic and laboratory data in diagnostics of traumatic TMJ lesions. — *Stomatology.* — 2013; 5: 22—24 (In Russian)]. [eLibrary ID: 21084663](#)
18. Cardoneanu A., Macovei L.A., Burlui A.M., Mihai I.R., Bratoiu I., Rezus I.I., Richter P., Tamba B.I., Rezus E. Temporomandibular joint osteoarthritis: Pathogenic mechanisms involving the cartilage and subchondral bone, and potential therapeutic strategies for joint regeneration. — *Int J Mol Sci.* — 2022; 24 (1): 171. [PMID: 36613615](#)
19. Chęciński M., Chęcińska K., Cholewa-Kowalska K., Romańczyk K., Chlubek D., Sikora M. Intra-articular physiological saline in temporomandibular disorders may be a treatment, not a placebo: A hypothesis, systematic review, and meta-analysis. — *J Clin Med.* — 2024; 13 (21): 6613. [PMID: 39518752](#)
20. Zhang D., Zhang Y., Xia S., Shen P., Yang C. Metabolic profiling of synovial fluid in human temporomandibular joint osteoarthritis. — *Front Immunol.* — 2024; 15: 1335181. [PMID: 38529278](#)
21. Bertotti M., de Moraes L.O.C., de la Sen Ó., Herrero-Álvarez S., Amorós C.M., Mérida-Velasco J.R., Martin-Granizo R. Correlation of biochemical markers in temporomandibular synovial fluid with Wilkes classification and arthroscopic findings. — *J Craniomaxillofac Surg.* — 2025; 53 (6): 692—696. [PMID: 39988529](#)
22. Kristensen K.D., Alstergren P., Stoustrup P., Küseler A., Herlin T., Pedersen T.K. Cytokines in healthy temporomandibular joint synovial fluid. — *J Oral Rehabil.* — 2014; 41 (4): 250—6. [PMID: 24575711](#)
23. Xu Y., Zhan J.M., Zheng Y.H., Han Y., Zhang Z.G., Xi C. Computational synovial dynamics of a normal temporomandibular joint during jaw opening. — *J Formos Med Assoc.* — 2013; 112 (6): 346—51. [PMID: 23787012](#)
24. Булычева Е.А., Чикунов С.О., Кончаковский А.В., Волковой О.А., Булычева Д.С. Изучение биомеханики нижней челюсти с помощью аксиографии: учебное пособие для занятий студентов V курса стоматологического факультета. — СПб.: Человек, 2017. — С. 5—7
[Bulycheva E.A., Chikunov S.O., Konchakovsky A.V., Volkova O.A., Bulycheva D.S. Study of mandibular biomechanics using axialography: A practical manual for fifth-year dental students. — Saint-Petersburg: Human, 2017. — Pp. 5—7 (In Russian)].
25. Luo D., Qiu C., Zhou R., Yu W., Li X., Yang J. MRI-based observation of the size and morphology of temporomandibular joint articular disc and condyle in young asymptomatic adults. — *Dentomaxillofac Radiol.* — 2022; 51 (3): 20210272. [PMID: 34644186](#)

26. Изатулин В.Г., Лебединский В.Ю., Шеломенцев Е.В., Кондрашин С.Ю. Морфогенез внутрисуставного диска височно-нижнечелюстного сустава. — Сибирский медицинский журнал (Иркутск). — 2016; 5: 14—17.
 [Izatulin V.G., Lebedinsky V.Y., Shelomentsev E.V., Kondrashin S.Y. Morphogenesis of intra-articular disc of the temporomandibular joint. — *Siberian medical journal (Irkutsk)*. — 2016; 5: 14—17 (In Russian)]. [eLibrary ID: 27511176](#)
27. Runci Anastasi M., Cascone P., Anastasi G.P., Santoro G., Nicita F., Picciolo G., Favaloro A., Rizzo G., Cutroneo G. Articular disc of a human temporomandibular joint: Evaluation through light microscopy, immunofluorescence and scanning electron microscopy. — *J Funct Morphol Kinesiol*. — 2021; 6 (1): 22. [PMID: 33669061](#)
28. Palla S. Anatomy and pathophysiology of the temporomandibular joint. — In: Klineberg I., Eckert S.E. (eds.) Functional occlusion in restorative dentistry and prosthodontics. — Elsevier, 2016. — Pp. 67—85. [DOI: 10.1016/B978-0-7234-3809-0.00006-1](#)
29. Kiga N. Histochemistry for studying structure and function of the articular disc of the human temporomandibular joint. — *Eur J Histochem*. — 2012; 56 (1): e11. [PMID: 22472889](#)
30. Wright G.J., Coombs M.C., Hepfer R.G., Damon B.J., Bacro T.H., Lecholop M.K., Slate E.H., Yao H. Tensile biomechanical properties of human temporomandibular joint disc: Effects of direction, region and sex. — *J Biomech*. — 2016; 49 (16): 3762—3769. [PMID: 27743627](#)
31. Eder J., Tonar Z., Schmid-Schwarz M., Bristela M., Skolka A., Traxler H., Piehslinger E., Egerbacher M., Trattnig S., Witter K. Regional collagen fiber network in the articular disc of the human temporomandibular joint: Biochemical 3-tesla quantitative magnetic resonance imaging compared to quantitative histologic analysis of fiber arrangement. — *J Oral Facial Pain Headache*. — 2018; 32 (3): 266—276. [PMID: 30036886](#)
32. Trindade D., Cordeiro R., José H.C., Ângelo D.F., Alves N., Moura C. Biological treatments for temporomandibular joint disc disorders: Strategies in tissue engineering. — *Biomolecules*. — 2021; 11 (7): 933. [PMID: 34201698](#)
33. Pucci R., Vellone V., Ramieri V., Cascone P., Della Rocca C. Histological findings in TMJ treated with high condilectomy for internal derangement. — *J Craniomaxillofac Surg*. — 2018; 46 (8): 1185—1191. [PMID: 29880328](#)
34. Bouloux G.F. The use of synovial fluid analysis for diagnosis of temporomandibular joint disorders. — *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. — 2018; 30 (3): 251—256. [PMID: 29861340](#)
35. Зангирова О.Т., Епифанов С.А., Штепель М.С., Шомин Е.А., Крайнюкова Л.А. Взаимосвязь смещения диска височно-нижнечелюстного сустава со скелетными формами патологии окклюзии. — *Клиническая стоматология*. — 2024; 2: 60—64.
 [Zangieva O.T., Epifanov S.A., Shtempel M.S., Shomin E.A., Krainyukova L.A. Relationship between temporomandibular joint disc displacement and skeletal forms of malocclusion. — *Clinical Dentistry (Russia)*. — 2024; 2: 60—64 (In Russian)]. [eLibrary ID: 67957617](#)
36. Бутюгин И.А., Булычева Е.А., Трезубов В.Н., Найданова И.С., Алпатьева Ю.В., Булычева Д.С. Статистическая характеристика электрической активности жевательных мышц при их функциональных нарушениях и патологии опорных тканей зубов. — *Клиническая стоматология*. — 2024; 3: 98—107.
 [Butyugin I.A., Bulycheva E.A., Trezubov V.N., Naidanova I.S., Alpatyeva Ju.V., Bulycheva D.S. The statistical characteristics of the electrical activity of the masticatory muscles in their functional impairments and pathology of the supporting tissues of the teeth. — *Clinical Dentistry (Russia)*. — 2024; 3: 98—107 (In Russian)]. [eLibrary ID: 71035257](#)
37. Комолов И.С., Васильев А.Ю. Магнитно-резонансная томография в оценке влияния смещений суставного диска на формирование болевого синдрома при дисфункции височно-нижнечелюстного сустава. — *Радиология — практика*. — 2018; 2 (68): 20—27.
 [Komolov I.S., Vasil'ev A.Yu. Magnetic resonance imaging in assessment of the effect of displacements of the articular disc in the formation of the pain syndrome in dysfunction of the temporomandibular joint. — *Radiology and Practice*. — 2018; 2 (68): 20—27 (In Russian)]. [eLibrary ID: 35176841](#)
38. González-García R., Gil-Díez Usandizaga J.L., Rodríguez-Campo F.J. Arthroscopic anatomy and lysis and lavage of the temporomandibular joint. — *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. — 2011; 19 (2): 131—44. [PMID: 21878248](#)
39. Hill C.N., Coombs M.C., Cisewski S.E., Durham E.L., Bonthius D.J., Gardner G.M., Lopez E.C., Wilson M.B., Cray J.J., Yao H. Structure-function relationships of TMJ lateral capsule-ligament complex. — *J Biomech*. — 2022; 130: 110889. [PMID: 34871896](#)
40. Farfán C., Quidel B., Borie-Echevarría E., Fuentes R. Anatomical and histological components of the bilaminar zone of the temporomandibular joint. A narrative review. — *International Journal of Morphology*. — 2021; 2: 477—483.
 DOI: [10.4067/S0717-95022021000200477](#)
41. Bordoni B., Varacallo M.A. Anatomy, head and neck, temporomandibular joint. — *StatPearls*, 2025. [PMID: 30860721](#)
42. Mérida-Velasco J.R., de la Cuadra-Blanco C., Pozo Kreilinger J.J., Mérida-Velasco J.A. Histological study of the extratympanic portion of the discomallear ligament in adult humans: a functional hypothesis. — *J Anat*. — 2012; 220 (1): 86—91. [PMID: 22050648](#)
43. Coombs M.C., Petersen J.M., Wright G.J., Lu S.H., Damon B.J., Yao H. Structure-function relationships of temporomandibular retrodiscal tissue. — *J Dent Res*. — 2017; 96 (6): 647—653. [PMID: 28530471](#)
44. Runci Anastasi M., Macchi V., Vellone V., Nastro Siniscalchi E., Anastasi G., Morra A., Porzionato A., De Caro R., De Ponte F.S., Cascone P. The discomallear ligament: anatomical, microscopical, and radiologic analysis. — *Surg Radiol Anat*. — 2020; 42 (5): 559—565. [PMID: 31982932](#)